INSTITUTO DE ESTUDOS PARA O DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL

A INDÚSTRIA DO FUTURO NO BRASIL E NO MUNDO

Organizadores

Julio Sergio Gomes de Almeida

Rafael Fagundes Cagnin

MARÇO/2019

CONSELHO DO IEDI

Conselheiro	*Empresa*
Agnaldo Gomes Ramos Filho	Eldorado Brasil Celulose S.A.
Alberto Borges de Souza	Caramuru Alimentos S.A.
Amarílio Proença de Macêdo	J.Macêdo Alimentos S.A.
Carlos Eduardo Sanchez	EMS - Indústria Farmacêutica Ltda
Carlos Mariani Bittencourt	PIN Petroquímica S.A.
Cláudio Bardella	Bardella S.A. Indústrias Mecânicas
Claudio Gerdau Johannpeter	Gerdau Aços Longos S.A.
Cleiton de Castro Marques	Biolab Sanus Farmacêutica Ltda
Dan Ioschpe *Vice-Presidente*	Iochpe-Maxion S.A.
Daniel Feffer	Grupo Suzano S.A.
Décio da Silva	WEG S.A.
Erasmo Carlos Battistella	BSBio Ind. E Com. de Biodisel Sul Brasil S.A.
Eugênio Emílio Staub	Conselheiro Emérito
Fabio Hering	Companhia Hering S.A.
Fábio Schvartsman	Vale S.A.
Fernando Musa	Braskem S.A.
Flávio Gurgel Rocha	Confecções Guararapes S.A.
Geraldo Luciano Mattos Júnior	M. Dias Branco S.A
Hélio Bruck Rotenberg	Positivo Informática S.A..
Henri Armand Slezynger	Unigel S.A
Horacio Lafer Piva	Klabin S.A.
Ivo Rosset	Rosset & Cia. Ltda.
Ivoncy Brochmann Ioschpe	Conselheiro Emérito
João Guilherme Sabino Ometto	Grupo São Martinho S.A.
José Roberto Ermírio de Moraes	Votorantim Participações S.A.

CONSELHO DO IEDI

Conselheiro	*Empresa*
Josué Christiano Gomes da Silva	Cia. de Tecidos Norte de Minas-Coteminas
Lírio Albino Parisotto	Videolar S.A.
Lucas Santos Rodas	Companhia Nitro Química Brasileira S.A.
Luiz Aguiar	Membro Colaborador
Luiz Alberto Garcia	Algar S.A. Empreendimentos e Participações
Luiz Cassiano Rando Rosolen	Indústrias Romi S/A
Luiz de Mendonça	Odebrecht Agroindustrial S.A.
Marco Stefanini	Stefanini S.A.
Marcos Paletta Camara	Paranapanema S.A.
Ogari de Castro Pacheco	Cristália Produtos Químicos Farmacêuticos Ltda.
Olavo Monteiro de Carvalho	Monteiro Aranha S.A.
Paulo Cesar de Souza e Silva	Embraer S.A.
Paulo Diederichsen Villares	Membro Colaborador
Paulo Francini	Membro Colaborador
Paulo Guilherme Aguiar Cunha	Conselheiro Emérito
Pedro Luiz Barreiros Passos	Natura Cosméticos S.A.
Pedro Wongtschowski *Presidente*	Ultrapar Participações S.A.
Ricardo Steinbruch *Vice-Presidente*	Vicunha Têxtil S.A.
Roberto Caiuby Vidigal	Membro Colaborador
Rodolfo Villela Marino *Vice-Presidente*	Itaúsa - Investimentos Itaú S.A.
Rubens Ometto Silveira Mello	Cosan S.A. Ind e Com
Salo Davi Seibel	Duratex S.A.
Sérgio Leite de Andrade	Usinas Siderúrgicas de Minas Gerais - USIMINAS
Victório Carlos De Marchi	Cia. de Bebidas das Américas - AmBev

A INDÚSTRIA DO FUTURO NO BRASIL E NO MUNDO

Apresentação

Depois da grave crise por que passou no triênio 2014-2016, a indústria brasileira vem conseguindo, a duras penas, recompor muito parcialmente seu nível de atividade, em um movimento que tem se mostrado lento e descontínuo, ao menos até o início de 2019. Virar a página da crise recente, contudo, não consiste no principal desafio a ser enfrentado pelo setor.

As tendências presentes hoje na indústria mundial, se não forem acompanhadas pelo Brasil, podem muito bem aprofundar o processo de regressão industrial, isto é, de declínio da participação relativa da indústria na estrutura econômica do país, algo que temos testemunhado quase que sistematicamente desde o final dos anos 1980. Por isso, é fundamental que saiamos do estado letárgico que as dificuldades recentes nos colocaram e comecemos a pensar estrategicamente o futuro.

No mundo, uma nova revolução produtiva está em marcha, fundada no desenvolvimento e na combinação de novas tecnologias em um conjunto amplo de áreas, envolvendo, por exemplo, inteligência artificial, robótica avançada, *big data*, computação em nuvem, internet das coisas, nano e biotecnologia, impressão 3D etc., e materializadas em três grandes dimensões: digitalização, novos materiais e novos processos.

Os efeitos dessa revolução serão transversais a todas as atividades econômicas, incluindo os serviços e a agropecuária, mas apresentam o potencial de reconfigurar o setor industrial, alavancando expressivamente a produtividade, alterando profundamente modelos de negócios e as competências necessárias para a maior agregação de valor ao longo das cadeias. É a este fenômeno que se referem os termos "indústria 4.0", "manufatura avançada", ou então simplesmente "indústria do futuro".

Diferentemente do que muitos imaginam, não é em um futuro longínquo que sentiremos tais efeitos, mas em um horizonte muito mais curto. A OCDE estima que a maior parte dos impactos ocorrerá entre 10 e 15 anos. Ou seja, um novo mundo bate à nossa porta. O Brasil está mal preparado para esta revolução, mas ainda há tempo para avançarmos em uma agenda que nos coloque no caminho 4.0.

É preciso, contudo, agir com celeridade, como têm feito as principais potências mundiais, como Estados Unidos, Alemanha, Inglaterra, Japão, China e Coreia do Sul, apenas para citar alguns exemplos. Todos vêm adotando estratégias industriais, com ênfase em ciência, tecnologia e inovação, de forma mais ou menos sistemática desde 2010.

A Conferência das Nações Unidas sobre Comércio e Desenvolvimento (Unctad), em seu World Investment Report 2018, catalogou nada menos do que 101 países distribuídos em todas as regiões do globo que adotam, na atualidade, estratégias industriais abrangentes. Além destas há ainda outras ações que não foram consideradas por apresentarem propósitos específicos, tais como, estratégias voltadas apenas às pequenas e médias empresas, ao empreendedorismo ou ao desenvolvimento digital. Políticas focando apenas um setor isoladamente ou somente infraestrutura de serviços também não foram tratadas pelo estudo.

Em fevereiro de 2019, o governo alemão, por meio do National Industrial Strategy 2030, ratificou sua intenção de elevar a participação a indústria na estrutura econômica da Alemanha, bem como da União Europeia, e de resguardar o controle nacional de empresas estratégicas para a liderança europeia na indústria do futuro, de modo a fazer frente às investidas de outros países, notadamente dos EUA e da China. Em outros termos, a corrida em direção aos novos tempos não é apenas tecnológica, mas vem ganhando cada vez mais um componente geopolítico importante.

Com esta divulgação, o IEDI pretende cumprir três objetivos: conceituar a indústria 4.0 e as inovações tecnológicas subjacentes, identificar as ações e planos empregados pelos grandes países industriais para alavancar a indústria do futuro e contribuir para o debate deste tema no Brasil, propondo inclusive sugestões de políticas. O documento está organizado em cinco partes, totalizando 25 capítulos elaborados a partir de trabalhos divulgados pelo IEDI ao longo de 2017, 2018 e início de 2019.

Na primeira parte, são resgatadas as contribuições de especialistas em economia industrial e desenvolvimento tecnológico que fizeram parte da seção IEDI, intitulada “Indústria do Futuro”, realizada no Encontro Nacional de Economia Industrial e Inovação (ENEI) em suas edições tanto em 2017 como em 2018. Trata-se das palestras dos professores Luciano Coutinho da Unicamp, Afonso Fleury da Poli-USP, David Kupfer da UFRJ e Roberto Vermulm da FEA-USP, que expuseram os conceitos da indústria 4.0 e analisaram os principais desafios e oportunidades a serem criados pelas novas tecnologias para os países em desenvolvimento, notadamente o Brasil.

Os capítulos que compõem a segunda parte deste documento reúnem as visões dos principais organismos internacionais e de seus pesquisadores a respeito da nova revolução tecnológica, tais como o Fundo Monetário Internacional (FMI), o Banco Mundial, a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) e a Conferência das Nações Unidas sobre Comércio e Desenvolvimento (UNCTAD). Além de avaliarem diferentes aspectos das transformações em andamento, estes organismos também sugerem estratégias e políticas que países desenvolvidos ou em

desenvolvimento deveriam adotar para potencializar benefícios e minimizar adversidades deste processo.

A terceira parte, por sua vez, apresenta trabalhos encomendados pelo IEDI a pesquisadores de destaque da área industrial para analisarem a atual posição do Brasil frente à indústria 4.0 e identificarem ações estratégicas para que possamos acompanhar as mudanças em curso no mundo. Estes estudos funcionaram como base para as sugestões realizadas pelo IEDI no documento de posicionamento do Instituto intitulado "Indústria e o Brasil do Futuro". Participaram desta empreitada João Furtado, professor da USP, e sua equipe, Roberto Vermulm, também professor da USP, e Paulo Tigre, professor da UFRJ.

Em seguida, na quarta parte, está o conjunto de estudos em que a equipe técnica do IEDI sistematizou, ao longo de 2017 e 2018, as inúmeras políticas e estratégias industriais que as principais potências mundiais estão implementando para impulsionar o desenvolvimento tecnológico e acelerar a concretização da indústria 4.0. Foram analisados os países, tanto desenvolvidos como emergentes, que possuem os maiores parques industriais do mundo: Alemanha, Estados Unidos, Japão, Reino Unido, França, Coreia do Sul, Índia e China. A América Latina, a partir de seus principais países, também foi tratada, tomando como referência análise de pesquisadores da Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (CEPAL).

Na quinta e última seção, estão reunidas contribuições que analisam impactos específicos das novas tecnologias. É o caso, por exemplo, dos efeitos sobre o emprego, dado o potencial enorme que as inovações têm de poupar mão de obra, o que pode demandar políticas públicas ativas para requalificação profissional, transformações dos sistemas de ensino dos países e para redistribuição de renda. Outros exemplos de impactos específicos compreendem as mudanças por que passarão as cadeias globais de valor, os fluxos de comércio internacional e também o próprio setor público, que precisará rever as características de sua base de arrecadação tributária.

Todos estes temas aqui expostos já estão sendo intensamente debatidos nos países desenvolvidos e em países emergentes mais comprometidos com suas estratégias de desenvolvimento econômico e social. Cabe ao Brasil recuperar o tempo perdido, caso contrário, poderá ficar à margem do mundo.

Pedro Wongtschowski
Presidente
IEDI – Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial

A INDÚSTRIA DO FUTURO NO BRASIL E NO MUNDO

PARTE 1 - A QUARTA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL E O FUTURO DA INDÚSTRIA 1

1.1. A INDÚSTRIA DO FUTURO 2

Introdução 2

Palestra de Luciano Coutinho 2

Intervenção de Afonso Fleury 7

Comentários Pedro Wongtschowski 12

1.2. O DESAFIO 4.0 PARA A INDÚSTRIA BRASILEIRA 14

Introdução 14

Palestra de David Kupfer 14

Palestra de Roberto Vermulm 20

PARTE 2 - O FORTALECIMENTO DAS POLÍTICAS INDUSTRIAIS, DE CIÊNCIA E DE TECNOLOGIA NO MUNDO 29

2.1. ESTRATÉGIA INDUSTRIAL É REGRA E NÃO EXCEÇÃO NO MUNDO, SEGUNDO A UNCTAD 30

Introdução 30

A Política Industrial e Seus Novos Temas 30

Modelos recentes de política industrial 35

Política de Investimento como Instrumento do Desenvolvimento Industrial 39

Os Impactos da NRI na Política de Investimento Industrial 47

Recomendação para o Design das Modernas Políticas Industriais e de Investimento 49

2.2. AÇÕES PARA SE ADEQUAR À ERA DIGITAL 52

Introdução 52

Futuro Digital nos Países em Desenvolvimento 52

Impactos Potenciais das Tecnologias Digitais nas Cadeias de Valor 54

Ações de Política Econômica no Mundo Digital, segundo a Unctad 59

1. Infraestrutura digital 60
2. Desenvolvimento de capacidades digitais. 61
3. Política industrial 62
4. Política de inovação 64
5. Política regulatória 66
6. Controle e uso dos dados 69

Regras de Comércio e Investimento e o Espaço para Políticas 70

2.3. INDÚSTRIA 4.0: RECOMENDAÇÕES DE POLÍTICAS DO BANCO MUNDIAL 73

Introdução 73

Uma tipologia dos países a partir dos "3Cs": competitividade, capacitações e conectividade 73

Recomendações de políticas para fortalecer os "3Cs" 79

Revisitando a possibilidade e desejabilidade de políticas industriais direcionadas 85

2.4. TENDÊNCIAS RECENTES DAS POLÍTICAS DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO, SEGUNDO A OCDE .. 87

Introdução 87

Panorama das Políticas Nacionais de Ciência, Tecnologia e Inovação 88

Estratégias Nacionais de Inovação 94

Parcerias Público-Privadas em CT&I 97

Políticas Nacionais de Aglomeração 100

Políticas de Estímulo ao P&D e às Inovações nas Empresas 102

2.5. POLÍTICAS FISCAIS NA PROMOÇÃO DE INOVAÇÃO E DO CRESCIMENTO: A VISÃO DO FMI 122

Introdução 122
Apoio às Atividades de P&D 123
Estímulo à Transferência de Tecnologia 131
Recomendações de Política 141

PARTE 3 - ESTRATÉGIAS PARA A INDÚSTRIA 4.0 NO BRASIL 143

3.1. POLÍTICAS PARA O DESENVOLVIMENTO DA INDÚSTRIA 4.0 NO BRASIL 144

Roberto Vermulm

Introdução 144
A Indústria 4.0 e seus impactos 145
O baixo estágio de difusão das tecnologias 4.0 no Brasil 150
Recentes propostas de políticas para a Indústria 4.0 no Brasil 152
Conclusões 162

3.2. INDÚSTRIA 4.0: A QUARTA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL E OS DESAFIOS PARA O BRASIL 171

João Furtado

Introdução 171
O Conceito de Indústria 4.0 172
Os princípios e as tecnologias essenciais para a Indústria 4.0 175
Emprego e Indústria 4.0 179
Estratégias nacionais e tecnologia 180
Desafios da Indústria 4.0 para o Brasil 182
Recomendações para uma estratégia nacional 4.0 188
Dez propostas de ações para uma estratégia nacional 4.0 192
Conclusões 195

3.3. INICIATIVAS PARA AVANÇAR A INOVAÇÃO NO BRASIL 198

Paulo Tigre

Introdução 198
O papel da inovação no desenvolvimento 199
A revolução tecnológica do século XXI 201
Inovação tecnológica nas empresas brasileiras 203
Políticas públicas para a inovação 207
Conclusões 209

PARTE 4 - PROGRAMAS DE SUPORTE À INDÚSTRIA 4.0: EXPERIÊNCIAS INTERNACIONAIS 215

4.1. POLÍTICAS E ESTRATÉGIAS NACIONAIS FACE À NOVA REVOLUÇÃO PRODUTIVA 216

Introdução 216
A nova revolução produtiva 218
As ações de políticas públicas diante da nova revolução produtiva 221
As políticas na China e em economias emergentes 222

4.2. A INICIATIVA INDÚSTRIA 4.0 NA ALEMANHA: POLÍTICA INDUSTRIAL PARA O FUTURO 224

Introdução 224
Políticas, Programas e Projetos 230
Principais Atores na Iniciativa Alemã da Indústria 4.0 234

A Indústria 4.0 na Visão das Grandes Empresas Alemãs 238
O Potencial Econômico da Indústria 4.0 244
As PMEs e a Indústria 4.0 248
O Impacto da Indústria 4.0 no Mundo do Trabalho 252

4.3. O PLANO ESTRATÉGICO DA MANUFATURA AVANÇADA NOS EUA 257
Introdução 257
O Declínio da Indústria nos Estados Unidos e a Reação do Governo 258
Antecedentes da Ação Governamental em Prol da Inovação Industrial 263
A Estratégia Nacional de Manufatura Avançada 268
Áreas de Prioridades para as Pesquisas Tecnológicas com Financiamento Federal 277
A Rede de Institutos de Inovação Industrial 291

4.4. A POLÍTICA INDUSTRIAL NO JAPÃO FACE À QUARTA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL 301
Introdução 301
O papel da política industrial no desenvolvimento do Japão 301
Ciência, Tecnologia e Inovação (C,T&I) como Resposta aos Desafios 310
O Japão e a Quarta Revolução Industrial 317
Orientação de Política para a Quarta Revolução Industrial no Japão 321
Política de Indústrias Conectadas 333

4.5. O PROJETO CATAPULTA E A ESTRATÉGIA INDUSTRIAL DO REINO UNIDO PARA A INDÚSTRIA 4.0 338
Introdução 338
Panorama da Indústria de Transformação Britânica 339
Projeto Catapulta 341
A Estratégia Industrial do Reino Unido 351
A Estratégia Industrial de 2013 353
A Nova Estratégia Industrial do Reino Unido 357
Visão dos Empresários sobre os Avanços e Debilidades do Reino Unido na Adoção das Tecnologias da 4ª Revolução Industrial 368

4.6. A INDÚSTRIA DO FUTURO E A INICIATIVA NOVA FRANÇA INDUSTRIAL 383
Introdução 383
A desindustrialização à francesa 383
O resgate da política industrial 388
A Iniciativa Nova França Industrial 389
A Indústria do Futuro 394
A Visão dos Industriais Franceses sobre a Indústria do Futuro 406
Desafios e Vantagens da Indústria Francesa 409

4.7. POLÍTICAS PARA A INDÚSTRIA 4.0 NA COREIA DO SUL 417
Introdução 417
O papel da Política Industrial na Coreia do Sul 418
A Transformação da Coreia do Sul em uma Economia baseada em Inovação 424
A Iniciativa Inovação Industrial 3.0 433
Os Novos Motores de Crescimento Futuro 438
Perspectivas da Quarta Revolução Industrial na Coréia do Sul 441

4.8. A INICIATIVA *MADE IN CHINA* 2025 452
Introdução 452
Panorama Atual da Indústria Chinesa 453
O Plano Made in China 2025 461
Vantagens e Debilidades da Política Industrial Chinesa 477
Impactos da Iniciativa Made in China 2025 nas Economias Industrializadas 485

4.9. O PROGRAMA *MAKE IN INDIA* E OUTRAS INICIATIVAS 4.0 NA ÍNDIA 496
Introdução 496
Panorama da Economia e da Política Industrial Indiana 497
O Programa Make in India 501
Digital India 510
Skill India 511
Programa ZED 512
Creative India 513
Start-up India 514
Obstáculos à Indústria do Futuro na Índia 516
Ciência, Tecnologia e Inovação 520
Visão da Índia em 2035 525
A Indústria 4.0 na Visão do Setor Industrial 526

4.10. AMÉRICA LATINA ENTRE RISCOS E OPORTUNIDADES DA INDÚSTRIA 4.0 534
Introdução 534
A Indústria 4.0 em nível internacional 535
A Indústria 4.0 na América Latina 536
A Política Industrial 537
Proposta de Política Industrial 4.0 538

PARTE 5 - TEMAS ESPECÍFICOS 541

5.1. INDÚSTRIA 4.0 E EMPREGO: CRESCIMENTO INCLUSIVO EM MEIO À ROBOTIZAÇÃO 542
Introdução 542
Distribuição dos efeitos da mudança tecnológica baseada na robotização 542
Industrialização e divisão internacional do trabalho 545
Produtividade e emprego em nível nacional 548

5.2. NOVAS TECNOLOGIAS E O DESAFIO DO EMPREGO: SUGESTÕES DO FMI PARA POLÍTICAS PÚBLICAS 552
Introdução 552
Impactos dos avanços tecnológicos no mercado de trabalho 553
O Modelo e suas simulações 557
Implicações para políticas governamentais 558

5.3. INDÚSTRIA 4.0 E O FUTURO DAS CADEIAS GLOBAIS DE VALOR 561
Introdução 561
O futuro das cadeias globais de valor: "business as usual" ou "um novo normal"? 561
"Business as usual": fatores que promovem a expansão das CGVs 563
Um "novo normal": fatores que irão reorientar ou impedir o crescimento das CGVs 565
Um cenário combinado 567

5.4. NOVAS TECNOLOGIAS E COMÉRCIO INTERNACIONAL: OPORTUNIDADES E DESAFIOS SEGUNDO A OMC. 570
ESTRATÉGIAS GOVERNAMENTAIS PARA O DESENVOLVIMENTO DIGITAL 570
INVESTIMENTO EM INFRAESTRUTURA E HABILIDADES DIGITAIS 571
MEDIDAS DE POLÍTICA COMERCIAL 573
QUADRO REGULATÓRIO DOMÉSTICO 575
POLÍTICA DE CONCORRÊNCIA 578
POLÍTICAS ESPECÍFICAS PARA MPME 578
PROTEÇÃO DA PROPRIEDADE INTELECTUAL 579
COMÉRCIO DIGITAL E O SISTEMA MULTILATERAL DE COMÉRCIO 580
IMPLICAÇÕES DA IMPRESSÃO 3D E DA SERVICIFICAÇÃO DE PRODUÇÃO INDUSTRIAL 583
LITÍGIOS ENVOLVENDO TECNOLOGIAS DIGITAIS 587
AS TECNOLOGIAS DIGITAIS NOS ACORDOS REGIONAIS DE COMÉRCIO (RTA) 588
CONSIDERAÇÕES FINAIS 589

5.5. OS DESAFIOS DA TRIBUTAÇÃO NA ECONOMIA DIGITALIZADA 591
INTRODUÇÃO 591
O AVANÇO DA DIGITALIZAÇÃO 591
ARRANJOS DE NEGÓCIOS PARA EVASÃO/ELISÃO FISCAL 594
DIRETRIZES DE REFORMA TRIBUTÁRIA FACE AOS DESAFIOS DA DIGITALIZAÇÃO 597
IMPACTOS DAS DIRETRIZES TRIBUTÁRIAS DA OCDE 601
LIMITAÇÕES DO PACOTE BEPS 602
INICIATIVAS NACIONAIS DE COMBATE À EROSÃO DA BASE FISCAL 603

PARTE 1 - A QUARTA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL E O FUTURO DA INDÚSTRIA

1.1. A Indústria do Futuro[1]

Introdução

No âmbito do II Encontro Nacional de Economia Industrial e Inovação (II ENEI), foi realizada, no dia 02 de agosto de 2017, a "Mesa IEDI: O Futuro da Indústria", cuja discussão resumimos neste capítulo introdutório à Indústria 4.0. Organizado pelo diretor do Instituto de Economia da UFRJ, David Kupfer, o evento contou com a participação de Luciano Coutinho, professor do Instituto de Economia da UNICAMP, como palestrante e de Afonso Fleury, professor da Poli-USP, como comentador. Pedro Wongtschowski, Presidente do IEDI, coordenou os trabalhos.

Palestra de Luciano Coutinho

A indústria brasileira caiu fortemente entre 2015 e 2016 e agora está oscilando, sem uma tendência clara de recuperação. Este é um fator de preocupação, porque a indústria do futuro não vai dar tempo para a indústria brasileira se restabelecer. Nossos concorrentes já estão ativamente envolvidos em novas políticas de promoção do desenvolvimento industrial e da inovação, principalmente da inovação industrial. Não tem nada a ver com os paradigmas de industrialização por substituição de importações ou por proteção. Outras formas muito proativas de suporte à inovação industrial começam a ser desenhadas na maior parte das economias. Eu vou falar um pouco dessas mudanças, talvez retome o tema das políticas, que é um pouco indissociável.

Nós estamos trabalhando, por meio de uma parceria entre a UNICAMP e a UFRJ, em um projeto para a CNI, exatamente na reflexão sobre como essas transformações tecnológicas irão mudar de maneira profunda vários complexos da indústria, inclusive a própria configuração da indústria. Nós nos focamos em oito grandes complexos de tecnologias, sendo quatro deles relacionados às tecnologias de informação. A internet das coisas, as redes de comunicação e a segurança de rede, que são fundamentais para dar suporte à internet das coisas. Dentro da internet das coisas, e de fundamental importância para a indústria, está a manufatura avançada, também chamada "indústria

[1] Trabalho divulgado como Carta IEDI n. 803. Disponível em https://iedi.org.br/cartas/carta_iedi_n_803.html

4.0", e um componente novo chamado hoje de inteligência artificial, que são sistemas cognitivos que estarão embutidos nos equipamentos para permitir que eles possam "enxergar", "entender", "raciocinar" de uma maneira ainda tutorada, no sentido de que os equipamentos vão poder gerar e testar hipóteses para, a partir disso, decidir agir ou não agir, agir de uma forma ou agir de outra forma. Isso tem sido chamado de *machine learning*, "aprendizado das máquinas".

Vou começar do começo e falar um pouco sobre a internet das coisas, que deve ocorrer em ondas sucessivas de sensorização ou de distribuição em objetos, equipamentos, bens de consumo e, no limite, pessoas, que estarão enfim equipadas ou "tagueadas" com um pequeno *chip* emissor de radiofrequência e de identidade, ou com pequeno sistema que, além de emitir identidade, localização etc., será capaz de acumular e processar dados ou de realizar pequenas operações microeletromecânicas.

Teremos diversos tipos de sensores, alguns deles atuadores, com capacidade eletromecânica ou microeletromecânica, distribuídos em toda a frota de veículos e nos sistemas de distribuição de água, de energia e nos sistemas de iluminação pública. Para dar um exemplo mais palpável de projetos que já existem e deveriam estar em curso: a troca de todas as luminárias de uma cidade como São Paulo por luminárias de *led*, equipadas com pequenos processadores ou sensores que permitiriam dimerizar, otimizar, avisar ao sistema quando a lâmpada está mais fraca; um sensor de temperatura, que faz a luz brilhar com mais intensidade se alguém passa embaixo dela à noite e brilhar menos quando não tem nada para iluminar. Isso significa um potencial de economia de energia de mais de 30% e, obviamente, é um sistema que se autofinancia e se amortiza rapidamente.

Esses são exemplos relativamente pobres para o potencial da internet das coisas. Existem projeções que variam dependendo do consultor. Em 2020, teremos 15 bilhões; em 2030, 30 ou 35 bilhões, e alguns mais otimistas chutam números mais altos: em 2050, alguns consultores falam em 100 bilhões de coisas ligadas à internet através desses sensores. Obviamente esses equipamentos estarão produzindo informação e exercerão uma pressão muito forte sobre a rede de comunicações, que terá que ganhar potência e cobertura para poder tornar realidade esses processos.

Sem dúvida, há problemas e discussões sobre como vai ser a arquitetura dessas redes. Por exemplo, esses sensores terão que comunicar diretamente com a nuvem ou com o servidor? Não, eles passarão por *gateways* e por estamentos intermediários de processamento. Existem vários desenhos das camadas técnicas e das camadas de *software* para usos e aplicações otimizadoras do funcionamento dos sistemas.

Se pensarmos, por exemplo, que a indústria automobilística tende a ser objeto de profunda transformação com a dominância da entrada do automóvel elétrico em primeiro lugar, mas posteriormente com a entrada do veículo autônomo, cuja projeção é um pouco mais dilatada, estamos em uma corrida nessa direção. Uma perspectiva plausível é que no futuro a propriedade do automóvel será dispensável. Poderemos chamar um veículo qualquer pelo *smartphone* e ele nos levará ao aeroporto, sem motorista.

Então, trata-se também de mudanças de paradigma que esses sistemas de internet das coisas poderão produzir na sociedade, com implicações muito fortes sobre os sistemas industriais. Obviamente, a indústria será afetada por essa transformação, primeiro pela possibilidade de integrar todo o sistema produtivo, não mais necessariamente por redes corporativas, mas via internet. Segundo, não só para integrar a empresa por dentro, mas a cadeia produtiva inteira. Dos fornecedores de primeiro, segundo e terceiro grau, integrando a cadeia para frente, da distribuição e chegando até o consumidor. Como esses sistemas geram muitos dados, é preciso uma estruturação da base de dados e capacidade de analisá-los, reconhecer padrões e subpadrões e extrair informações deles por meio de algoritmos matemáticos, com o que haverá a capacidade de identificar, por exemplo, acidentes, desgastes, períodos de manutenção, defeitos e outros. Tudo isso permitirá otimizações logísticas hoje não alcançáveis.

A possibilidade de que as preferências dos consumidores possam ser analisadas de uma maneira muito mais rica e detalhada vai permitir até a chamada "personalização radical" da oferta de bens e serviços. Então, a indústria de transformação vai sofrer modificações profundas no horizonte de 10 ou 20 anos e, em vários casos, essas mudanças tecnológicas poderão levar a mudanças paradigma, de forma que a liderança de determinados oligopólios antigos, alguns deles centenários, será subvertida. Outros *players* entrarão no sistema. Quem é o grande concorrente dentro da indústria automobilística do futuro? Não são as incumbentes de hoje. É a TESLA. É a Google, que quer entrar no sistema. Isso porque o automóvel autônomo depende de um piloto automático inteligente, que está embutido na capacidade de enxergar, processar e tomar decisões autônomas por meio de um sistema automatizado, computadorizado e dedicado.

Dentre essas transformações, a questão da "inteligência artificial", é a mais interessante e também a mais difícil de avaliar. Quando estamos em um momento de rupturas de grandes ciclos tecnológicos, aquilo com que estamos acostumados, como o conceito de trajetória, se dissolve. Não se tem um incrementalismo e uma trajetória discutíveis. A dose ou as trajetórias conhecidas podem colapsar. Tem-se mudanças de configuração

muito fortes e a inteligência artificial começa com a acumulação e estruturação de dados, a possibilidade de analisá-los com um grau de profundidade a que várias famílias de algoritmos matemáticos recorrem, que vão desde das nossas conhecidas ferramentas estatísticas, que refazem todas as regressões do último livro texto de econometria, até os diversos ramos da estatística e da matemática que são usados para simular redes em níveis e subníveis que imitam o funcionamento de redes neurais. Mas, o objetivo é montar sistemas cognitivos e acumular conhecimentos. Esses sistemas cognitivos estão avançando rapidamente. O reconhecimento de linguagens, a tradução simultânea, a robotização da linguagem, o reconhecimento de imagens etc. A acuracidade do reconhecimento de imagens em vários computadores hoje, por exemplo, já supera a capacidade humana. A fronteira agora está no reconhecimento de imagens em movimento, fundamentais para o piloto e para a navegação automática, porque a imagem parada já está reconhecida. A navegação automática também pode incluir aeronaves no futuro.

A inteligência artificial vai significar o acúmulo dessas capacitações nos equipamentos. Existem vários problemas associados a essas trajetórias, que podem engripar ou criar um *breakthrough,* que as acelere. Há um elemento de incerteza em relação a essas trajetórias. Mas, outro aspecto importante é que, nos últimos 5 ou 6 anos, houve um avanço muito grande da combinação da capacidade de supercomputação com instrumentação científica altamente poderosa – e não estou falando apenas de microscopia, mas de vários equipamentos, espectrografia etc., muitos equipamentos científicos que, em sua grande maioria, foram empoderados pela capacidade de supercomputação, e disso resulta um avanço na ciência da matéria e das nanotecnologias que se trifurca, porque há uma nanobiotecnologia, uma nanoquímica e uma nanopartícula de estado sólido. Uma nano de materiais tipo grafeno, entre outros, que vai pelo caminho da química e que permite simulação de diferentes modelagens para a química, além de uma nano que já permitiu uma redução radical do custo de mapeamento do genoma de qualquer indivíduo. O genoma humano, que há 15 anos custava 100 milhões de dólares, vê agora seu custo caindo para mil dólares e há quem fale que em mais algum tempo poderá custar 100 dólares. Mais do que isso, o desenvolvimento da biotecnologia, hoje, permite intervenção no DNA extremamente micro, nano, de forma a trocar uma letrinha, um nucleótido específico do genoma. Se existe a possibilidade de ter um marcador naquele trecho do DNA onde há uma fragilidade ou uma característica qualquer que precise ser trocada, pode-se evoluir para uma engenharia genética muito mais precisa e sofisticada, que vai dispensar a transgenia. Há algum tempo, essa transgenia era altamente polêmica, porque usava-se o gene de uma espécie de bactéria e o colocava em uma planta ou em um ser vivo, o que gerava preocupações éticas e regulatórias justificáveis que bloqueavam o

procedimento. Esse obstáculo será removido, porque opera-se um aperfeiçoamento no gene de um indivíduo para gerar matrizes ou indivíduos e depois fazer ou cultivar sua multiplicação aplicando o resultado para a agricultura e para saúde humana. Com isso, muda-se de paradigma.

O paradigma da medicina vai mudar. Hoje, ele é de tentativa e erro: testamos drogas, verificamos todos os seus efeitos colaterais etc. É necessário um processo muito longo que pode ser abreviado e modificado por uma medicina de natureza muito mais preventiva do que curativa, e que se baseia na compreensão de como o mecanismo molecular de uma determinada doença se comporta e como ele pode ser objeto de intervenção. Então, nós estamos tentando entender como as biotecnologias, os materiais, as nanotecnologias – no fundo estas 3 são de natureza nano – irão transformar indústrias e setores e que impactos relevantes terão sobre a indústria do futuro.

Outro aspecto que nós escolhemos explorar no projeto com a CNI são as baterias, a conservação de energia. Por uma razão muito simples: a internet das coisas vai exigir bilhões de sensores, mas não haverá um fio ligado a uma tomada, porque a maior parte deles são dispositivos móveis. Por isso, é preciso que existam pequenas baterias eficientes, com capacidade de duração de pelo menos 10 anos. Então, as tecnologias de baterias e de conservação de energia – para conservar a energia eólica, solar etc – precisam desenvolver dispositivos potentes, tornando as energias renováveis muito mais eficientes. As discussões sobre baterias são, na verdade, discussões sobre eletroquímica, e, pelo menos até o presente, levantam questões superinteressantes.

Fechando o capítulo, qual é a importância desses exercícios? Não é algo que estamos fazendo por puro diletantismo. Estamos tentando ao máximo baixar essa reflexão para uma perspectiva de 5 ou 10 anos, quando os avanços já estarão mais visíveis ou plausíveis. Quais são os impactos que nós deveríamos esperar desses processos sobre a indústria mundial e, por consequência, sobre a indústria brasileira?

Não devemos imaginar que a indústria brasileira, embora relativamente atrasada em relação a esse processo de sensorização e integração inteligente, vá para um cadafalso. Devemos, sim, refletir sobre como usar as vantagens competitivas e os potenciais atuais para defletir riscos e aproveitar as oportunidades. Essa é uma reflexão que precisa ser feita sob pena de uma morte súbita. Assim, se deixarmos de avançar, de repente estaremos acumulando um atraso difícil de superar ou então seremos atropelados pela entrada disruptiva de um outro paradigma.

Então, o papel da prospectiva tecnológica ganha um relevo especial na concepção de políticas. Nós também estamos atrasados neste aspecto, porque a maior parte dos países está fazendo uma prospectiva tecnológica fina para poder pensar em políticas. Eu, particularmente, vejo que a indústria e os agronegócios brasileiros deveriam pensar nessas adaptações, em como acumular as capacitações e buscar focos em oportunidades novas, algumas delas, inclusive, acessíveis a pequenas empresas.

Um dos consensos sobre a rede de internet é que cerca de metade das novas soluções, técnicas de *hardware* e *software* ou de equipamentos associados à internet das coisas, como sensores, será desenvolvida por *startups*. Então, pensar por exemplo, na remoção da barreira regulatória que existe em relação aos transgênicos abre um espaço muito grande para que pequenas empresas entrem no campo de biotecnologias avançadas e contestem o paradigma do oligopólio que domina o mercado mundial de sementes, por exemplo. Existirão muitas oportunidades que podem ser puras, isto é, sem riscos. Ou se aproveita e entra no jogo, ou não se aproveita e perde o bonde. Mas existem também os riscos disruptivos.

A comunidade que estuda economia industrial não pode mais não olhar para o futuro e para prospectivas tecnológicas organizadas. É preciso conhecer o que os países estão fazendo, as modalidades novas de reforço de ecossistemas empresariais, o papel de institutos de pesquisa, o papel de externalidades, de sinergias a serem criadas para certas plataformas de conhecimentos que precisam avançar com a devida velocidade. Isso é algo que deveria ser incorporado ao exercício de pensar políticas industriais e tecnológicas para o futuro.

Intervenção de Afonso Fleury

Há pouco mais de uma década, Maria Teresa Leme Fleury e eu estamos trabalhando sobre a questão de internacionalização de empresas e das chamadas cadeias globais de valor, sobre as quais será pautada esta apresentação. Alguns pontos têm uma afinidade total com o que Luciano Coutinho expôs, mas vou adotar uma perspectiva um pouco diferente, que vem do nosso trabalho junto da área de *international business*, que estuda especificamente a questão das multinacionais brasileiras.

A partir dessa experiência podemos citar dois pontos antes de começar a falar especificamente sobre a questão de cadeias globais de valor nesse novo contexto. O primeiro é sobre a natureza da multinacional; e o segundo é sobre a competitividade entre países. Por que é importante falarmos sobre a natureza das multinacionais?

Porque as multinacionais, desde a década de 1950, através das suas subsidiárias, são parte importante do desenvolvimento industrial brasileiro. Na verdade, elas foram, de uma certa forma, convidadas a se instalar no Brasil para liderar o processo de desenvolvimento da indústria brasileira, especialmente naqueles setores que são mais intensivos em tecnologia. Quando começamos a tentar entender a teoria das multinacionais, uma das coisas que surge é o seguinte: precisamos entender melhor o termo subsidiária, porque existem diversos tipos de subsidiárias.

Gostaria de retomar aqui a classificação de Bartlett & Ghoshal, em seu trabalho precursor de 1986, intitulado Tap your subsidiaries for global reach. Os autores usaram duas dimensões para categorizá-las: primeiro, a importância do mercado onde a subsidiária está instalada e, segundo, sua competência. Qual é a competência local que a subsidiária tem? Observamos que há diferentes tipos, desde uma com mandato global, ou seja, uma competência que é, na verdade, fundamental para o desenvolvimento da multinacional como um todo, até o *black hole*, o buraco negro, que é a multinacional que está em um país de importância estratégica para a multinacional, mas cuja competência local é reduzida, muito mais operacional.

Por que estou chamando a atenção para isso? Porque, no atual contexto, precisamos pensar em que tipo de subsidiárias temos no Brasil. Elas são parte fundamental no desenvolvimento industrial e, em alguns setores, como o automotivo, ela é absolutamente hegemônica. Mas essa questão é discutível.

Há aproximadamente 5 anos, Teresa e eu estamos trabalhando com a Universidade de Tsinghua, em Pequim, que é provavelmente uma das mais importantes universidades chinesas. Temos contato com um grupo que trabalha sobre a questão do FDI *spillover*, ou seja, do efeito de transbordamento que o investimento externo estrangeiro provoca nas empresas locais. A ideia de transbordamento está associada à ideia de *spillover*. É a partir desses dados gerados, não só por Tsinghua, mas por uma rede de universidades e institutos de pesquisa focalizando essa questão do FDI *spillover*, que o governo central chinês estabelece as políticas em relação às multinacionais e em relação ao investimento externo direto, de modo que precisem necessariamente transferir tecnologia e gerar conhecimento local. Esse é um ponto fundamental: tentar entender um pouco melhor que tipo de subsidiária nós temos aqui, no Brasil, e qual o seu poder de alavancagem tecnológica.

O segundo ponto, antes de entrar em *global value chains* é a questão da competitividade entre países. Que os países competem entre si ninguém tem dúvida, mas é importante começarmos a pensar sobre quais os impactos das políticas desses países sobre as

multinacionais que têm subsidiárias no Brasil. Há dois anos, participei de um trabalho junto à Universidade de Cambridge, cujo projeto, solicitado pela UNIDO, tratava do impacto dessas novas tecnologias que Luciano Coutinho acabou de tratar nas empresas ou no sistema industrial da América Latina. Como o tempo era exíguo, trabalhamos sobre os *technological foresights*, como o Luciano propôs anteriormente, que são sistematicamente feitos por todos os países desenvolvidos e por alguns países em desenvolvimento. Por exemplo, a Austrália tem um trabalho invejável sobre *technological foresight*. É impressionante o nível de acuracidade que eles colocam. É fundamental termos acesso e estudarmos o que esses países estão pensando em fazer, porque isso terá impacto direto sobre nós, além de reorientar a atividade das multinacionais presentes em nosso território. As discussões dos programas *manufacturing* 4.0, dos Estados Unidos, e *industry* 4.0, da Alemanha partem daí.

Até a década de 1980, as multinacionais eram essencialmente empresas integradas. Elas cresceram, por aquisição ou por crescimento orgânico, internalizando todas as funções. O único problema é que esse crescimento gerou modelos de gestão tão complexos que essas empresas começaram a não funcionar direito. Foi a época da emergência do sistema japonês de produção, que vinha com uma nova proposta baseada no *zaibatsu* japonês, que consiste em uma hierarquia de empresas com uma grande série de relações entre si. Esse foi o momento em que as multinacionais passaram a se reinventar, a época da reengenharia, quando se começou a criar o conceito de subcontratação. Em outros termos, as multinacionais começaram a pensar da seguinte forma: eu fico na função em que eu tenho competência, isto é, no meu *core business*, e deixo para subcontratar aquelas que não são tão estratégicas para mim. E assim, começa a subcontratação e também o *offshoring*, a transferência do sistema de produção para outros locais, de onde resulta o conceito de fragmentação da produção.

Em 1913, Ford desenvolveu uma empresa integrada desde o insumo básico até a distribuição, com todas as atividades realizadas no local. Isso só foi valido no tempo de Ford. A partir de então, a indústria começou a se fragmentar cada vez mais. Passamos a ter empresas extrativas e produtoras de insumos básicos, empresas manufatureiras, operadoras de serviços, o comércio e outros serviços de uma maneira geral, e um novo tipo de empresa, cujo termo foi criado em um pequeno centro de pesquisa na Universidade de Sussex algum tempo atrás. São as empresas que integram sistemas complexos, produtos complexos. Foi estabelecida, inclusive, uma nomenclatura curiosa: o COPS – *complex product systems*.

Nos últimos anos, a questão de criação e de valor agregado foi deslocada na direção de produtos complexos de uma maneira violenta. As empresas que têm capacidade de

liderança de cadeias de valor e de agregação de valor no produto estão se tornando cada vez mais operadores de serviço ou integradores de produtos complexos. Então, o que aconteceu?

As multinacionais que estão no Brasil, há algum tempo, estão se deslocando nesta direção, fazendo *offshoring* ou trabalhando através das suas subsidiárias, com diferentes tipos de configuração, como exposto anteriormente. É importante ressaltar que isso não é uma decisão só das multinacionais, mas está em consonância com suas condições de operação nos países de origem, onde o trabalho é mais caro, os trabalhadores são mais qualificados, os consumidores mais exigentes e as pressões para inovações mais intensas. Então, está tudo articulado para elas virem para o lado de cá.

Mas, o que acontece com as multinacionais de países emergentes? As multinacionais tradicionais começam a criar um vácuo ao avançar na direção de produtos complexos, e as multinacionais dos países emergentes começam a ocupar as posições liberadas por elas. Se analisarmos como evoluíram as multinacionais brasileiras, em geral, constatamos que o processo se deu por aquisição de negócios que não interessavam mais às multinacionais tradicionais. Se considerarmos as aquisições da Braskem, nos Estados Unidos, e da Weg na Europa e na América Latina, encontraremos fábricas que não interessavam tanto mais às multinacionais originais. Algumas, contudo, especialmente a Embraer, cresceram organicamente.

Este quadro, nos países desenvolvidos, traz alguns problemas. O primeiro é a questão do emprego, como mostrou o discurso da campanha de Donald Trump. Segundo, as multinacionais emergentes começam a ficar ameaçadoras: Hyer, Lenovo e Embraer, de repente, começam a incomodar. E há um terceiro ponto, muito importante: os mercados mais atraentes estão nos países em desenvolvimento e não nos países desenvolvidos. Então, existe toda uma equação que, de alguma forma, força os países desenvolvidos a tomar alguma atitude. É nesse contexto que surgem os programas a que o Luciano fez referência anteriormente: manufatura 4.0 ou indústria 4.0. São programas desenvolvidos para não perder e até reconquistar a hegemonia no setor industrial. O programa americano é de 2004, e o programa alemão é de 2012.

No livro de Alec Ross (The Industries of the Future), há uma definição sobre as industrias do futuro que afirma que existem 4 indústrias do futuro – e não o futuro da indústria, que é uma visão um pouco diferente. A primeira delas é a robótica e a de inteligência artificial; a segunda é a da ciência da saúde humana, a terceira de codificação do dinheiro, e a quarta fala em *big data*.

É importante pensarmos que essas indústrias estão se desenvolvendo em determinados locais onde existe um *link* entre o *tecnology push* e o *demand pull*. Não são tecnologias que estão sendo geradas no vazio. Dois exemplos ilustrativos: o primeiro é a robótica no Japão. Por que o Japão é o líder absoluto em robótica? Porque existe uma demanda social para acompanhamento de idosos, e como a família no Japão é muito diferente dos padrões ocidentais conhecidos, esse é um problema social enorme. Por isso, há um grande investimento na humanização dos robôs, de modo que os robôs possam tratar e ser acompanhantes das pessoas idosas. Essa é a ideia da *tecnology push* e do *demand pull*. O segundo exemplo é da China, sobre codificação de dinheiro. Uma recente reportagem do jornal *Valor Econômico fala de* um jornalista especializado na área de TI que desce em Xangai e não conseguia fazer transações financeiras porque ninguém mais usa moeda, as pessoas realizam as transações com *smartphone.* Ele confessa ter ficado constrangido em vários locais, porque tinha de pagar com dinheiro e eles não têm mais estrutura para receber pagamento em dinheiro. Então, nossa hipótese é de que os chineses vão sair na frente nessa parte de codificação do dinheiro, porque tem uma associação direta entre *demand pull* e *tecnology push*.

Minha primeira impressão em relação ao futuro da indústria brasileira é de que ela será parecida com a ONU: haverá multinacionais de todas as origens aqui, trabalhando de maneira articulada com as empresas brasileiras, e teremos que encontrar uma forma de gerenciar esse processo. O segundo ponto é que, da forma como as coisas estão evoluindo, as multinacionais que instaladas aqui serão cada vez mais *black hole,* isto é*,* o país terá importância estratégica para a multinacional, mas a competência de sua subsidiária local será reduzida, muito mais operacional.

Gostaria de lembra-los de uma recente entrevista, em que o presidente da Volkswagen diz estar decepcionado com o que está acontecendo Brasil, tendo de trazer cada vez mais coisas da Europa. Esse é um indicativo do que está acontecendo na Volkswagen, uma empresa tradicional. Se pensarmos nas multinacionais brasileiras, poucas são líderes de *global value chain*. Na verdade, só a Embraer é uma verdadeira líder, na acepção da palavra. Então, as possibilidades de trabalharmos por meio dessa liderança de *global value chains* é reduzida.

Outras questões, que não estão sendo necessariamente discutidas no contexto do futuro da indústria brasileira são as questões alternativas, ligadas a vantagens comparativas de que já dispomos e que poderíamos usar melhor. A primeira delas é a biodiversidade, que pode se transformar em proposta protagonista da indústria brasileira. A segunda, baseada em metais raros. Em cada um dos *smartphones* que usamos há aproximadamente 60 tipos de metais raros, e até hoje esse mercado não está

organizado. A China é a líder do mercado, com 40%, mas talvez consigamos desenvolver alguma coisa neste setor, visto que nossa geologia é muito favorável, fazendo do Brasil um dos países protagonistas nessa área. A Companhia Brasileira de Metais e Mineração-CBMM pode funcionar como modelo para gerenciar empresas na área de metais raros. Ela detém 85% do mercado mundial de nióbio. O último fator de oportunidade são as indústrias criativas. Existem dois países que assentaram seus modelos de desenvolvimento em indústrias criativas: o Canadá e a Inglaterra. Não nos tornaremos um centro de excelência em um curto período de tempo, mas podemos oferecer condições de entrada nessas novas lógicas que estão associadas às indústrias do futuro.

Para concluir, essas são sugestões de que precisamos fazer uma amarração para sobreviver em um contexto de mudança de paradigma tecnológico. Primeiro, temos que definir qual papel pretendemos desempenhar na complexa economia global. Segundo, a questão de equacionar melhor as dependências em relação às multinacionais estrangeiras. Terceiro, identificar setores onde podemos ter protagonismo imediatamente, investindo em indústrias de entrada no novo paradigma e, por fim, a longo prazo, criar ou recriar um sistema nacional de inovação ao mesmo tempo que estimulamos a demanda nos setores correspondentes.

Comentários Pedro Wongtschowski

Há um conceito que está se difundindo sorrateiramente na sociedade brasileira, de que a indústria no Brasil é dispensável, de que nosso país pode viver sem indústria. Evidentemente, esse é um conceito muito equivocado, já que esse setor gera empregos, tecnologia, inovação e impostos. É o maior contribuinte tributário no Brasil e grande gerador de empregos em quantidade e também em qualidade; é o setor que melhor paga na economia brasileira.

Por isso, é uma enorme ilusão imaginar que podemos ter um agronegócio e um setor de serviços dinâmicos sem uma atividade industrial relevante e importante. Em outras palavras, não existe agronegócio sem defensivo agrícola, sem fertilizantes, sem colheitadeiras, sem tratamento dos materiais colhidos, sem algum tipo de atividade industrial conexa com o agronegócio. Não existe na proteína animal, vegetal, ou em qualquer atividade do agronegócio a possibilidade de ela sobreviver sem um enorme apoio do setor industrial. Isso porque, uma atividade como o agronegócio tem, evidentemente, um enorme componente local, que é a natureza da agricultura, pois cada país é único por seus efeitos climáticos, suas práticas, sua cultura etc.

Existe um sintoma muito preocupante sobre a redução do tamanho e da relevância da indústria no cenário brasileiro. Como Luciano Coutinho apontou, nos últimos 4 ou 5 anos, aconteceram reduções da ordem de 20% de produção, consumo de energia e emprego, mão de obra empregada e assim por diante.

E, finalmente, existe a necessidade de pensar a indústria do futuro no Brasil. O último ponto a ressaltar é a importância do papel do governo, que fomenta inovação e organiza a atividade produtiva. A indústria está se transformando no mundo todo e essa transformação vai chegar ao Brasil. Talvez nós não estejamos nos preparando suficientemente para que a indústria nacional sobreviva neste novo cenário, que cresça e se reposicione. Daí a relevância deste debate.

1.2. O desafio 4.0 para a indústria brasileira[2]

Introdução

À ocasião do III Encontro Nacional de Economia Industrial e Inovação (III ENEI), em 18 de setembro de 2018, foi realizada a segunda edição da "Mesa IEDI: O Futuro da Indústria", cuja discussão é sistematizada a seguir. Organizado pelo Instituto de Economia da UFU, o evento contou com a participação dos professores David Kupfer da UFRJ e Roberto Vermulm da USP como palestrantes.

O debate teve como coluna vertebral o progresso cada vez mais consistente da indústria 4.0 no mundo, em boa medida graças à adoção pelas grandes potências industriais de estratégias que deliberadamente buscam acelerar o desenvolvimento das tecnologias habilitadoras e fortalecer seu tecido industrial – como bem mostra a série de estudos que compõe este livro.

Palestra de David Kupfer

Estou denominando a minha apresentação de "A indústria brasileira nos próximos 10 anos", que é exatamente o resultado das reflexões motivadas pelo projeto Indústria 2027, cujo principal objetivo é estabelecer um marco de análise para a entrada da chamada manufatura avançada ou Indústria 4.0 no Brasil, nesse horizonte temporal de 10 anos, de 2017 até 2027.

A ideia é tentar extrair os impactos sobre produtos e processos de gestão e modelos de negócios de oito *clusters* tecnológicos. Os quatro primeiros formam o chamado paradigma digital que envolvem a Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC), em termos de computação em nuvem, big data, inteligência artificial; Internet das Coisas (IOT), sistemas e equipamentos; as redes; e a produção inteligente conectada. Há ainda o armazenamento de energia e de materiais avançados, a nanotecnologia e os bioprocessos. Esse paradigma digital é o que, de verdade, mais se discute, mais está em evidência, e é o que realmente há de mais novo em termos de transformações na rotina da produção industrial, na rotina do que é a atividade produtiva em geral e dos processos de trabalho.

[2] Trabalho divulgado como Carta IEDI n. 895. Disponível em https://iedi.org.br/cartas/carta_iedi_n_895.html

A integração entre o real e virtual foi chamada de sistema cyber-físico, a comunicação entre máquinas e a interconexão dos processos decisórios dos sistemas de gestão. São esses muitos dos conhecimentos e das tecnologias ligadas ao mundo digital, que foram convergindo, cooperando, para criar essas condições que, por sua vez, transformam pesadamente as rotinas de produção que são praticadas no meio industrial.

A transformação digital, que é essa conjugação de mudanças tecnológicas, pode vir tanto de um eixo em que se busca colocar internet nas coisas existentes, em a sociedade se "internetiza", ou pelo caminho alemão, que é colocar as coisas na internet. No primeiro caso, o foco é na indústria já existente que é colocada na internet. Colocar a internet nas coisas, por exemplo, é algo próximo do processo do Uber, ou do Airbnb, em que simplesmente se conecta coisas que já existem, como taxis, e, com isso, cria algo totalmente novo. No caso alemão, você pega máquinas que estão produzindo industrialmente e as conecta na internet, a internet das coisas, e gera dados, análises, inteligência, comunicação e máquinas que atuam autonomamente. A China, eu penso que está fazendo estes dois movimentos simultaneamente.

Mas, independentemente do caminho, o que importa é que os resultados serão os mesmos. Essas inovações vão ter impactos, como o superbarateamento da automação flexível, em função da robótica e da eletrônica embarcada; a implosão das fronteiras de fragmentação produtiva, porque a produção vai se distribuir territorialmente, como já acontece, e cada vez mais profundamente, de formas muito fragmentadas; e a explosão da inteligência artificial em função do tratamento do dado e da capacidade de gerar processos decisórios a partir disso.

Esse é o ponto mais importante, principalmente para aqueles que ainda não têm um conhecimento ou uma reflexão mais avançada em relação ao que é a Indústria 4.0. No meu modo de ver e, evidentemente, isso não é consensual, principalmente quando se considera o grau em que essa afirmação é realizada, o caráter disruptivo não tem nada a ver com a radicalidade das inovações envolvidas. Toda essa transformação digital produzirá descontinuidades, não porque há inovações radicais envolvidas nisso, mas porque são as tecnologias emergentes, que já estão em pipelines, que já foram introduzidas, já estão em difusão – algumas há 10 anos, algumas há 20 anos – que, ao trabalharem de forma convergente, reestruturam sistemas produtivos, contestam posições de mercado, deslocam líderes e abrem espaço para novas empresas. Elas transformam fundamentalmente a organização industrial e a economia industrial, muito mais do que os processos propriamente ditos. Ela é disruptiva porque transforma os determinantes da competitividade e, portanto, é um fenômeno muito mais econômico e social do que científico e tecnológico.

Na verdade, o que está em transformação é a organização industrial. E, portanto, dependendo do ponto de vista, as inovações que são disruptivas podem ser ameaças ou oportunidades. Ela é uma ameaça aos incumbentes e abre oportunidades para novos entrantes. Então, a questão para as empresas é de que lado você está. Esse é o principal canal de transformação econômica que estamos observando a partir dessa convergência tecnológica.

Realizamos uma pesquisa de campo que procurou entender como estava o processo de adoção dessas novas tecnologias no Brasil. Nós imaginamos que existiam gerações tecnológicas que estão assim descritas: gerações digitais, geração da produção rígida – em que as tecnologias da comunicação e de informação eram usadas pontualmente na contabilidade, no projeto da produção –; a geração II, da década de 1970, 1980, da produção enxuta ou flexível; a geração III, das décadas de 1980, 1990, da produção integrada, cuja característica é a existência dos ERPs, *softwares* de integração da produção; e, a geração IV, que é a 4.0, a produção conectada e inteligente, que é algo muito mais amplo do que meramente sistemas de integração de informação dentro das empresas.

A Indústria 4.0 é usada para retroalimentar informações, operar processos decisórios sem intervenção humana etc. Do ponto de vista da empresa, trabalha-se com uma visão clássica, em que se divide a empresa em cinco áreas funcionais – talvez, por falta de conhecimento das teorias de administração, trabalha-se com a TGA (Teoria Geral de Administração). As cinco áreas, os relacionamentos externos, fornecedores e clientes, o desenvolvimento do produto, a gestão da produção e a gestão do negócio como um todo, que é a parte corporativa da empresa.

Com a ajuda de engenheiros, montamos um mapa em que se buscou implementar uma descrição do que é cada uma das bases tecnológicas utilizadas nas funções e nas gerações, e mapeamos o que seria o "traçador", para efeito de uma pesquisa de campo, do que é a geração 4 ou 4.0, do ponto de vista de relacionamento com fornecedores, do acompanhamento, em tempo real, dos pedidos, e toda a logística dos fornecedores por meio de *webservices*, ou seja, por meio da internet. Em termos de desenvolvimento de produto, sistemas de modelagem virtual, usados inteiramente para o desenvolvimento de produtos e processos; em termos de gestão da produção, comunicação máquina-máquina; em termos de relacionamento com o cliente, monitoramento de gestão do ciclo de vida do cliente; e gestão do negócio com inteligência artificial.

Passamos, então, essas informações para o radar das cinco tecnologias, para as empresas, e chegamos a esses mapas tecnológicos. Por exemplo, a probabilidade alta e

muito alta de que as empresas adotem tecnologias 4.0 em 10 anos é da ordem de 2/3. Este é um dado que varia muito, porém, a probabilidade é mais alta primeiro em relacionamento com fornecedores e em seguida em relacionamento com clientes, reproduzindo um padrão que eu vejo se repetir desde a minha primeira pesquisa de campo, em 1989, usando esse modelo, que as empresas, de algum modo, se preocupam mais com o que está no seu exterior, com seus clientes, com seus fornecedores, e não tanto com o desenvolvimento do produto e com a gestão da sua produção. Então, elas imaginam que as tecnologias mais avançadas serão mais usadas exatamente naquelas funções externas à empresa.

Nos setores de bens de capital o quadro é um pouco diferente, mas não de forma significativa: 1,6% das empresas se consideram no estágio 4.0 hoje e 20,5% no estágio 3.0. Então, 22% das empresas do Brasil estão no estágio da chamada "automação integrada" ou "automação 4.0", enquanto o restante, quase 80%, estão ainda na produção rígida ou na produção enxuta, o que é um resultado bastante marcante, mas não muito diferente de muitos outros países. Na China, foi feito um mapa semelhante e encontraram como resultado que a indústria chinesa, que eles dizem que é grande, mas não é poderosa, está no estágio 2.0 também. Na Alemanha, essa taxa de adoção é da ordem de 10%, é bem maior, mas menos do que imaginamos.

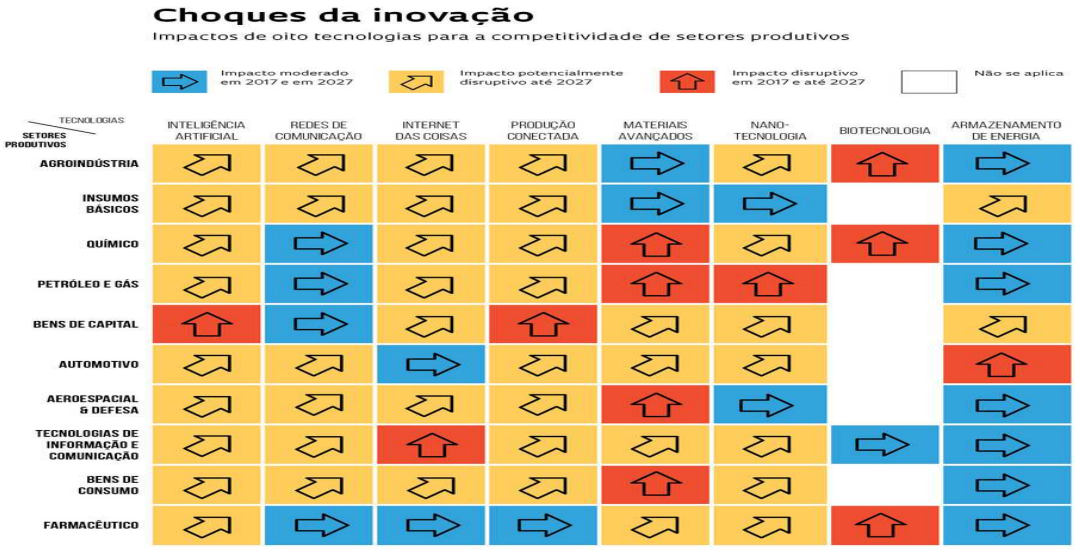
Olhando tamanho e origem, não há grandes mudanças. Multinacionais ou grandes empresas, o mapa é muito semelhante. Olhando também as funções, novamente, os relacionamentos com fornecedores são mais avançados, e a gestão da produção e dos negócios é menos avançada.

Se olharmos para o futuro, há uma expectativa de avanço das nossas 750 empresas, aproximadamente: espera-se que 21,8% estarão na geração 4.0 em 10 anos.

Há dados mais ou menos mapeados sobre como essas tecnologias da geração 4.0 vão se difundir em relação a outros períodos. Os setores onde elas vão penetrar mais compreendem bens de capital e TIC e, por isso, é preciso olhar atentamente para esses setores, pois têm uma significativa diferença em relação aos demais.

As ações visando a incorporação das tecnologias mostram o seguinte: aproximadamente 40% das empresas não estão fazendo nada. Depois, tem-se que quase 30% das empresas estão realizando estudos iniciais, o que na prática significa que também não estão fazendo nada. Finalmente, há empresas que possuem projetos e ações em execução, cujo número é bastante pequeno.

Então, tentando sistematizar a partir da figura a seguir, existem tecnologias que terão ou já têm impactos disjuntivos identificadas em vermelho; em amarelo, aquelas que hoje têm impacto moderado, mas que evoluirá para um impacto mais disjuntivo em 10 anos; e as azuis são aquelas de que não se espera um impacto no horizonte de 10 anos, o que não significa que não impactarão posteriormente.



Vemos que há alguma concentração setorial e, principalmente, alguma concentração de tecnologias – uma importância, por exemplo, de inteligência artificial em bens de capital.

Boa parte do impacto, portanto, ainda está por vir.

Essa é uma conclusão razoável, a partir do material empírico que pudemos recolher na pesquisa. As inovações analisadas serão disruptivas no futuro, mas não o serão imediatamente. Ademais, é disruptiva em poucos segmentos industriais no curto prazo. O que significa que há tempo para planejar, para se preparar para a adoção dessas tecnologias e suas consequências.

O interessante, no entanto, é que esse tempo é positivo para quem experimenta e concebe estratégias, mas é muito negativo para quem apenas imita. Isso porque não há uma receita para a passagem para o padrão 4.0 – e esse é o aprendizado mais qualitativo que nós podemos extrair da nossa pesquisa.

Não há a possibilidade de se incorporar a tecnologia na máquina como foi no 1.0, quando a tecnologia era totalmente incorporada na máquina, ou mesmo no 2.0, em que era a questão do aprendizado de técnicas de qualidade, de produtividade, de economias

de insumos etc. Ou mesmo no 3.0, em que era a incorporação de softwares de gestão que, de algum modo, também impactava nessa capacidade.

No mundo 4.0, a entrada no paradigma digital está longe de ser trivial, porque exige ajuste na manufatura, na produção e na gestão, arquiteturas empresariais muito bem estruturadas, ações transversais coerentes envolvendo todas as áreas da empresa e sincronia na execução. Isso porque deve-se transformar todos os elos, mas não necessariamente ao mesmo tempo, desde que de forma sincronizada. Portanto, uma grande maioria de empresas, que não adotam estratégia alguma ou que estão em estágio inicial de estudos, não conseguirão adotar essas tecnologias quando decisões forem tomadas à frente.

Novamente: não há uma receita de bolo para a incorporação do paradigma digital. Talvez porque – e isso é algo para debater, não é uma afirmação, mas uma possibilidade – o Toyotismo, ou antes o Fordismo, eram processos de trabalho que tinham sua concepção baseada em chão de fábrica. Não é possível imaginar isso para o Androidismo. O que seria o Androidismo (ou, o IOSismo)? Não é um processo de trabalho, mas uma forma muito mais ampla de organização do negócio, de transformações na organização industrial (aí começam as implicações pesadas para o Brasil). Nos países que têm pretensão à fronteira inovativa global, como Alemanha, China, Estados Unidos, a manufatura avançada é um objetivo-meio: eles precisam da manufatura avançada como um meio de manter ou retomar a liderança tecnológica global e econômica e impor sua hegemonia.

No caso, porém, de países emergentes, com pretensões ao emparelhamento, a manufatura avançada é um fim, ela precisa ser adotada, é uma forma de modernização inexorável, inevitável, e o Brasil vai caminhar nessa direção com a nossa base produtiva, extremamente heterogênea. São razões de sobrevivência do tecido industrial. Para isso, vamos precisar de uma estratégia que cuide tanto do emparelhamento quanto daquela parte da nossa indústria que é candidata à fronteira.

Então, deve-se juntar os ingredientes para acelerar a incorporação desse paradigma. Ainda que não haja uma receita do bolo, os ingredientes são conhecidos: potencializar os sistemas setoriais de inovação – agro, saúde, petróleo, todos os estudos mencionam isso –; constituir um amplo ecossistema digital integrador de startups, centros de P&D, treinamentos, serviços tecnológicos; construir a estrutura de redes de banda larga abrangente, confiável e acessível a todos; criar um programa de mobilização para favorecer a adoção, semelhante ao que pode ter sido o movimento pela qualidade, que pode ter acontecido lá atrás; e os programas de fomento ao desenvolvimento e

incorporação de novos bens de capital, visando à modernização do parque, além do novo arcabouço legal e regulador.

Fundamentalmente, no entanto – e isso me preocupa muito –, a convergência tecnológica que está por trás da transformação digital vai requerer alguma forma de convergência institucional, de nova articulação institucional, tanto entre agências e governo como de representação de trabalhadores e das empresas na própria sociedade, para que se tenha uma capacidade de formular programas que mexam transversalmente com toda a estrutura industrial. Esse, provavelmente, no Brasil, é o maior dos problemas e dos desafios que teríamos para enfrentar.

Palestra de Roberto Vermulm

A indústria no PIB vem reduzindo sua participação no PIB já há muitos anos, e isso não se trata do mesmo fenômeno de países desenvolvidos. No nosso caso, a redução da participação tem a ver com desestruturação de cadeias produtivas, com o movimento de retração da atividade industrial, o que é bem diferente das economias mais desenvolvidas.

Em paralelo a este movimento testemunhamos uma estagnação da produtividade, o que, evidentemente, está associado com a baixa taxa de investimentos. Porém, também decorre de um problema de natureza estrutural: os setores que ganham projeção em nossa estrutura industrial, hoje, são setores mais intensivos em recursos naturais e menos em conhecimento e em tecnologia. As estruturas das cadeias estão com uma série de falhas, afetando, geralmente, os segmentos mais sofisticados.

Ou seja, a questão da evolução da produtividade da indústria brasileira apresenta uma dimensão mais conjuntural, relacionada com as condições macroeconômicas que desincentivam o investimento, mas também possui uma dimensão estrutural.

Em função desta dimensão estrutural surge a necessidade de uma política industrial que empurre mudanças na estrutura industrial de modo a alavancar a produtividade. Sem política industrial não é possível mudar esse cenário atual de defasagem tecnológica, baixo dinamismo inovador e baixo peso do dinamismo de setores. Todos estes problemas estruturais que terão que ser enfrentados.

<u>Os grandes desafios a serem enfrentados pela indústria</u>

Em Um dos primeiros desafios a serem enfrentados é a necessidade de maior difusão das tecnologias já dominadas. Não se trata ainda da geração 4.0, da nano ou da biotecnologia, mas de tecnologias que já são bem conhecidas sem que tenham sido difundidas ou sequer adotadas plenamente por nosso tecido industrial. É fundamental que nos preocupemos com a questão da difusão, embora este seja um aspecto associado à concorrência entre as empresas. Isso porque a heterogeneidade tecnológica na estrutura industrial brasileira é muito grande, dificultando, por exemplo, o estabelecimento de relações de cooperação ao logo das cadeias e nosso melhor posicionamento no mercado internacional.

Essa elevada heterogeneidade está relacionada com a baixa produtividade e, consequentemente, com baixos salários e preços relativamente mais elevados. A difusão das tecnologias já dominadas, porém, não vai resolver todos os problemas. Mesmo porque, estamos passando por um momento de intensificação de mudanças tecnológicas, e a questão mais importante é a integração das chamadas tecnologias habilitadoras da indústria 4.0 sem ainda ter difundido tecnologias que já são dominadas.

Precisamos encarar essa realidade. Sob meu ponto de vista, o sistema S deveria promover isso. Já trabalham nesse sentido o Sebrae e a estrutura Senai, mas ainda está muito longe do que precisamos. O sistema S possui uma institucionalidade extremamente capilarizada, o que é importante para promover essa difusão de tecnologias dominadas a que fizemos referência. Todavia, tenho algumas restrições, principalmente em relação às metodologias que são utilizadas.

É importante que sejam institucionalizados mecanismos que facilitem o acesso das pequenas empresas ao crédito. Para fazer essa difusão tecnológica, deve-se levar o conhecimento, tornar informações acessíveis, levar as tecnologias até as empresas e facilitar o acesso delas a essas novidades por meio de financiamento. Vários programas de difusão têm impacto a curto prazo. Faço aqui uma analogia do momento 4.0 com o PBQP (Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade), nos anos 1990, que foram técnicas adotadas pela indústria com baixo investimento e um grande resultado de curto prazo.

Isso é interessante, porque se consegue um aumento de produtividade no curto prazo. É claro que isso não capacita para, ao longo do tempo, continuar gerando e obtendo ganhos de produtividade, mas, no momento que se introduz a novidade, o impacto é expressivo. Estamos falando de coisas dessa natureza quando pensamos em difundir as tecnologias que já são dominadas.

Outro exemplo de grande relevância é o programa Brasil Mais Produtivo (B+P), que compreende um programa do Governo Federal para difundir a produção enxuta com objetivo de buscar eficiência produtiva. Vale lembrar que o princípio de produção enxuta no mundo data dos anos 1980, mas que no Brasil não adotávamos e ainda não adotamos de forma ampla e disseminada.

O governo aproveitou, assim, uma ideia que foi desenvolvida na CNI, pela gerência de política industrial, chamada "Indústria mais produtiva", e o MDIC tocou o programa com este nome de "Brasil Mais Produtivo". Ordem de grandeza do ganho de produtividade com o B+P: 52% nas empresas participantes. Custo do programa: R$ 18 mil reais por empresa, dos quais as empresas arcaram com R$ 3 mil e os outros R$ 15 mil foram recursos do Governo Federal. Ou seja, existem possibilidades e programas dessa natureza, em que o investimento é relativamente baixo e pode-se obter um retorno rápido. Inclusive, dada sua expressividade, este retorno pode ser usado pelas empresas para pagar o financiamento obtido com vistas à implementação desse tipo de tecnologia.

Todavia, é necessário, mas não é suficiente, que avancemos com estratégias de modernização dessa natureza. No programa Brasil Mais Produtivo, foram atingidas 3 mil empresas, o que ainda é pouco dado que o número de empresas de pequeno porte, só na indústria, está na ordem do milhão. Por isso, precisamos de uma estrutura muito capilar para chegar ao nosso objetivo.

Geralmente, quando falamos em empresas de pequeno porte, pensamos em trabalhar de duas formas: ou pelas cadeias produtivas, ou pelos chamados arranjos produtivos locais. São duas maneiras de trabalhar com pequenas empresas. Mas, normalmente, atinge-se um número muito reduzido em relação ao total de empresas existentes. Neste caso, pressupõe-se subsídio, e um programa que requer subsídio vai encontrar maior dificuldade em ser mobilizado e estruturado devido a seu custo fiscal. Portanto, esse é um problema imposto a programas desse tipo.

Pouco se capacita a empresa para melhoramentos contínuos. Tem-se um resultado em curto prazo, mas as empresas têm que se capacitar permanentemente para continuar conquistando ganhos adicionais de produtividade. Outro desafio é o *hard*, ou seja, atualizar máquinas e equipamentos. Segundo dados da ABIMAQ, tem-se uma estimativa de que a idade média dos equipamentos industriais no Brasil é de 17 anos, o que é uma idade muito alta. Existe um programa do BNDES de modernização e de aquisição de novas máquinas, que é a Finame, e mesmo assim os investimentos não têm se realizado como seria necessário.

Isso tem a ver com as condições macroeconômicas. Os níveis de taxa de juros praticados no Brasil são relativamente elevados frente às margens que estão sendo praticadas pelo setor industrial. A Finame tem uma média de 14-15%, aproximadamente, o que a torna pouco viável para empresas quem têm uma margem apertada de 4% ou 5%. Então, embora já tenhamos conseguido colocar a taxa em um nível mais baixo, ela ainda é elevada para um investimento. Ainda que exista o Finame, ele não consegue desempenhar sua função original.

Além da difusão de tecnologias já dominadas e da necessidade em investimentos em modernização, outro desafio é entrarmos na indústria 4.0.

Existe uma série de tecnologias, que são as chamadas habilitadoras da indústria 4.0. A novidade está na integração dessas tecnologias, além de algumas novidades. Novas tecnologias estão sendo geradas, como a inteligência artificial, e por isso não se trata apenas da integração de tecnologias já desenvolvidas. Entretanto, há inúmeras formas e possibilidades de combinar essas tecnologias habilitadoras para resolver problemas concretos, específicos da indústria.

A indústria não se defronta, geralmente, com a questão "fácil implantação de uma unidade totalmente 4.0". Essa questão pode ser colocada para grandes investimentos ou para novos investimentos, mas, na realidade industrial, enfrenta-se uma série de problemas que essas tecnologias conseguem ajudar a melhorar ou a resolver. Então, quando pensamos em difusão das tecnologias da 4.0, falamos de possibilidades diversas de adotar projetos graduais ou localizados na estrutura industrial já instalada. Isso significa atender aos problemas específicos de cada planta industrial.

Com isso, podem ser adotados projetos relativamente baratos, considerando que grandes projetos são aqueles que superam R$ 5 milhões. Muitas grandes empresas estão fazendo projetos médios de R$ 1-1,5 milhão, mas elas não fazem somente um projeto; estão fazendo uma série deles de forma a enfrentar mais de um problema, de aumentar sua produtividade em uma ou outra fase do seu processo produtivo. Então, a indústria 4.0 não muda tudo de uma vez. São tecnologias que vão sendo difundidas e absorvidas, utilizadas e empregadas progressivamente pela indústria.

Ao mesmo tempo, no estágio atual, o setor industrial não tem pleno conhecimento de todas essas tecnologias e por isso demanda serviços externos para implantar essas tecnologias. Uma parte dessas tecnologias vem incorporada em máquinas e equipamentos, mas há um grande componente de customização da solução para as empresas que exigem consultorias e serviços conexos.

Eu, particularmente, não estou preocupado, neste momento, com a precisão conceitual: se é ou não 4.0. Neste momento, em que estou discutindo o desafio e as propostas para a indústria, estou preocupado com o efeito que isso vai ter no setor industrial: se é automação eletrônica com um ou outro sensor integrado pela internet, muito bem, ainda que não tenha mudado o desenvolvimento de produto, nem o modelo de negócios da empresa. Não estou muito preocupado se, quando falamos em difusão da 4.0, estamos de fato implantando tecnologias parcial ou integralmente inseridas no padrão 4.0.

Se estou falando de difusão, não teria dúvidas em dizer que a prioridade é a empresa de menor porte. As grandes empresas têm acesso a essas informações. As multinacionais vêm com programas e soluções já definidas. Muitas vezes, vêm com seus parceiros já definidos. Se vão usar equipamentos desta ou daquela marca, já está definido por uma decisão da empresa em nível global. E isso é seguido pela subsidiária brasileira. As grandes empresas têm melhor acesso à informação e mobilizam os recursos necessários com muito mais tranquilidade. Na difusão da 4.0, eu não teria muito problema em dizer que minha prioridade está nas empresas de menor porte.

Ademais, precisamos dar uma atenção especial às empresas integradoras, que são empresas de engenharia que fazem os projetos, concebem a solução e a integração de uma série de tecnologias para resolver um problema concreto de seus clientes. Precisamos tanto de políticas de demanda para as integradoras como de políticas de oferta para melhor estruturá-las.

Neste ponto podemos fazer uma analogia com o que, nos anos 1970, foram dois programas da Finep: o ACN (Apoio à Consultoria Nacional) e o AUST (Apoio aos Usuários de Serviços de Tecnologia). A Finep tinha um programa que financiava o demandante de serviços de tecnologia e um programa que financiava a empresa de consultoria. Dessa forma, foi possível obter avanços na área de engenharia civil, sobretudo em seus grandes projetos. Precisamos pensar em políticas parecidas.

No que diz respeito à demanda, uma parte é informação, principalmente para as empresas de menor porte. Hoje a indústria 4.0 está virando modismo. O empresário diz “quero uma tecnologia, uma indústria, uma empresa 4.0”. Mas, o que é isso? Provavelmente não sabe o que é e tampouco percebe que sua adoção implica certas restrições logo a seguir. Esse empresário precisa de uma espécie de consultoria que lhe diga qual é seu objetivo estratégico, quais são suas metas, para onde ele quer ir. Deve-se fazer a análise da produção, da gestão da empresa, de seu portfólio, dos mercados, para depois sugerir algumas alternativas de implantação de programas na linha da 4.0.

Além de informação, é necessário propor financiamento. O BNDES está adotando a TLP (Taxa de Longo Prazo) como taxa de juros de referência, que está perto dos 6,5%-7%. Depois ainda é acrescido o spread do banco. Se é uma empresa pequena, provavelmente é uma operação indireta, então, soma-se mais spread do agente financeiro e, de novo, estamos falando de um custo de 13-14%, ou um pouco mais. Um nível muitas vezes incompatível com os negócios do demandante.

Há uma outra possibilidade, que é trabalhar com a Finep. Como os recursos que mobiliza é menos expressivo que os do BNDES, esqueceu-se de que ela também trabalha com TJLP (Taxa de Juros de Longo Prazo). A Finep possui um programa de operações indiretas com custo de TJLP para médias e pequenas empresas. Estamos falando de 6,5% ao ano para as pequenas. Se é empresa média – de R$ 96-200 milhões de faturamento – o custo é TJLP + 1, ou seja 7,5%. E mesmo assim não está rodando, e eu acho que isso acontece porque nós não estamos sabendo trabalhar. As empresas integradoras, que poderiam fazer alguma coisa, vendem projetos de engenharia tecnicamente e não têm ideia dos mecanismos de financiamento, elas têm um pré-conceito de que banco é um horror. "Fuja de banco!". E por isso nem trabalham com essa hipótese, nem levam para o cliente a possibilidade de se financiar.

Nesse sentido, grande parte do que nós precisamos de política industrial tem um forte componente de institucionalidade. Alguns instrumentos já existem, mas não conseguimos trabalhar com eles.

Intensificação da difusão das tecnologias da Indústria 4.0

Que ganhos traz a indústria 4.0? Pesquisa da Cisco mostra que haverá uma economia de energia de 18% e uma economia na parada técnica de máquinas de aproximadamente 40%. Isso dá uma ideia dos ganhos de eficiência e de produtividade que podem ocorrer com a difusão das tecnologias 4.0. Então, mesmo que sua adoção não conte com subsídios, é possível pagar por elas porque os custos são relativamente baixos frente aos ganhos que trazem.

A consultoria tecnológica, que pode ser chamada de plano de digitalização, custa de R$ 15 mil a R$ 20 mil. O Senai está implementando isso a um custo de 24 mil reais, o que é um pouco elevado. Com a magnitude dos retornos esperados, paga-se sem a necessidade de subsídio para fazer o plano. Já para implementá-lo, a política deve ser diferente. Uma possibilidade seria utilizar uma fração dos recursos da obrigatoriedade de P&D para fazer uma equalização de juros em financiamentos para a indústria 4.0. Se fosse para inovação, seria possível se apoiar, eventualmente, na Lei de Informática,

fazendo os ajustes legais necessários; se fosse para difusão, utilizar a obrigatoriedade de energia e de petróleo.

Entretanto, recentemente, foi anunciada uma medida provisória, de n. 851, que autoriza o Governo direcionar os recursos da obrigatoriedade para o sistema de ciência, tecnologia e inovação, face à escassez de recursos públicos na área. Assim, os recursos da obrigatoriedade estariam substituindo recursos orçamentários não existentes, fazendo com que nós deixemos de contar com uma fonte para fazer política industrial.

Quanto à ampliação do esforço empresarial na inovação (e não mais de difusão), as tecnologias habilitadoras da 4.0, nanotecnologia e biotecnologia são todas tecnologias transversais. Como o trabalho do Indústria 2027 demonstrou, isso tem impacto em uma série de setores. Eu diria que temos muito a fazer. Então, se na difusão devemos priorizar os pequenos; na inovação o foco são as médias para grandes empresas. E é preciso investir dinheiro, não tem outra forma. Precisaremos de recursos para fazer P&D e casar os recursos públicos com recursos privados. Vale observar que existem problemas do lado empresarial, à medida que as empresas têm pouca disposição em fazer cooperação – seja com outras empresas da cadeia ou com ICTs.

Os instrumentos, grosso modo, para fazer política de inovação, nós temos, sob o ponto de vista formal. O que não temos é alocação de recursos nesses instrumentos, caixa e prioridade – não sabemos o que deve ser feito, nem temos prioridades elencadas.

Participação da indústria em programas nacionais de desenvolvimento científico e tecnológico

Nessas tecnologias transversais, haveria condição de trabalharmos por missão. Programas nacionais definidos – o que chamamos no Brasil, em algum momento, de plataformas do conhecimento. Ainda que o entendimento dessas plataformas não fosse muito claro, isso me parecia interessante: juntar ICTs e empresas com objetivos muito claros em determinados segmentos da produção industrial. A falta de clareza vinha do fato de que parecia muito mais um programa do que um projeto. As plataformas reuniriam ICTs e empresas para geração de um núcleo de conhecimentos e depois, a partir desse tronco, as empresas derivariam seus projetos competitivos e específicos. É algo nesse sentido que teríamos que montar.

A 4.0 é tão importante no Brasil que temos uma meia dúzia de planos nacionais, no MCTI, na ABDI, no MDIC. Obviamente, quem tem meia dúzia, não tem nenhum. E essa é a nossa situação. O MCTI tem dois ou três: um da digitalização e outro da SETEC (Secretaria de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação). Enfim, é preciso construir um

Programa Nacional de 4.0 vinculado ao alto comando do Estado para poder determinar sua execução e não um programa em um ministério e outro em outro ministério.

A abertura das empresas para realização das atividades tecnológicas em conjunto é um outro problema. É importante exercitar a realização de projetos cooperativos. É a saída que vejo para avançarmos mais rapidamente. A Embrapii foi uma tentativa de se fazer isso: coloca-se recurso dentro de uma ICT para esta desenvolver um projeto sob demanda do setor privado. O problema, de novo, acaba sendo institucional. Leva-se muito tempo para fazer um projeto com o ICT, pois é preciso realizar chamada pública, depois firmar contrato, em seguida, passar por conselho, pró-reitor, reitor, e então, o setor jurídico, para depois se discutir propriedade... enfim um calvário. A Embrapii conseguiu acelerar um pouco o andamento desse processo, sendo possível assinar um contrato em 2 meses, a partir do início da conversa até começar a desenvolver o projeto.

Iniciativas como essa seriam uma forma de empurrar um pouco as empresas para cooperação com ICT ou empresas para cooperar com cadeias, se for colocada a possibilidade de recurso: as chamadas empresas-âncora trabalhando com suas cadeias, para trás ou para a frente. Essa é uma outra possibilidade de se tentar romper com esse imobilismo que as empresas têm e que contraria a tendência internacional, que é de cooperação.

As startups, são um espaço de que dispomos, além de todas essas tecnologias que mencionamos. Aqui são duas as prioridades: capital de risco e mentoria. Essas empresas sofrem restrição ao crédito por não terem como dar garantias, pois são empresas novas, nascentes, geralmente, de base tecnológica. Então, o mecanismo prioritário de financiamento neste caso é capital de risco.

Além de acesso a recursos, as startups também precisam de mentoria, porque geralmente são muito fechadas em seu foco que é o desenvolvimento de um produto, mas depois devem ir a mercado. É preciso fazer uma coisa ajustada, acompanhando o desenvolvimento com o mercado. Grandes empresas poderiam fazer este papel de mentoria. A Fapesp também.

Por fim, recurso humano: o setor privado tem que se juntar com o setor público para fazer essa formação de recurso humano, que é diferente. Os recursos humanos que vamos demandar na indústria 4.0 possuem características, qualidades e percepções diferentes do que temos produzido e formado. Temos que nos preocupar, especialmente, com a requalificação de gente empregada.

Em síntese, temos problemas institucionais que não estão apenas do lado do setor público, eles também estão do lado empresarial e na academia. Nós, que trabalhamos com indústria já há algum tempo, temos que reconhecer que nosso objeto também tem que ser mais dinâmico, inovador, diferente.

PARTE 2 - O FORTALECIMENTO DAS POLÍTICAS INDUSTRIAIS, DE CIÊNCIA E DE TECNOLOGIA NO MUNDO

2.1. Estratégia industrial é regra e não exceção no mundo, segundo a Unctad[3]

Introdução

Enquanto no Brasil ainda se discute a pertinência ou não de desenvolvermos uma estratégia industrial para o país, a Conferência das Nações Unidas sobre Comércio e Desenvolvimento (Unctad), em documento recente, catalogou nada menos do que 101 países distribuídos em todas as regiões do globo que adotam políticas abrangentes para este setor, infraestrutura e serviços adjacentes.

Além destas há ainda outras ações que não foram consideradas por apresentarem propósitos específicos, tais como, estratégias voltadas apenas às pequenas e médias empresas (PME), ao empreendedorismo ou ao desenvolvimento digital. Políticas focando apenas um setor isoladamente ou somente infraestrutura de serviços também não foram tratadas pelo estudo.

Desde a crise financeira global, o número de países que adotaram estratégias nacionais de desenvolvimento industrial cresceu dramaticamente, segundo o World Investiment Report 2018 da Unctad, cujo capítulo "Investimento e Novas Políticas Industriais" é analisado neste capítulo. O levantamento identificou 114 estratégias industriais formais, sendo que três quartos dessas estratégias (84) foram adotadas nos últimos 5 anos.

A Política Industrial e Seus Novos Temas

De acordo com World Investiment Report 2018 elaborado pela Conferência das Nações Unidas sobre Comércio e Desenvolvimento (Unctad), nos últimos dez anos, a política industrial recuperou popularidade entre os policy makers, tanto em países desenvolvidos como em países em desenvolvimento. Somente nos últimos cinco anos, pelo menos 84 países, que respondem por 90% do PIB mundial, anunciaram política industrial ou adotaram planos políticos explícitos de desenvolvimento industrial.

[3] Trabalho divulgado como Carta IEDI n. 881. Disponível em https://iedi.org.br/cartas/carta_iedi_n_881.html

Embora o conceito de política industrial varie na literatura econômica, existe consenso de que política industrial inclui políticas governamentais que afetam diretamente a estrutura da economia. Com essa definição, o escopo da política industrial é vasto, cobrindo um conjunto de ações que buscam ajudar o país a alcançar seus objetivos estratégicos mediante o fortalecimento das capacidades produtivas e da competitividade internacional. Isso inclui políticas verticais, focadas em indústrias específicas, bem como políticas horizontais que visam melhorar as condições operacionais e capacidades em vários setores.

Entre as razões para a proliferação de abordagens de política industrial através do mundo desenvolvido e em desenvolvimento, o estudo destaca:

- A pressão para reduzir o desemprego e estimular o crescimento após a crise financeira global;
- A intensificação da concorrência no comércio, investimento e tecnologia a partir do sucesso das economias de rápido crescimento do Leste e Sudeste da Ásia;
- O temor de desindustrialização prematura nas economias de renda média e de "perder o barco" nas economias de baixa renda;
- A importância das cadeias globais de valor, que exige fortalecimento das capacidades do setor industrial e concomitantes políticas de apoio aos serviços relacionados e os regimes regulatórios e de facilitação;
- As metas de desenvolvimento sustentável e de crescimento inclusivo que exigem ações proativas dos governos.

Países em todos os estágios de desenvolvimento estão fazendo uso da política industrial. Entre os países em desenvolvimento, a principal motivação reside no fato de que são raros os casos daqueles que conseguiram se desenvolver sem se apoiar no setor industrial, explorando circunstâncias especiais, como recursos naturais abundantes, localização privilegiada e um ambiente fiscal favorável para serviços financeiros.

Já os países desenvolvidos estão atualmente totalmente engajados em políticas industriais com o objetivo de interromper o declínio de sua atividade industrial, experimentado durante o período de rápida globalização nos anos 1990 e 2000 e durante a crise financeira global. Esses países têm adotado crescentemente ações voltadas à reconstrução de suas bases industriais – por meio de incentivos, subsídios e investimentos públicos – e ao posicionamento estratégico em áreas tecnológicas avançadas.

Em contraste com as políticas industriais centralizadoras do passado, que tendiam a proteger indústrias específicas, as políticas industriais atuais são mais ágeis, interativas, inclusivas, flexíveis e integradas com outras áreas de política e atentas a desafios abrangentes, como o desenvolvimento sustentável. Além disso, o investimento direto estrangeiro (IDE) e as operações das empresas multinacionais tornaram-se parte integral, explícita ou implicitamente, das políticas contemporâneas em muitos países, em diferentes estágios de desenvolvimento.

Como pode ser verificado na tabela abaixo, as políticas industriais contemporâneas são cada vez mais diversas e complexas, enfocando novos temas e incluindo um conjunto amplo de objetivos, que vão além do desenvolvimento industrial convencional e da transformação estrutural, tais como: integração nas cadeias globais de valor (GVC), modernização, desenvolvimento de economia do conhecimento, construção de setores vinculados às metas de desenvolvimento sustentável e posicionamento competitivo para a nova revolução industrial (NRI).

Evolução na Política Industrial e Novos Temas

			Políticas Industriais Modernas	
	Até os anos 1970	**Anos 1980-1990**	**Anos 2000 e em curso**	**Recente**
Características-chave/temas	• Industrialização e transformação estrutural	• Estabilização, liberalização e laisse-faire	• Economia do conhecimento	• Nova Revolução Industrial (NRI)
			• Cadeias globais de valor (GVCs)	• Desenvolvimento sustentável
Objetivos de política	• Criação de mercado, diversificação	• Modernização liderada pelo mercado	• Especialização e aumento de produtividade	• Desenvolvimento de ecosistema industrial moderno
Elementos principais	• Substituição de importação	• Envolvimento limitado do governo	• Estratégias direcionadas em economias abertas	• Desenvolvimento de capacidades técnicas
	• Proteção da indústria nascente	• Políticas mais horizontais	•Melhoria do ambiente de negócio	• Inovação na produção (tecnologia operacional)
	• Desenvolvimento setorial	• Abertura ao investimento direto estrangeiro (IDE)	• Desenvolvimento digital e difusão das tecnologias de comunição e informação	• Economias de aprendizagem
	• Abertura gradual e seletiva à concorrência	• Exposição à concorrência	• Participação nas redes globais de produção	• Desenvolvimento do setor de desenvolvimento sustentável
			• Promoção do IDE combinado com estratégias de proteção de indústrias estratégicas	• Instituições público-privadas de desenvolvimento de conhecimento/tecnologias
			• Apoio a pesquenas e médias empresas	• Aquisição de tecnologias estrangeiras
			• Desenvolvimento de habilidades e competências	• Desenvolvimento do empreendedorismo
Ambiente de Política	• Elevada legitimidade política para as estratégias nacionais de desenvolvimento	•Baixa legitimidade para estratégias intervencionistas	• Recuperação da legitimidade para as estratégias nacionais de desenvolvimento	•Mais espaço para política em novos campos
		• Limitação do espaco para políticas mediante acordos internacionais	• Espaço moderado para políticas em áreas selecionadas	• Maior ênfase em inclusão

Extraído de Unctad. *World Investment Report,* 2018, pg. 130.

O desenvolvimento digital, a melhoria nas infraestruturas de conectividade da internet e a ampla adoção pelas empresas das tecnologias de informação e comunicação (ICT) também são alvo importante das políticas industriais recentes. As tecnologias de informação propiciaram oportunidade para aumentar a produtividade nos diversos setores e para a criação de novos setores de atividade econômica. Isso ampliou o escopo da política industrial do foco único na indústria de transformação para incluir serviços adjacentes ao setor industrial. Países como Costa Rica, Índia e Filipinas ampliaram com sucesso suas participações nas GVC mediante operações terceirizadas baseadas em ICT.

Nos últimos cinco anos, segundo a Unctad, a transformação digital e o desenvolvimento tecnológico operacional da indústria manufatureira tornaram-se o motor tecnológico das políticas industriais. Um crescente número de países está adotando políticas explicitamente vinculadas à nova revolução industrial: aplicação de novas tecnologias digitais, robótica avançada, impressão 3D, big data e internet das coisas nas cadeias de fornecimento da indústria de transformação. Tais políticas enfatizam a promoção da capacidade industrial nas novas áreas tecnológicas, a proteção de desenvolvimento tecnológico ou a mitigação dos efeitos negativos das tecnologias disruptivas. Essas últimas formas de política industrial estão proliferando especialmente entre países anteriormente avessos à política industrial, como é o caso do Reino Unido.

Os objetivos da política industrial também começaram a incorporar preocupações com o desenvolvimento sustentável, as quais se expressam no quadro regulatório no qual as empresas industriais operam e nas preferências setoriais e políticas seletivas de apoio. Alguns países têm explicitamente incluído metas de desenvolvimento de setores específicos com foco em novas indústrias de energia limpa. As políticas voltadas à NRI incluem preocupações com seu próprio desenvolvimento sustentável, relacionadas ao crescimento inclusivo e aos impactos sobre o emprego das tecnologias industriais avançadas.

O resultado dessa evolução é maior complexidade das políticas industriais. As abordagens tradicionais de escolha do vencedor e os instrumentos clássicos de política de proteção seletiva e de substituição de importação, há muito tempo, deram lugar a métodos mais sofisticados para facilitar a inovação tecnológica e eliminar gaps de produtividade, construindo sistemas e mecanismo de coordenação para promover atividades interconectadas com impacto horizontal.

As políticas industriais mais recentes utilizam de forma significativa em um amplo leque de instrumentos e medidas de suporte que visam aprimorar infraestrutura, educação,

treinamento, desenvolvimento empresarial, construção de clustere vínculos, empreendedorismo, inovação, acesso a financiamento e políticas sociais.

Em razão dessa complexidade, na avaliação da Unctad, a política industrial moderna deve ser vista como a combinação de medidas e estratégias interativas e intervenções de cima para baixo (top-down) e de baixo para cima (bottom-up). Os pacotes de políticas se caracterizam por múltiplas camadas, com impacto no nível da empresa, da indústria e do sistema industrial. Esse último vai além da indústria de transformação e inclui infraestrutura e serviços complementares que são essenciais para a criação de capacidade produtiva. Medidas de política para aperfeiçoar o cenário macroeconômico, social e ambiental no qual a indústria se desenvolve constituem a base do pacote geral da política industrial. Modelos multicamadas e multidimensionais têm surgido em resposta à necessidade de flexibilidade e de seletividade no desenho desses pacotes, como será visto a seguir.

Modelos recentes de política industrial

A Unctad realizou um levantamento das políticas industriais e estratégias de desenvolvimento industrial. Foram consideradas apenas estratégias abrangentes formalmente adotadas pelos governos desde 2008, com objetivos específicos de desenvolvimento industrial, com foco na indústria de transformação, setores de serviços adjacentes e infraestrutura industrial habilitadora. Foram deixadas de lado, estratégias com temas específicos (PME, empreendedorismo, desenvolvimento digital), estratégias específicas para industriais individuais ou estratégias focando somente infraestrutura de serviços.

Com base nesses critérios, foram incluídas 114 políticas formais de 101 economias. A amostra cobre economias em todas as regiões e inclui 30 estratégias formuladas por economias desenvolvidas e 84 estratégias emitidas por economias em transição e em desenvolvimento, dentre os quais os países dos BRICS (Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul) e 24 países menos desenvolvidos (LDCs, na sigla em inglês). Mais de três quartos das estratégias da amostra (84) foram adotados nos últimos cinco anos.

Segundo o estudo, alguns dos países possuem mais de uma política industrial. Esses países podem ter uma política industrial nacional com foco em manufatura avançada e no posicionamento para a NRI, mas também mantêm a política industrial precedente com foco no fortalecimento da competitividade geral da indústria e no estímulo de setores manufatureiros específicos, casos, por exemplos da Hungria e da Argentina.

Alguns países integraram seus planos de desenvolvimento industrial em estratégias amplas de desenvolvimento econômico.

Na amostra de estratégias analisadas, são inúmeros os objetivos das políticas industriais. A maioria delas compartilha os objetivos de fortalecer a competitividade, criar empregos e promover o crescimento e o desenvolvimento econômico. Cerca de metade das estratégias visa desenvolver indústrias específicas, incluindo novas ou indústrias infantes. Quase metade enfatiza o desenvolvimento sustentável. Um quinto das estratégias menciona outras metas como diversificação econômica, redução da pobreza e proteção da segurança nacional.

A vasta maioria das estratégias pesquisadas contém políticas horizontais para o desenvolvimento industrial abrangente, construção de capacidade industrial, modernização tecnológica e reforço das competências e habilidades. Nenhuma delas foca exclusivamente no desenvolvimento de indústrias específicas. Cerca de 40% das estratégias combinam medidas de política horizontal com medidas para promover a constituição de setores industriais específicos, em particular em indústrias baseadas em recursos naturais ou indústrias leves. Um pouco mais de um terço foca principalmente em políticas horizontais, em alguns casos adicionando objetivos de catch-up em indústrias de alta tecnologia (por exemplo, indústria de engenharia). Um quarto das estratégias analisadas, em particular, nos países desenvolvidos, tem foco específico no desenvolvimento das indústrias de manufatura avançada, impulsionado pela NRI.

Elementos da política industrial tradicional ainda são comuns entre os grupos de países que necessitam construir capacidades produtivas básicas. Porém, esses agora são combinados com elementos de outros modelos de política industrial, especialmente aqueles que fortalecem a produtividade horizontal. E enquanto estratégias industriais explícitas focando a NRI são atualmente adotadas, sobretudo, pelos países desenvolvidos e por algumas poucas economias emergentes, inúmeras políticas industriais nos países em desenvolvimento estão implicitamente lidando com as consequências da adoção de tecnologias avançadas nas cadeias suprimento da indústria de transformação.

Cerca de 70% das estratégias incluem referência a instrumentos de promoção de exportação. Instrumentos clássicos de política industrial também continuam integrando o kit de ferramenta das modernas políticas industriais. Por exemplo, 27 estratégias fazem referência à substituição de importação como um possível meio para o desenvolvimento de capacidade produtiva doméstica. Todavia, apenas 10% das

estratégias definem explicitamente medidas de proteção do mercado doméstico (suporte de incubação para indústria nascente e tarifas temporárias).

Mais de 90% das estratégias estabelecem a intenção de gasto governamental no apoio do desenvolvimento industrial para viabilizar infraestrutura industrial, zonas industriais ou parques de alta tecnologia ou programas de pesquisa e de qualificação. Parceiras Público-Privadas (PPP) constam de mais de dois terços das recentes políticas industriais. PPP são utilizadas para estimular atividades em áreas nas quais o setor privado sozinho é mais relutante para investir.

De acordo com o estudo, nas modernas políticas de desenvolvimento industrial, os países tendam a adotar uma abordagem pragmática, utilizando um conjunto de medidas que combinam substituição de importação com promoção de exportação e medidas de apoio a indústrias específicas com elementos de políticas horizontais de facilitação dos negócios e construção de capacidades. Todavia, é possível identificar amplas categorias de política industrial com base em alguns poucos critérios fundamentais, tais como os graus de especificidade setorial das políticas, de intervenção governamental, de abertura à competição externa e de orientação às exportações.

Um critério taxonômico adicional pode ser o modelo de governança e o grau de abrangência e detalhamento das estratégias de desenvolvimento industrial. Inúmeras estratégias adotam amplas abordagens centralizadas, cobrindo todos os aspectos do desenvolvimento industrial e estabelecendo metas explícitas de desenvolvimento bem como as linhas de ações pelas quais as metas serão alcançadas (exemplos, estratégias das economias do Leste da Ásia, bem como do Brasil, índia e África do Sul).

Com base nesses critérios, a Unctad propõe uma taxonomia de modelos de política industrial, agrupando as estratégias de desenvolvimento industriais em três amplas categorias:

- **Construção da base industrial (build-up)**. As estratégias de construção da base industrial, que representam 40% da amostra analisada, tendem a enfatizar a melhoria da infraestrutura física (portos, rodovias, aeroportos, energia e telecomunicação) como parte integrante da política industrial. Em adição, priorizando o desenvolvimento de um conjunto de setores industriais específicos, essas estratégias frequentemente impulsionam o desenvolvimento das empresas e visam melhorar o acesso das PMEs ao financiamento.

- **Catch-up.** As estratégias de catch-up, que correspondem a 36% da amostra, priorizam o desenvolvimento de competências e habilidades, o apoio às PMEs e

à constituição de vínculo, a promoção de exportação. As compras governamentais estratégicas são instrumento de promoção importante do desenvolvimento das empresas domésticas.

- **Baseado na NRI**. Representando 24% da amostra, as estratégias baseadas na NRI enfatizam o fortalecimento dos ecossistemas industriais, com PPP orientadas à inovação, instituições de P&D e elementos comuns de infraestrutura leve.

Essas três amplas categorias de modelos de estratégias de desenvolvimento industrial correspondem, em alguma medida, a estágios de desenvolvimento, mas não são mutuamente exclusivas. As políticas impulsionadas pela NRI são claramente restritas a países de renda alta e de renda média-alta. Porém, esses países podem também incluir elementos de catch-up em suas políticas industriais, como é o caso da estratégia industrial recente do Reino Unido.

Modelos Recentes de Política Industrial

Participação na amostra (%) e número de estratégias por grupo de paises

Modelos de política/Grupo de paises	Alta renda	Renda média-alta	Renda média-baixa	Baixa renda
Baseado na nova revolução industrial (NRI) - 24%	22	5		
Catch up - 36%	14	8	11	8
Construção da base industrial - 40%		14	22	10

Fonte: Unctad, 2018, pg. 141.

Já a distribuição por grupo de nível de renda das políticas de construção da base industrial e de catch-up é bem menos linear. Uma razão-chave para isso reside no fato de que várias economias emergentes (renda média-alta) combinam elaboradas políticas de catch-up com políticas de constituição de indústrias específicas formuladas separadamente. A distinção entre as duas categorias se dá pela ênfase relativa em políticas verticais versus políticas horizontais e nos instrumentos empregados.

Dimensões-chave dos Modelos de Política Industrial

Dimensões-chave	Modelos de política industrial		
	Construção da base industrial	*Catch up*	Baseado na nova revolução industrial (NRI)
Grau de especificidade setorial	Principalmente vertical (indústrias específicas)	Principamente horizontal combinado com objetivos para múltiplas indústrias	Principalmente horizontal, com elementos de novas indústrias específicas
Grau de intervenção	Relativamente mais dirigido pelo governo	Mais dirigido pelo mercado, focado em facilitadores	Misto, com proteção e suporte para novas indústrias, e PPP
Grau de abertura à concorrência externa	Seletivo e com abertura gradual à concorrência	Foco na concorrência internacional	Principalmente aberto, com salvaguardas para tecnologias estratégicas
Grau de orientação às exportações	Impulsionado pela demanda doméstica e regional	Orientado à exportação, integração com as cadeias globais de valor (GVC)	Misto

Extraído de Unctad, 2018, pg. 145.

Esses três modelos de política estão longe de serem modelos fechados. Todas as políticas do modelo de construção da base industrial contêm medidas horizontais para ampliação a competitividade, os modelos de catch-up promovem inovação e a adoção de novas tecnologias e os modelos impulsionados pela NRI utilizam mecanismos de build-up para novas industriais.

Como será visto no próximo item, os pacotes de política de investimento nesses três modelos também utilizam instrumentos similares, embora com diferentes foco e intensidade.

Política de Investimento como Instrumento do Desenvolvimento Industrial

As políticas nacionais de investimento estrangeiro, ou seja, políticas para atrair, ancorar, aprimorar e regular o investimento direto estrangeiro (IDE), são parte integrante e essencial das políticas industriais. Mais do que um fluxo de capital que pode estimular o crescimento econômico, o IDE é um pacote de ativos que inclui capital de longo prazo,

tecnologia, acesso a mercado, habilidade e know-how, os quais são cruciais para o desenvolvimento industrial. Porém, como muitos dos benefícios potenciais dos investimentos estrangeiros não se materializam automaticamente, políticas para maximizar os transbordamentos positivos para o desenvolvimento industrial doméstico são uma característica comum da política industrial.

Ao longo do tempo, como as políticas industriais atravessaram diferentes fases e modelos, o kit de ferramentas utilizados nas políticas de investimento também evoluiu. As antigas políticas industriais, primariamente relacionadas à substituição de importações, fizeram uso extensivo das restrições ao capital estrangeiro e dos requerimentos de desempenho. As políticas industriais orientadas às exportações acarretaram um expressivo aumento no uso de instrumentos de promoção seletiva do investimento e de medidas para potencializar os transbordamentos positivos. Mais recentemente, medidas horizontais de facilitação dos investimentos e foco em investidores estratégicos tornaram-se mais proeminentes.

De acordo com a Unctad, a política de investimento não é, todavia, um pacote discreto no arcabouço geral da política industrial. Ela permeia a maioria das estratégias e medidas que constituem a política industrial. A política de investimento pode focar em fatores-chave do lado da oferta, da promoção do investimento em infraestrutura a políticas de estímulo a interação entre os investidores estrangeiros e as PMEs locais para construir habilidades e difundir tecnologias. Pode igualmente focar todos os níveis, de incentivos a empresas individuais a medidas abrangentes de facilitação do investimento para suporte do sistema industrial.

Medidas de estímulo à demanda doméstica, como políticas de compras governamentais, também estão estreitamente vinculadas às políticas de investimento (especialmente quando tais políticas discriminam os investidores estrangeiros). Finalmente, estratégias de promoção das exportações e aumento da participação ou apoio a modernização na GVC também são parte integrante da política de investimento.

Diferenças na formatação da política industrial resultam em significativa variação na política de investimento e no arcabouço regulatório entre os países. A política de investimento é guiada pelas estratégias de desenvolvimento industrial. Nos países menos desenvolvidos, o arcabouço regulatório tende a se concentrar na proteção dos investidores, de modo a superar deficiências estruturais na atração do IDE. As economias emergentes tendem a ter um sistema regulatório de investimento construído no âmbito dos modelos tradicionais de política industrial, os quais foram sendo gradualmente modificados para incluir tanto focos em setores específicos como

um sistema mais orientado de políticas horizontais. Já as economias desenvolvidas, que evitaram por muito tempo políticas seletivas de investimento, também estão adotando regulações mais seletivas e mecanismos de triagem de IDE.

A maioria dos pacotes recentes de política industrial, senão todos eles, têm componentes de política de investimento dirigidos ao sistema industrial (indústria de transformação, serviços complementares e infraestrutura industrial). A grande maioria é transversal e apenas 10% foca em indústrias manufatureiras específicas. Muitos países adotam estratégias explicitas de investimento estrangeiro (China, Índia, Quênia). Em outros, o IDE constitui um importante elemento da estratégia industrial (exemplo, Reino Unido que na sua recente estratégia industrial sublinhou a importância de atrair IDE e de direcionar o IDE existente para atividades de alto valor adicionado).

Em linha com os modelos de política industrial, as medidas mais frequentes estão relacionadas com incentivos ao investimento sob a forma de redução de impostos e tarifas ou apoio financeiro, mediante empréstimos e recursos concessionais nos setores-alvo, requerimentos de desempenho, zonas econômicas especiais (incluindo, cluster, incubadoras e parques tecnológicos), facilitação de investimento, investidor-alvo e procedimentos de triagem e monitoramento. Outros instrumentos, em particular a proteção dos investimentos e as regras de resolução de controvérsias não diretamente servem às políticas industriais, mas podem afetá-las indiretamente.

O estudo destaca que os instrumentos-chave para a política industrial integram uma política de investimento mais ampla, que compreende iniciativas e atividades que são menos facilmente categorizáveis. Sobretudo porque, em geral, não se traduzem em leis ou medidas de políticas, como as atividades das agências de promoção de investimento, os programas de criação de vínculo entre as empresas, os programas de capacitação envolvendo as multinacionais e seus fornecedores ou parcerias de pesquisa entre empresas e instituições públicas. Essas políticas amplas desempenham, contudo, um papel central na transformação estrutural e na modernização industrial.

Todos os três modelos abrangentes de desenvolvimento industrial utilizam similares categorias de instrumentos de política de investimento. Como pode ser observado na tabela abaixo, as principais diferenças entre esses modelos e entre os países em distintos níveis de desenvolvimento residem em ênfases no uso dos instrumentos em um nível mais granular. Os incentivos podem ter como alvo diferentes setores prioritários e assumir diferentes formas. Podem também ser combinados com diferentes requerimentos de desempenho. As zonas especiais podem ter como foco desenvolvimento de atividade industrial geral para geração de emprego ou

especificamente se centrar na participação de GVCs ou em setores de alta tecnologia, enquanto os procedimentos de triagem ou limitação à entrada de IDE podem se aplicar a diferentes indústrias ou assumir diferentes graus de intensidade.

Instrumentos de Política de Investimento nas Estratégias de Desenvolvimento Industrial
Por tipo e grupo econômico, em % da amostra

Tipo de modelo /Grupo		Incentivos	Zonas especiais/ incubadoras	Facilitação de Investimento	Entrada e instalação		
					Liberalização	Restrição*	Exigência de desempenho
Modelo de política industrial	Construção da base industrial	87	85	85	20	7	30
	Catch up	93	76	88	17	2	5
	Baseado na NRI	100	74	48	4	0	4
Grupo econômico	Desenvolvidos	97	83	67	3	0	3
	Em desenvolvimento	92	78	82	18	5	20
	Menos desenvolvidos	96	92	88	17	8	25

Fonte: Unctad, 2018, pg 143 e 144.

Nota: * Não inclui procedimentos de triagem.

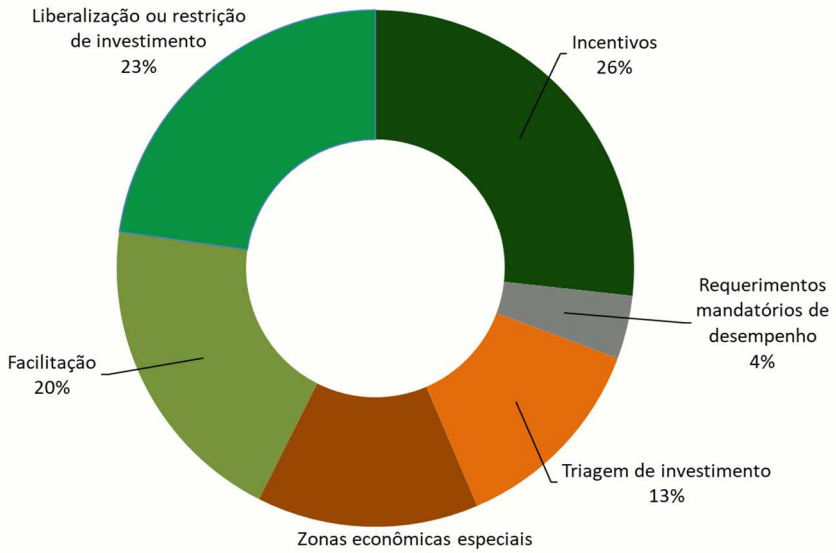
As estratégias de criação de base industrial focam em incentivos para atrair investimentos em indústrias de infraestrutura industrial básica e em setores industriais leves, que são frequentemente um primeiro passo para o desenvolvimento industrial. As estratégias de catch-up visam atrair atividades de alto valor agregado em GVCs por meio de incentivos dirigidos a setores e atividades para promoção da modernização tecnológica. Podem incluir promoção de investimento dirigido com foco na construção de clusters e redes regionais de produção. Já as estratégias baseadas na NIR se concentram muito menos no desenvolvimento de infraestrutura e mais no desenvolvimento de tecnologia, inclusive por meio de vários tipos de colaboração público-privada.

Os incentivos fiscais permanecem como o instrumento mais comumente usado para a política industrial. Eles são utilizados em praticamente todos os pacotes de política e em cada um dos estágios de desenvolvimento. Eles são comuns nos países desenvolvidos, onde os pacotes de incentivos têm, no decorrer do tempo, sido projetados para projetos de investimento específicos, em concorrência com os locais vizinhos (inclusive entre países da UE ou entre os estados nos EUA). Seu uso também é bastante difundido entre os países em desenvolvimento: três quartos dos países em desenvolvimento usam incentivos fiscais, como isenções fiscais, alíquotas preferenciais ou impostos.

Medidas específicas de liberalização ou restrição do IDE são relativamente mais comuns nos países em desenvolvimento e nos LDC. As economias maduras são mais abertas ao IDE e aos investimentos no setor industrial. A recente introdução de novas medidas de triagem do IDE no setor industrial nas economias desenvolvidas não está contemplada nas declarações de política industrial nacional. Os requerimentos de desempenho são largamente confinados aos LDC. Esses requerimentos também ocorrem nos países em desenvolvimento vinculado a incentivos.

Dentre as medidas de política de investimento servindo ao propósito de política industrial, adotadas no período 2010-2017, mais de um quarto referem a incentivos, seguido por liberalização ou restrição de IDE e facilitação de investimento. Os mecanismos de triagem de investimento em indústrias estratégicas ou por razão de segurança nacional respondem, respectivamente, por 13% e 4% (Gráfico abaixo).

Medidas de Políticas de Investimento com Propósito de Política Industrial por tipo, 2010-2017 (% do total, n=387)



Extraído de Unctad, 2018, pg. 147.

A pesquisa realizada pela Unctad indica que incentivos ao investimento introduzidos a partir de 2015 por países membros e não membros da Organização Mundial do Comércio (OMC), beneficiando o setor manufatureiro, cobrem três tipos de esquema: horizontal, setor específico e indústria específica. Dois terços dos esquemas de incentivos se aplicam a setores da indústria de transformação (80 esquemas em 50 países), com destaque para as indústrias automotiva, eletrônica e alimentar. Porém, esquemas horizontais, que se aplicam a todos os setores, tendem a focar em atividades específicas como o P&D e outras contribuições ao desenvolvimento industrial.

Os incentivos fiscais predominam, embora incentivos financeiros sejam usados para setores prioritários. Nos esquemas que beneficiam o setor manufatureiro, os incentivos fiscais representam mais de 70% dos incentivos. Como pode ser visto na Tabela abaixo, a redução ou isenção do imposto de renda corporativo representa 26%, seguido por redução ou isenção de taxas aduaneiras (20%).

Incentivos ao Investimento na Indústria de Transformação*, por tipo, %

Tipo de incentivo		%
Fiscal	Redução ou isenção de imposto corporativo	26
	Redução ou isenção de taxas aduaneiras	20
	Redução ou isenção de outros tributos e comissões	14
	Redução ou isenção de imposto sobre valor adicionado	14
Financeiro	Subvenção financeira	12
	Alocação de terreno/custo subsidiado de *leasing*	6
	Empréstimos preferenciais e garantias	6
	Outros	4

Fonte: Unctad, 2018, pg 151.
Nota: * Amostra de 80 esquemas de incentivos, beneficiando a indústria de transformação em 50 países.

Requerimentos de desempenho, em geral vinculados aos incentivos, são também amplamente utilizados para maximizar a contribuição das multinacionais ao desenvolvimento industrial, mas muito da sua funcionalidade pode ser alcançada por meio de mecanismos de incentivo baseados em custo, melhor desenhados. O levantamento realizado pela Unctad confirma que cerca de 80% dos esquemas de incentivos fazem uso de requerimentos de desempenho.

Na indústria de transformação, o requerimento mais frequente é o mínimo de capital investido, seguido por contribuições ao P&D e inovação tecnológica e criação de emprego. Entre os países em desenvolvimento, os requerimentos de P&D estão se tornando cada vez menos frequente, dado o reconhecimento de que as empresas dificilmente estabelecem atividades de P&D na ausência de competências técnicas e capacidade local para absorver, adaptar e desenvolver tecnologias e know-how. Similarmente, exigências de transferência de tecnologia estão se tornando menos comum. Nesse caso, a principal razão é a extrema dificuldade de fazer cumprir e monitorar tais requerimentos. Requerimentos de conteúdo local e de exportações são menos comuns, porque, na maioria dos países, conflita com regras da OMC, em

particular com o acordo TRIM. Porém, em 30% dos países são encontrados esses tipos de exigências. Exigências de joint ventures são atualmente raras no setor manufatureiro e nos setores de serviços adjacentes.

As zonas econômicas especiais (SEZs, na sigla em inglês) são também importante instrumento de desenvolvimento industrial em inúmeros países. As SEZs assumem várias formas dependendo da estrutura industrial, do ambiente institucional e dos objetivos gerais de política, e continuam a se diversificar. Segundo a Unctad, existem atualmente 4.500 SEZs em todo o mundo, inclusive em países desenvolvidos, como Estados Unidos, Irlanda e Nova Zelândia. Inúmeras medidas recentes de política de investimento fazem referência às zonas especiais, incluindo a criação de novas zonas ou modificando os esquemas de incentivos a elas vinculados.

As modernas políticas industriais têm, segundo a Unctad, reforçado as iniciativas de facilitação dos investimentos que até recentemente desempenhavam um papel secundário no arcabouço das políticas de investimento. Muitos países em desenvolvimento têm utilizado a facilitação de investimento como uma das medidas horizontais chave de suas estratégias de desenvolvimento, dado que os obstáculos administrativos são frequentemente apontados pelos investidores como um importante impedimento para os negócios. De acordo com Unctad, entre 2010 e 2017, ao menos 261 políticas de promoção e facilitação de novos investimentos foram introduzidas à escala mundial.

No que se refere à entrada e instalação do capital estrangeiro, a Unctad destaca que os setores da indústria de transformação raramente são afetados pela restrição absoluta à propriedade estrangeira. Essas restrições permanecem comuns, todavia, em áreas do setor de infraestrutura relevantes para o desenvolvimento industrial, como utilidades públicas, transporte. Porém, medidas adotadas ao longo da última década removeram ou relaxaram restrições formais à propriedade estrangeira.

Cerca de 80% das políticas de IDE adotadas desde 2010 aboliram ou relaxaram os limites de propriedade estrangeira. Todavia, regras de entrada e procedimentos têm se tornaram um pouco mais duras com a adoção de mecanismo de triagem, inclusive em países desenvolvidos que adotam o modelo de política industrial baseado na NRI, os quais na prática podem bloquear tais investimentos. Embora esse instrumento tenha emergido incialmente por considerações de segurança nacional, seu uso foi sendo estendido para a defesa de interesses nacionais amplos, incluindo proteção de indústrias estratégicas, infraestrutura crítica e tecnologias-chave.

Investimentos realizados por empresas estatais estrangeiras em indústrias estratégicas são particularmente sensíveis. Nos EUA, o Ato de Investimento Estrangeiro e Segurança Nacional exige uma investigação obrigatória em caso de investimento controlado por governo estrangeiro. Também na Rússia, empresas estatais estrangeiras são proibidas de adquirir participação majoritária em empresas domésticas com importância estratégica para a defesa nacional e segurança do Estado.

De acordo com a Unctad, o exame de procedimentos adotados em uma amostra de 17 países que possuem mecanismos formais de triagem revela que cinco explicitamente aplicam triagem para setores manufatureiros específicos, casos de Índia, Japão, Lituânia, Rússia e Reino Unido. Dois outros países utilizam esses mecanismos de seleção e triagem de IDE em tecnologias-chave de alto valor econômico, casos da China e Coreia do Sul.

Exemplos de Mecanismos de Triagem e Seleção de Investimentos Estrangeiros

Tipo de mecanismo	Paises	Critérios de triagem	Setores/Tecnologias
Mecanismo nacional geral de seleção intersetorial	Austrália	Interesse nacional	
	Canadá	Benefício líquido	
	China	Segurança econômica nacional	
	Finlândia	Interesses fundamentais da sociedade	
	Reino Unido	Interesse público	
	Estados Unidos	Segurança nacional	
Mecanismo de seleção de setores industriais específicos	Índia		Projetos relacionados a empresas farmacêuticas já existentes
	Japão	Efeitos adversos significativos sobre a boa gestão da economia	Indústria aeroespacial; indústria nuclear, farmacêutica e indústria de couro e peles
	Lituânia	Interesses de segurança nacional	Atividades de alta tecnologia
	Rússia		Indústria aeroespacial; indústria nuclear
	Reino Unido		Indústrias manufatureiras com especial importância para os interesses nacionais
Mecanismo nacional de seleção de investimento intersetorial com direcionamento tecnológico	China		Tecnologias-chave
	Coreia do Sul		Tecnologias nacionais-chave (com alto valor econômico e tecnológico ou com potencial de alto crescimento nas indústrias relacionadas ou com importância estratégica para a segurança nacional)

Fonte: Unctad, 2018, pg 161 e 162.

A tendência de utilização de mecanismo de triagem está se fortalecendo, sobretudo nos países desenvolvidos. A principal razão é manter o controle sobre a aquisição planejada de empresas estratégicas, infraestrutura crítica e tecnologias-chave por investidores estrangeiros, especialmente quando tais tecnologias são consideradas cruciais para a competividade em longo prazo da economia doméstica.

Endurecimentos adicionais nos arcabouços regulatórios estão em discussão em diversos países, em particular nas economias que adotam modelos de política baseada na NRI. Na União Europeia, por exemplo, foi proposta a adoção formal de um arcabouço regulatório de triagem, como reação ao crescente envolvimento de empresas estatais estrangeiras na região e suas buscas por tecnologias de ponta, bem como respostas as barreiras ao IDE existentes em seus mercados domésticos. Na França, o governo está efetuando uma revisão aprofundada dos mecanismos de controle de aquisição estrangeira em setores estratégicos, com inclusão de tecnologia de comunicação e informação, inteligência artificial, nanotecnologia, robótica, espaço, armazenamento de dados e infraestrutura financeira.

Os Impactos da NRI na Política de Investimento Industrial

Na avaliação dos pesquisadores da Unctad, a nova revolução industrial, baseada em tecnologias digitais e em cadeias de suprimento de manufatura avançada, coloca novos desafios para o desenho da política de investimento como parte das estratégias de desenvolvimento industrial. A NRI está mudando o processo de planejamento dos investimentos das empresas multinacionais, com importantes implicações para os padrões de investimentos transfronteiriços.

A NRI afeta decisões-chaves das multinacionais:

- **Investir**. Mais empresas estão escolhendo servir os mercados externos mediante modos de operação sem aporte de capital e comércio de serviço ao invés de capacidade industrial doméstica. Investimentos reversos e relocalização estão aumentando. Igualmente, novas tecnologias como comunicação M2M e impressão 3D conferem às empresas flexibilidade significativa para modificar a localização de suas operações mais frequentemente do que no passado.

- **Em qual configuração**. Novas tecnologias são projetadas para provocar mudanças fundamentais nas redes internacionais de produção, por exemplo, de centros regionais de produção de massa a produção distribuída.

- **Aonde investir**. Decisões locacionais das empresas multinacionais se baseiam crescentemente em diferentes critérios, no que se refere aos fatores de produção (do custo da mão de obra às habilidades e de infraestrutura física à infraestrutura digital) e ao ambiente de política (da proteção de ativos físicos a ativos intangíveis).

A NIR também acarreta mudanças no comportamento dos investidores estrangeiros nos países anfitriões. As transformações tecnológicas em curso afetam a rapidez com que as empresas multinacionais se engajam em joint ventures, para compartilhar tecnologias e dados, para treinar funcionários locais, bem como a relativa flexibilidade das operações.

Segundo a Unctad, tais mudanças têm profunda implicação para o desenho da política de investimento no contexto das estratégias de desenvolvimento industrial em economias desenvolvidas e em desenvolvimento. Como os determinantes do investimento evoluem, as vantagens competitivas dos países na atração do IDE mudam. Como a NRI está erodindo a importância das vantagens locacionais, a concorrência entre as SEZ deve aumentar ainda mais.

Os pacotes de política de promoção, facilitação do investimento e foco em investidor estratégico precisam levar em consideração essas mudanças. As regulações e as restrições ao investimento precisam seguir o ritmo das mudanças no comportamento do investidor e com o panorama em constante mudança dos investidores da alta tecnologia, da manufatura avançada e digitais.

Formuladores de políticas em economias maduras estão olhando de perto regulações e restrições ao investimento que não integraram, por décadas, os prévios modelos de desenvolvimento industrial. Os formuladores de políticas das economias emergentes estão crescentemente considerando políticas de investimento direto no exterior como parte integrante de suas estratégias de desenvolvimento industrial. Nas economias em desenvolvimento, os formuladores de política examinam as consequências da menor importância do baixo custo do trabalho e o aumento do peso das bases de suprimento local sofisticadas como elemento de atração do investimento estrangeiro.

O impacto da NRI no IDE é também relevante não somente para os países que apoiam explicitamente a indústria manufatureira. Robôs inteligentes podem afetar, por exemplo, o IDE nos setores de serviços, tais como os call-centresou atividade de back-office, os quais se tornaram pilares significativos de crescimento em inúmeros países em desenvolvimento.

A NRI também traz oportunidades para o desenvolvimento industrial dos países em desenvolvimento. Ainda que o impacto atual da NRI na maioria dos países em desenvolvimento seja comparativamente baixo, alguns desses países podem se tornar pioneiros e saltar para níveis competitivos mundiais com produtos e serviços de alta tecnologia desenvolvidos ou adaptados localmente. Produção distribuída para mercados locais ou regionais podem criar novas oportunidades para atrair investimentos em mercados de produtos, os quais eram previamente importadores.

Cadeias de suprimento reconfiguradas para a manufatura avançada podem resultar em novas oportunidades de conexão às GVCs.

Recomendação para o Design das Modernas Políticas Industriais e de Investimento

De acordo com a Unctad, as modernas políticas industriais, independente da variedade do modelo, tendem a seguir um conjunto de princípios ou critérios na busca dos objetivos de desenvolvimento dos países: abertura relativa, sustentabilidade, prontidão para a NRI, inclusão, coerência, flexibilidade e efetividade. As escolhas das políticas de investimento industrial precisam ser igualmente guiadas por esses critérios.

As políticas industriais são atualmente muito mais voltadas à competitividade internacional. Portanto, são desenhadas para maximizar os benefícios de atrair know-how e tecnologia para melhorar a capacidade produtiva doméstica, promovendo setores que podem ajudar a elevar a participação em GVCs para a economia como um todo.

O desenvolvimento sustentável é hoje um imperativo para todos os pacotes de política industrial. Mais e mais políticas industriais abrangentes, enfatizam o impacto ambiental e a inclusão social, incentivam o uso de energia renovável ou promovem indústrias específicas que respondem ao desafio da mudança climática. Muitos países desenharam estratégias nacionais dedicadas aos objetivos do desenvolvimento sustentável (ODS).

Os modelos de política industrial voltado à construção da base industrial e ao catch-up não podem mais ignorar as consequências da nova revolução industrial em curso. Isso é particularmente importante na esfera da política de investimento, onde os padrões da produção internacional e os investimentos transfronteiriços já estão formatados pelo impacto das tecnologias avançadas nas cadeias mundiais de suprimento e nas decisões de localização.

Um objetivo central da política industrial é, em geral, a criação de empregos. A razão da busca da transformação estrutural por meio da indústria é que essa gera amplas oportunidades de emprego. As modernas políticas industriais perseguem um delicado equilíbrio entre os objetivos de elevação da produtividade e a criação de empregos. A NIR pode, em particular, acarretar a substituição de empregos por tecnologias. Também amplia o risco de exacerbar o impacto comércio exterior no deslocamento de empregos e investimento. Modernas políticas industriais contêm medidas de mitigação e frequentemente especificam iniciativas direcionadas a regiões e populações

vulneráveis. Adicionalmente, algumas incluem provisões para encorajar um melhor equilíbrio de gênero.

Por natureza, a política industrial abrange intervenções entre os fatores de produção, desde infraestrutura e finanças a competências e tecnologias, que afetam empresas, setores e sistema industrial, e compreendem ainda questões de comércio e de investimento, nacional e internacional. As medidas em cada uma dessas áreas são interdependentes. Um número cada vez maior de países constata que abordagens descentralizadas orientadas a medidas e iniciativas, adotadas por níveis inferiores de governo, agências e associações industriais, ocasionam uma miríade de problemas de coordenação. Por essa razão, de forma crescente, veem sendo adotadas políticas industriais nacionais abrangentes para melhorar a coerência e a consistência na execução.

Muitos países, inclusive aqueles que até recentemente rejeitavam a ideia de política industrial, estão adotando planos nacionais de desenvolvimento industrial para fortalecer a coordenação. Na maioria dos casos, esses planos não substituem capacidade de implementação descentralizada por sistemas rígidos. Muitas dessas novas políticas industriais definem uma direção estratégica, deixando espaço para iniciativas em múltiplos níveis. Os pacotes de políticas industriais podem incluir dezenas de pacotes de escopo mais restrito focados em setores específicos, fatores de produção ou camadas do sistema industrial. A flexibilidade que essa governança de baixo para cima pode oferecer é ainda mais importante no contexto da NIR, devido às direções incertas da mudança tecnológica.

Na avalição da Unctad, as práticas da política de investimento nos principais domínios de incentivo ligados à política industrial precisam evoluir à luz do desenvolvimento da política industrial moderna e da NRI. A efetiva interação entre política industrial e política de investimento implica escolher os instrumentos “corretos” de política de investimento para propósitos específicos de política industrial e criar sinergias entre eles. Também significa monitorar o sucesso da política de investimento em busca da política industrial e a prontidão para corrigir interações ineficazes de políticas.

Os incentivos ao investimento devem permanecer como um importante instrumento de política nessa nova era de políticas industriais. A Unctad considera que as políticas precisam ser mais bem enquadradas por meio da utilização de mecanismos de incentivos mais inteligentes, como os incentivos fiscais baseados em custo. Igualmente, além do monitoramento da efetividade dos incentivos, é importante que as medidas

sejam aplicadas com um horizonte temporal limitado e com mecanismo de eliminação progressiva.

A NRI também está aumentando a competição entre os países por investimentos de alto valor agregado e de alta tecnologia. Porém, para a Unctad, a proliferação de incentivos fiscais deve ser evitada para minimizar o risco de concorrência fiscal prejudicial entre os países. Os países também precisam evitar o risco de violar as disposições dos Acordos da OMC.

No que se refere aos mecanismos de triagem ou revisão de IDE, o estudo defende que é necessário encontrar um equilíbrio regulatório entre os interesses legítimos do país anfitrião em monitorar a entrada da IDE, por um lado, e um grau de previsibilidade e transparência para os investidores, por outro. Seria desejável que as revisões em função da segurança nacional fossem limitadas a defesa e segurança, deixando o investimento nos demais setores sujeito a procedimentos separados de triagem relacionados à política industrial, com critérios claros e transparentes publicamente disponíveis.

Na avaliação da Unctad, o sucesso de estratégia de desenvolvimento sustentável requer, além da interação efetiva das políticas industriais com as políticas de investimento, que os governos adotem uma abordagem holística e integral para criar sinergias e reforçar mutuamente os diferentes conjuntos de políticas (macroeconômica, industrial, de comércio e investimento, sociais e ambientais). Tal abordagem evitaria efeitos de inconsistência e de compensação.

2.2. Ações para se Adequar à Era Digital[4]

Introdução

As tecnologias digitais vêm transformando a maneira como as pessoas se comunicam, aprendem, trabalham e compram. Para as economias em desenvolvimento, a digitalização traz expectativa de abertura de novos setores, de promoção de novos mercados, de impulso à inovação e de ganhos de produtividade, necessários para elevar os padrões de vida da sociedade.

Porém, para que o mundo digital cumpra suas promessas em termos de desenvolvimento será necessário que os governos dos países emergentes adotem um programa ambicioso de apoio à infraestrutura e treinamento de habilidades, combinado com uma estratégia abrangente e uma ampla gama de políticas para enfrentar potenciais efeitos adversos sobre a estrutura do mercado, a inovação e a distribuição dos benefícios da digitalização. Esta é a visão sustentada pela Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento e Comércio (Unctad) que será analisada neste capítulo.

Futuro Digital nos Países em Desenvolvimento

Em seu último relatório anual sobre Desenvolvimento e Comércio, cujo título é "Poder, Plataformas e a Ilusão do Livre Comércio", a Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento e Comércio (Unctad, na sigla em inglês) discute, no capítulo 3, as oportunidades e os desafios que o avanço da digitalização coloca para os países em desenvolvimento. As tecnologias digitais, tais como a robótica e inteligência, manufatura aditiva, internet industrial das coisas e *blockchain*, baseiam-se em informações registradas em código binário (*bits*), que permitem o armazenamento de enormes quantidades de palavras e imagens em pequenos dispositivos transportáveis e facilmente preserváveis.

Na avaliação da Unctad, as tecnologias digitais já transformaram a maneira como as pessoas se comunicam, aprendem, trabalham e compram. Essas tecnologias também estão mudando a geografia da atividade econômica por meio de seus impactos na

[4] Trabalho divulgado como Carta IEDI n. 904. Disponível em https://iedi.org.br/cartas/carta_iedi_n_904.html

estratégia corporativa, comportamento de investimento e fluxos de comércio. Contudo, o uso industrial dessas tecnologias, que reduzem os custos e aceleram a velocidade da transmissão de dados, ainda está em diferentes estágios de desenvolvimento.

Enquanto, desde 2010, se observa um rápido crescimento dos robôs industriais nos países desenvolvidos e em alguns países em desenvolvimento mais avançados na industrialização, o uso de manufatura aditiva (ou impressão 3D) na produção industrial ainda está em um estágio inicial, em razão do custo bastante levado. Espera-se que, ao longo da próxima década, haja maior acessibilidade a essa tecnologia, bem como às tecnologias de *big data*, computação nas nuvens e inteligência artificial.

De uma perspectiva de desenvolvimento, a promessa da digitalização é que ela abrirá novos setores, promoverá novos mercados, impulsionará a inovação e gerará os ganhos de produtividade necessários para elevar os padrões de vida nos países em desenvolvimento. Contudo, para muitos países em desenvolvimento, alcançar os benefícios de um novo futuro digital exigirá programas ambiciosos de apoio à infraestrutura e treinamento de mão de obra, combinados com uma estratégia abrangente para enfrentar potenciais efeitos adversos sobre a estrutura do mercado, a inovação e a distribuição dos benefícios da digitalização.

Contra o "utopismo digital", presente em alguns estudos recentes, que vê oportunidades ilimitadas para os países em desenvolvimento com a digitalização, a Unctad adverte que os países em desenvolvimento precisarão preservar e possivelmente expandir seu espaço político disponível para gerenciar eficazmente a integração na economia digital global.

Segundo a Unctad, no ambiente atual da economia mundial hiperglobalizada, onde os ganhos do progresso tecnológico e das economias abertas tenderam a ser capturados por uma parcela diminuta da sociedade, há o risco de a disseminação das tecnologias digitais concentrar ainda mais os benefícios em um pequeno número de pioneiros, tanto no interior dos países como entre eles. Dada a natureza transfronteiriça da digitalização e a combinação dos efeitos de rede e o comportamento de busca de renda das grandes empresas digitais, os países em desenvolvimento terão, portanto, que enfrentar alguns desafios políticos críticos, tais como a adoção de marcos regulatórios e de concorrência e controle do uso dos dados, que constituem o principal combustível da economia digitalizada.

Na visão dos autores do relatório, outro desafio crítico para os países em desenvolvimento será o aproveitamento de novas tecnologias digitais para o desenvolvimento local, de modo a poder desfrutar do crescimento de valor agregado

nas atividades da indústria manufatureira e de serviços. A digitalização e a erosão da fronteira entre a indústria e os serviços podem encurtar as cadeias de valor, personalizar a produção, possibilitando produção menor e mais lucrativa, e permitir que os segmentos de *design*, produção e pós-produção do processo de fabricação sejam mais estreitamente entrelaçados. Isso pode abrir novas possibilidades de produção manufatureira para os países em desenvolvimento, permitindo avançar em direção aos segmentos de alto valor agregado do processo de produção, mas pode igualmente reduzir algumas que estão atualmente disponíveis.

De acordo com a Unctad, o uso mais amplo de tecnologias digitais ainda está se desenvolvendo, sobretudo, nos países em desenvolvimento, e seus impactos precisos permanecem incertos. Os impactos potenciais da digitalização nos diferentes segmentos do processo de produção industrial, organizado por meio de cadeias de valor, e suas possíveis consequências distributivas são discutidos a seguir.

Impactos Potenciais das Tecnologias Digitais nas Cadeias de Valor

Segundo a Unctad, a digitalização é considerada um fator de mudança no modo no qual o processo de produção industrial é realizado e organizado em cadeias de valor. Isso ocorre porque a digitalização dá aos ativos intangíveis — pesquisa e desenvolvimento (P&D), *design*, projetos, *software*, pesquisa de mercado e estratégia de marcas *(branding*), bancos de dados etc. — um papel mais proeminente na geração de renda, inclusive nas cadeias de valor.

Os dados que incorporam esses intangíveis e sua codificação impulsionam as várias novas tecnologias digitais que são, frequentemente, identificadas com as atividades de serviços, tornando cada vez mais confusas as fronteiras tradicionais entre bens e serviços no processo de produção industrial. Da mesma forma, vários segmentos do processo de produção tornam-se mais estreitamente interligados.

As novas tecnologias digitais permitem que os materiais sejam redesenhados para torná-los mais específicos ao seu uso, reduzindo assim o uso de insumo por unidade de produto, além de reduzir o consumo de energia e as emissões de poluentes. As tecnologias digitais permitem também uma produção e distribuição mais descentralizadas e flexíveis, reduzindo algumas das economias de escala que dominaram a era da produção em massa. Desse modo, empresas de tamanhos variados podem responder e acomodar múltiplos segmentos de demanda, e pequenos

produtores podem atender a nichos de mercado que não precisam estar em proximidade geográfica.

O uso de novas tecnologias digitais pode, portanto, possibilitar que os países em desenvolvimento agreguem mais valor em suas etapas de produção, seja o produto final destinado à exportação ou ao consumo interno. No entanto, isso depende crucialmente não apenas da infraestrutura disponível, mas também do acesso a dados e de um ecossistema de apoio.

De acordo com o relatório, em razão do uso intensivo dos ativos intangíveis, as novas tecnologias digitais e especialmente as tecnologias de informação e comunicação (ICTs) associadas à Internet das Coisas - como computação em nuvem e análise de *big data* – aumentam a importância do segmento de pós-produção industrial. Essas ICTs tendem a reduzir os custos de coordenação e aumentar a eficiência dos cronogramas de produção, logística, gerenciamento de estoques e manutenção de equipamentos. A computação em nuvem e a análise de grandes dados reduzem a necessidade de infraestrutura digital rígida. Isso torna mais barato para as empresas, mesmo em países em desenvolvimento, coletar dados e analisá-los para fins comerciais, reforçando as possibilidades de personalização e flexibilização da produção, tanto de bens intermediários como de bens finais.

O relatório destaca que essas tecnologias aumentam acentuadamente o número de interações entre empresas e clientes, tanto no mercado doméstico como no mercado internacional, mesmo que essas interações nem sempre sejam evidentes para os clientes. As empresas que detêm os dados dessas interações e que possuem as capacidades analíticas necessárias podem identificar a heterogeneidade dos padrões de demanda, tanto entre mercados estrangeiros quanto domésticos, e personalizar as características de seus produtos de acordo com esses padrões de demanda. Isso permite campanhas de publicidade e distribuição mais personalizadas que, ao ir além do marketing tradicional, reduz os custos de *marketing* e, ao mesmo tempo, atinge mais clientes em potencial, aumentando a eficácia dos gastos com publicidade.

A Unctad destaca que possuir dados em volume cada vez maior permite benefícios econômicos crescentes à medida que facilita sua transformação em um ativo rentável. Isso dá uma vantagem aos pioneiros, os quais são mais facilmente capazes de ampliar seu investimento inicial em inteligência e análise de dados, ampliando assim o valor de seus dados e a base de conhecimento associada. O aumento da produtividade e da lucratividade também fornece financiamento adicional para adquirir bancos de dados ou softwares complementares e explorar *spillovers* e sinergias. Essas aquisições podem

incluir *startups*, cujas atividades podem até ter sido deliberadamente orientadas para serem complementares, em vez de serem genuinamente inovadoras e fornecerem um substituto para as empresas estabelecidas.

Tais processos cumulativos agravam, contudo, tendências já existentes de concentração e centralização dos mercados. Quando isso ocorre surgem tendências desfavoráveis: o progresso tecnológico genuíno e a pressão competitiva podem ser reduzidos. Igualmente significativa, a alta lucratividade das empresas incumbentes também permite a busca por rendas extra econômicas, formação de lobby e esforços para influenciar a regulamentação, tais como reduções de impostos ou "bloqueio" de patentes ou direitos autorais que mantêm de fora do mercado rivais em potencial.

De acordo com a Unctad, essas vantagens do pioneirismo de algumas empresas colocam em evidência tanto a urgência com que os países em desenvolvimento precisam atuar como as dificuldades e os desafios políticos relacionados à sua participação em atividades no segmento de pós-produção de cadeias de valor digitalizadas.

As novas tecnologias digitais impactam, igualmente, as atividades nos segmentos de pré-produção. A simulação de *design* digital reduz, por exemplo, o número de horas de trabalho necessárias para criar novos produtos. A manufatura aditiva também pode aumentar a flexibilidade das atividades de pré-produção e diminuir seus custos. Essa tecnologia comprime o ciclo de desenvolvimento de produtos que podem, subsequentemente, ser produzidos em massa com base na tecnologia e infraestrutura tradicionais, ou ser selecionados para uma produção mais personalizada baseada em tecnologias digitais. Na avaliação dos autores do relatório, a utilização de tecnologias digitais na fase de pré-produção poderia, pelo menos em parte, ajudar a compensar a falta de *designers* qualificados e a ausência de setor de bens de capital nos países em desenvolvimento.

Na avaliação da Unctad, alguns países em desenvolvimento já avançaram em direção à digitalização na produção. Isso poderia fornecer um trampolim para um envolvimento adicional mais amplo também nos segmentos de pré e pós-produção do processo de fabricação, em que os retornos são tradicionalmente mais altos. Todavia, isso dependerá da maneira como as cadeias de valor são controladas.

Governança corporativa envolve uma mistura de coordenação, contratos e controle. No contexto das cadeias de valor, a governança determina como e onde as empresas-líderes organizam padrões de produção em um conjunto disperso de fornecedores e tarefas, como as transações são feitas entre essas partes contratantes, o marketing do

bem ou serviço final e como o valor gerado a partir da venda final do produto ou serviço é distribuído pelos diferentes atores que operam dentro da cadeia.

Nas últimas décadas, a governança corporativa foi transformada por meio de uma combinação de financeirização, ideologia neoliberal e avanço nas tecnologias de informação e comunicação. Como resultado, as empresas integradas verticalmente concentraram-se em competências essenciais, terceirizando muitas tarefas, particularmente na fase de produção. Isso coincidiu e incentivou ainda mais uma abordagem muito diferente à criação e distribuição de valor, com foco no valor para o acionista e no comportamento de procura de renda.

A digitalização provavelmente alterará ainda mais a estrutura de governança das cadeias de valor. Segundo a Unctad, alguns analistas consideram que a digitalização poderá reduzir o controle das empresas líderes e transferir os relacionamentos de "cativos" para tipos de governança mais relacionais e modulares. O aumento das possibilidades de personalização do produto poderia mover o controle das cadeias de valor para clientes, cujos desejos específicos em relação à funcionalidade e aos recursos dos produtos podem guiar os padrões de projeto e produção. Porém, colher esses benefícios dependerá crucialmente dos recursos digitais do fornecedor. Como a digitalização também satisfaz as demandas por um controle financeiro e gerencial mais granular e contribui para uma maior flexibilidade para as empresas-líderes na escolha entre um número maior de fornecedores, há o risco de marginalização ou exclusão para os produtores que não têm recursos digitais.

A digitalização repercute igualmente sobre a distribuição de valor dentro das cadeias por meio do surgimento de plataforma de digitais monopolistas, que operam em várias atividades. Nessas plataformas, que viabilizam a interação e a troca entre vários grupos, o principal ativo estratégico da empresa-líder é o controle e o uso de dados digitalizados para organizar e mediar transações entre os vários atores da cadeia, combinados com a capacidade de expandir o tamanho de tais ecossistemas, em um processo de realimentação circular.

De acordo com a Unctad, haveria duas categorias de plataformas: as de transação, que permitem a interação entre indivíduos que de outra forma não se encontrariam; e as plataformas de inovação, que fornecem blocos de construção tecnológicos, permitindo aos inovadores desenvolver serviços ou produtos complementares. Ambas englobam vários tipos de plataformas digitais.

Tipos de Plataformas Digitais

Categoria	Tipo	Exemplo
Transação	Mercado digital	Amazon, eBay, Alibaba, MercadoLibre, Google Play, Apple App Store, Airbnb, Uber, Ticketmaster, PayPal, PayU
	Conteúdo e midia social	Facebook, Twitter, YouTube, Instagram
	Serviço de busca na internet	Google, Yahoo, Bing, Baidu
	Propaganda digital	AdWords, DoubleClick, Tradedoubler
	Funding	Kickstarter, Crowdcube, Startnext
	Gestão de talentos	LinkedIn, Monster, CareerBuilder
Inovação	Aplicativos e ecossistemas móveis	Android, iOS
	Plaformas digitiais industriais	Google Cloud Platform, IBM Watson IoT, ThingWorx
	Participação e serviços abertos	Citadel, CitySDK, Busan Smart City Platform

Extraído de Unctad, Trade Development Report, 2018: pg 78.

As maiores e mais poderosas plataformas digitais de transação estão localizadas, principalmente nos Estados Unidos, algumas na Europa e na China, que, segundo a Unctad, conseguiu expandir suas próprias empresas ao impedir que as empresas globais entrassem em seu mercado. O predomínio norte-americano também vale para as plataformas de inovação, como os ecossistemas móveis, completamente dominados por três empresas sediadas nos Estados Unidos: o Android, com 81,7% de participação de mercado, o iOS, com 17,9%, e o Windows, com 0,3% do mercado global. Nas plataformas digitais industriais (ou IIoT), empresas dos Estados Unidos e da Europa são igualmente dominantes.

De acordo com o relatório, a combinação de direitos de propriedade reforçados, efeitos de escala, vantagens do pioneirismo, poder de mercado e outras práticas anticoncorrenciais, abriu novos caminhos de geração de lucro na economia digital. O ambiente resultante de o "vencedor leva o máximo" permite que as empresas líderes pressionem os fornecedores, capturem as rendas criados em outras partes da economia, adquiram concorrentes e explorem os cofres públicos mesmo quando estão reduzindo os preços para os consumidores.

Esse ambiente confere uma forte dimensão espacial à distribuição de recompensas ao longo da cadeia de valor. Segundo a Unctad, é provável que a concentração de poder econômico nas empresas-líderes, em torno de fluxos elevados de informação e capital, observada por vários analistas na era pré-digital, seja agravada na era digital. Porém,

dada as pressões de polarização entre os próprios países avançados, com o domínio das empresas americanos sobre os seus rivais europeus e japoneses, e a emergência de competidores globais na Ásia em desenvolvimento, é complicado apontar para uma divisão digital Norte-Sul.

Todavia, a busca por escala no mundo digital é onipresente. As grandes empresas de tecnologia de informação não são apenas maiores do que nunca, mas também cada vez maiores do que a maioria das empresas tradicionais, assumindo uma presença crescente nas 100 maiores empresas globais do mundo. De acordo com o relatório, em 2015, dezessete empresas multinacionais de tecnologia de informação classificadas entre as 100 maiores empresas representavam um quarto da capitalização de mercado total do conjunto das empresas listadas e 18% de seus lucros, embora suas receitas de vendas tenham sido inferiores a 10% do total das empresas.

Os autores do relatório ressaltam, contudo, que o surgimento de algumas grandes empresas de tecnologia de informação no Leste da Ásia (incluindo, mais recentemente, a China), indica que experiências bem-sucedidas de industrialização tardia podem dar origem a grandes empresas capazes de explorar novas oportunidades na economia digital. Esses recém-chegados não apenas têm acesso a dados, mas também a capacidade de traduzi-los em conhecimento economicamente significativo.

Ações de Política Econômica no Mundo Digital, segundo a Unctad

Na avaliação da Unctad, os países em desenvolvimento enfrentarão muitas dificuldades tanto para obter muitos dos benefícios potenciais de um mundo digital como para garantir tenham um amplo alcance social. Ambas as tarefas requerem políticas ambiciosas em um conjunto de áreas diversas que devem ser empregadas de maneira coerente.

Avançar rumo a um mundo digital depende, obviamente, da infraestrutura física e digital adequada, bem como das capacidades digitais, mas também são necessárias políticas adicionais para garantir a repartição mais justa e equitativa desses benefícios. Todavia, o ritmo acelerado da digitalização está deixando muitos formuladores de políticas despreparados. Dependendo do nível de desenvolvimento de um país, o despreparo pode ter inúmeras consequências adversas, incluindo atrasos na fronteira tecnológica, paralisação econômica ou mesmo marginalização frente à economia global.

Algumas das principais políticas sugeridas pela Unctad para ajudar os países em desenvolvimento a enfrentar os desafios impostos pela revolução digital e aumentar seus ganhos para o desenvolvimento a partir das GVCs são descrita a seguir.

1. *Infraestrutura digital*

Uma economia digital é construída com infraestrutura digital e recursos digitais. Os três grandes componentes inter-relacionados de infraestrutura digital são: redes, *software* e dados. Recursos digitais são necessários para usá-los de forma eficaz.

Nas últimas duas décadas, os países vêm construindo continuamente suas redes digitais (isto é, infraestruturas de tecnologias e informação e comunicação e de banda larga) como a principal ferramenta para coletar e transmitir fluxos de informação. Essa infraestrutura de ICT forma a base da infraestrutura digital, pois fornece acesso à internet para a população, enquanto a infraestrutura de banda larga ajuda a fornecer grandes quantidades de dados a uma velocidade muito mais rápida. Desde o final dos anos 2000, ficou claro que a conectividade de banda larga com fio, especialmente em áreas remotas, não era adequadamente atendida por empresas privadas. Como a universalidade da infraestrutura de banda larga é um pré-requisito para uma economia digital mais equitativa, isso aponta, de acordo com a Unctad, para a necessidade de maior investimento público em infraestrutura de banda larga na maioria dos países em desenvolvimento.

O segundo componente inter-relacionado da infraestrutura digital é o *software* e seu uso em toda uma gama de atividades econômicas, com ênfase crescente no acesso por meio de uma infraestrutura de computação em nuvem, que combina a potência do *software* com o poder da rede, permitindo uma disseminação global rápida, ampla e profunda de tecnologias de ponta relativamente baratas. No entanto, os aplicativos em nuvem proporcionam aos seus proprietários um imenso poder, na medida em que as dependências aumentam com a transição dos modelos de infraestrutura como um serviço (IaaS) à plataforma como serviço (PaaS) para os modelos *software* como serviço (SaaS). Por exemplo, os aplicativos em nuvens globais forneceram ao Google, Facebook, Uber etc. o poder de se tornarem painéis de controle virtuais para reorganizar setores inteiros. Isso cria um desafio de política para os países em desenvolvimento cuja legislação nacional antitruste pode não ser adequada para lidar com o poder de mercado intersetorial cada vez maior detido por essas empresas multinacionais.

O terceiro componente interdependente da infraestrutura digital são os dados, que fornecem às plataformas a matéria-prima de que precisam para operar. Este é, indiscutivelmente, o componente mais importante da infraestrutura digital, fornecendo a base para a geração de grandes fluxos de lucros e potencialmente mudando as posições relativas dos países em termos de suas participações na produção, consumo, investimento e comércio globais. O relatório destaca que muitos analistas consideram

os dados como “novo petróleo”, não apenas porque precisam ser extraídos e processados de um estado inicialmente não refinado, mas porque os dados processados também podem conferir poderes monopolísticos aos seus proprietários. Porém, contrariamente ao petróleo, os dados não constituem um recurso finito. A capacidade de excluir concorrentes do acesso aos dados pode gerar ainda mais poder de monopólio e incentivar comportamento de busca de renda.

Os desafios enfrentados pelos países em desenvolvimento para assegurar essa infraestrutura digital são evidentes. Ainda há grandes lacunas na maioria dos países em desenvolvimento. As assinaturas fixas de banda larga nos países em desenvolvimento ainda são menos de um quarto do número nos países desenvolvidos em termos *per capita*, enquanto nos países menos desenvolvidos o número praticamente não aumentou e a taxa de penetração é inferior a 1%. As assinaturas de banda larga móvel eram de cerca de 78 por 100 habitantes nos Estados Unidos e na Europa em 2016, mas apenas 20 por cento na África. Dois terços da população dos países em desenvolvimento - cerca de 4 bilhões de pessoas - permaneceram desconectados em 2015/16.

As assinaturas de telefonia móvel cresceram mais rapidamente no mundo em desenvolvimento recentemente, mas, em razão do alto custo, ainda são apenas cerca de metade dos níveis per capita no mundo desenvolvido. A velocidade da banda larga, que é um determinante crucial do potencial de digitalização e negócios relacionados, permanece relativamente mais lenta na maioria dos países em desenvolvimento. Reduzir esses grandes déficits de infraestrutura é uma tarefa enorme que exigirá grandes investimentos.

Além da infraestrutura digital, a construção de uma economia digital exige, obviamente, a presença de infraestrutura física e instituições de apoio, das quais conexões contínuas de energia e acesso a instituições bancárias e financeiras são obviamente cruciais. Embora estas sejam consideradas como condições prévias necessárias para outras políticas digitais nas economias avançadas, elas ainda são largamente insuficientes em grande parte do mundo em desenvolvimento, e não abordar essas questões aumentaria ainda mais os fossos digitais. Da mesma forma, as capacidades digitais também exigem níveis mínimos de educação em toda a sociedade. Na ausência deles, grande parte da conversa sobre o “salto” digital é altamente exagerada.

2. Desenvolvimento de capacidades digitais.

Conhecidas como habilidades, competências ou capacidades digitais abrangem gerenciamento de informações, colaboração, comunicação e compartilhamento,

criação de conteúdo e conhecimento, ética e responsabilidade, avaliação e solução de problemas e operações técnicas. Devido ao rápido avanço tecnológico, há uma crescente "lacuna de habilidades digitais" que é sentida tanto pelos países desenvolvidos como pelos países em desenvolvimento.

Para desenvolver habilidades digitais, esforços têm que ser feitos pelos países em desenvolvimento em vários níveis: introdução de educação digital em escolas e universidades, melhoria das habilidades digitais da força de trabalho existente, execução de programas básicos e avançados de desenvolvimento de habilidades para jovens e idosos, incluindo programas de treinamento de habilidades digitais em programas já existentes de desenvolvimento profissional e fornecimento de apoio financeiro para desenvolvimento do empreendedorismo digital. Todos esses elementos deveriam idealmente ser parte de uma estratégia nacional geral de construção de habilidades digitais para o século XXI.

Na avaliação da Unctad, para avançar nas competências digitais, os países em desenvolvimento precisarão contar com apoio em nível tanto regional como internacional. As agendas de integração regional precisam incluir, entre outras inciativas, a construção de uma economia de dados, parcerias para construir cidades inteligentes; promoção de inovações e tecnologias digitais; e a construção de métricas para auferir a digitalização.

3. Política industrial

Ao longo dos anos, Unctad vem defendendo, de forma consistente que os países em desenvolvimento adotem políticas industriais proativas para gerenciar a transformação estrutural. No atual cenário de mudança da economia mundial, dois elementos podem ser cruciais para a eficácia das políticas industriais:

1) o movimento em direção a uma economia digital e suas interações sistêmicas associadas entre atividades de inovação, educação, produção e serviços; e

2) o aumento do peso dos países em desenvolvimento na economia global, o que pode permitir um reequilíbrio dos mercados externo e interno como destinos das atividades de produção desses países.

Na avaliação da Unctad, as políticas industriais para digitalização devem procurar explorar o potencial de usar novas tecnologias para fins de transformação, para criar e modelar novos produtos e novos mercados, bem como para compensar a destruição de empregos que a aplicação de tais tecnologias pode causar.

As fortes sinergias entre as pressões do lado da oferta e do lado da demanda no estabelecimento de um "círculo virtuoso digital" (de setores e empresas digitais emergentes, aumento do investimento e da inovação, aceleração do crescimento da produtividade e aumento da renda, levando à expansão dos mercados) atendem à necessidade de caminhar para uma política industrial orientada para a missão em um mundo digital.

De acordo com os autores do relatório, isso envolve o uso de métricas mais dinâmicas na avaliação de políticas para aferir o grau em que o investimento público pode desbloquear e transformar paisagens setoriais e tecnológicas. Além disso, os governos poderiam se engajar em mais do que apenas ajudar a financiar novas tecnologias, investindo diretamente no capital das empresas inovadoras. Esse investimento poderia garantir uma reflexão de longo prazo em todo o ecossistema digital e permitir tirar partido dos efeitos de transbordamento e das sinergias que os ativos intangíveis podem gerar entre as empresas.

Uma estratégia digital também deve se adaptar à estrutura modificada de financiamento para investimento na economia digital. Ao contrário dos ativos tangíveis - como edifícios, máquinas ou terrenos particulares -, os ativos intangíveis - como dados, *software*, análise de mercado, projeto organizacional, patentes, direitos autorais e similares - tendem a ser únicos ou mais valiosos dentro de contextos específicos definidos de forma restrita. Portanto, eles são difíceis de vender ou avaliar como garantia. Isso dificulta o financiamento do investimento em intangíveis provenientes de fontes tradicionais, como empréstimos bancários e títulos negociáveis, e, além do financiamento via participação acionária, aumenta o papel dos lucros retidos como fonte de financiamento para investimentos.

Como resultado, apoiar o investimento em bens intangíveis pode implicar um papel crescente dos bancos de desenvolvimento, como fontes de financiamento ou de veículos de financiamento especializados - como os fundos de orientação ligados à nova estratégia industrial do governo da China -, bem como medidas políticas para fortalecer o nexo entre lucro e investimento, tais como mudanças nas exigências de relatórios financeiros ou imposição de restrições sobre recompras de ações e pagamento de dividendos quando o investimento é baixo, ou tratamento fiscal preferencial de lucros reinvestidos.

4. Política de inovação

A aquisição e adoção de tecnologia, bem como sua adaptação às circunstâncias locais, é um processo dispendioso. Para acelerar e apoiar esse processo, os países em desenvolvimento foram aconselhados a garantir capacidade de absorção adequada, inclusive em termos do nível de qualificação da força de trabalho e das estruturas institucionais para facilitar o desenvolvimento e a transferência de tecnologia.

Recentemente, a política de inovação proativa também encontrou um lugar de destaque na agenda dos formuladores de políticas dos países em desenvolvimento. Uma razão para isso é a melhoria das capacidades tecnológicas e das instituições relacionadas à tecnologia de alguns países em desenvolvimento, refletidas em maiores realizações educacionais e aumento nos gastos com pesquisa e desenvolvimento e nos registros de patentes.

No contexto do avanço da digitalização, a Unctad ressalta um elemento adicional de mudança: o aumento do poder de compra e das classes médias emergentes em alguns países em desenvolvimento, particularmente na Ásia. Esse aumento está criando novos mercados e, assim, gerando novo potencial de inovação para atender à sua demanda crescente. Como resultado, os países em desenvolvimento estão sendo vistos não apenas como receptores, mas também como fontes de inovação, particularmente inovações voltadas para o desenvolvimento de bens e serviços personalizados, atendendo a mercados específicos a um custo relativamente baixo.

Essas chamadas inovações frugais, que fornecem “novas funcionalidades com menor custo”, dependem dos residentes dos países em desenvolvimento, tanto como consumidores quanto como produtores, concentrando-se nas oportunidades específicas de inovação, produção e consumo em uma determinada localização geográfica. Dado que não são restringidos pelas demandas dos países desenvolvidos, as empresas de países em desenvolvimento podem se beneficiar das vantagens de custos locais, melhores condições locais de fornecimento e melhor conhecimento das circunstâncias, preferências e necessidades locais.

A digitalização pode fornecer oportunidades específicas para a inovação frugal das empresas dos países em desenvolvimento, porque tendem a reduzir o custo da inovação. Tais inovações, no entanto, dependem cada vez mais de análises de *big data* e outras tecnologias digitais. Portanto, são obviamente importantes políticas projetadas para evitar o controle monopolista dos dados e assegurar que os pequenos e médios produtores e inovadores em potencial tenham acesso a eles.

Segundo a Unctad, dado que a digitalização pode viabilizar produtos inteiramente novos, bem como possibilitar novas funcionalidades e formas de uso para produtos já existentes, parece haver algum espaço para uma política ativa de inovação orientada para o *design* nos países em desenvolvimento, não obstante as regras existentes de proteção para os direitos de propriedade intelectual (DPIs), que restringem a transferência de tecnologia. Embora essas tenham sido reforçadas no contexto de acordos de livre comércio, algumas histórias de sucesso recentes sugerem que ainda é possível superar os obstáculos que elas representam.

A transição para um mundo digital também pode ampliar o escopo para empresas de países em desenvolvimento se engajar em acordos de licenciamento cruzado com empresas de países desenvolvidos. Pelo menos algumas dessas empresas podem privilegiar a proteção de seus projetos por meio de segredos comerciais, mas outras ainda poderiam estar interessadas em licenciar e, assim, divulgar seus projetos para os países em desenvolvimento. Eles poderiam desejar fazê-lo em troca de recursos de *design* inovadores em relação à funcionalidade e facilidade de uso que as empresas dos países em desenvolvimento desenvolveram para seus clientes domésticos, o que também poderia atrair os grupos de baixa renda nos países desenvolvidos. Os proprietários de DPI também podem desejar criar novos fluxos de receitas comercializando modelos de arquivos CAD ou *software* que os compradores podem subsequentemente personalizar.

Para aumentar as habilidades e capacidades digitais, muitos países em desenvolvimento estão estimulando a criação de empresas digitais. As *startups* digitais diferem das *startups* de TI que fornecem serviços técnicos básicos na forma de *SaaS*, na medida em que as primeiras visam transformar digitalmente serviços setoriais específicos como educação, saúde, transporte, etc. Essas *startups* digitais representam uma nova onda de empreendedorismo, que, se aproveitada adequadamente, poderia introduzir algumas soluções altamente eficientes, bem como impulsionar as capacidades digitais, tornando-se uma fonte primária de inovação em um país.

No entanto, em vez de serem usadas para expandir as fronteiras da tecnologia digital em um país, essas inovações estão sendo cada vez mais compradas e usadas por grandes empresas de tecnologia para expandir suas operações. Por exemplo, as aquisições de empresas jovens de inteligência artificial aumentaram 155% no período de 2015- 2017, passando de 45 para 115. As recém-criadas empresas digitais precisam, portanto, ser apoiadas por políticas nacionais e por medidas regulatórias para fomentar e avançar os esforços nacionais de digitalização.

5. Política regulatória

A economia digital cria novos desafios significativos na política regulatória porque os efeitos da rede e as economias de escala associadas à digitalização podem causar crescente desigualdade e gerar barreiras à entrada no mercado. Como observado acima, as vantagens do pioneirismo na forma de benefícios do controle e do escalonamento de grandes volumes de dados tendem a criar algumas grandes empresas altamente lucrativas e as preocupações de que "o vencedor leva mais".

Tais vantagens também podem se autorreforçar, já que os dados recolhidos de um mercado podem facilitar a entrada em novos mercados ou até mesmo em novas linhas de negócios. Os aumentos resultantes na concentração de mercado podem aumentar significativamente o poder financeiro de algumas empresas líderes e causar aumento das práticas anticoncorrenciais em busca de renda e de tentativas de bloquear concorrentes reais ou potenciais. Isso significa que políticas estabelecidas de concorrência e antitruste podem ser inadequadas para a economia digital.

O controle esmagador sobre plataformas digitais por algumas empresas, principalmente baseadas nos Estados Unidos, no Reino Unido e em alguns outros países europeus, aponta para a necessidade de consideração de políticas ativas para evitar comportamentos anticoncorrenciais por tais empresas, bem como o uso dos dados que são coletados no processo. Ele também fornece uma noção das dificuldades associadas aos países em desenvolvimento que desejam atuar nessas áreas. Mesmo quando inovadores baseados em países em desenvolvimento inventam novos produtos e processos, eles podem ser incapazes de colher os benefícios em um ambiente oligopolístico, ou podem ser controlados pelas empresas dominantes.

Segundo a Unctad, as preocupações com a ausência de normas trabalhistas associados a plataformas supostamente entre pessoas físicas (P2P), mas que são efetivamente plataformas *business-to-consumer* (B2C), como é o como da Uber, são agora bem conhecidas. Mas, para os países em desenvolvimento, uma questão adicional pode ser a concentração dos lucros gerados em tais plataformas pelas empresas que se baseiam principalmente em países desenvolvidos. Essas superplataformas (empresas que dominam o cenário digital como Google, Apple e Amazon) usam cada vez mais algoritmos baseados em *big data* para afastar a concorrência. Os algoritmos podem fomentar colusões tácitas quando cada empresa programa seu algoritmo com uma estratégia para maximizar os lucros.

Os algoritmos monitoram as mudanças de preço e reagem rapidamente à redução de preço do concorrente, da mesma forma que também seguem aumentos de preço quando sustentáveis, como quando outros o seguem de maneira oportuna, de modo que todos os concorrentes aumentam os preços e o lucro juntos, levando a um resultado não muito diferente daquele obtido pelo conluio. “Mas ao contrário dos humanos, os computadores não temem a detecção!” Além disso, é extremamente difícil responsabilizar as superplataformas pelas decisões de preço de seus algoritmos de autoaprendizagem, o que pode transferir a riqueza dos consumidores para os vendedores.

Essas colusões crescentes e práticas anticoncorrenciais das superplataformas representam novos desafios para as políticas de concorrência e antitruste. A inteligência artificial determina de forma independente os meios para ampliar os lucros e leva a um resultado anticoncorrencial, sem evidência de qualquer acordo ou intenção anticoncorrencial. Ademais, o novo dinamismo do mercado, viabilizado pelos avanços tecnológicos, leva a uma transferência de riqueza dos consumidores para superplataformas, com os consumidores desconhecendo os mecanismos subjacentes; erradica a concorrência de pequenas empresas por meio de aquisições ou práticas excludentes; e promove efeitos de rede para crescer e assimilar mais poder de mercado.

Na avaliação da Unctad, as agências de defesa da concorrência precisam entender os contornos da concorrência e os mecanismos de mercado subjacentes que ajudam os “grandes” a se “tornarem maiores” e se prepararem para regulamentar essas superplataformas. Embora os crescentes poderes monopolísticos das plataformas digitais estejam sendo cada vez mais reconhecidos, poucos foram os esforços dos países em desenvolvimento para projetar políticas de modo a combater essas práticas anticoncorrenciais.

Muitos desafios são enfrentados na elaboração de políticas antitruste para regulamentar as plataformas baseadas em dados, abrangendo vários grupos de clientes com demanda interdependente que oferecem produtos e serviços em muitos países. Estes incluem as dificuldades associadas à definição do “mercado” envolvido e à avaliação o poder das empresas dentro desse mercado. No entanto, como as plataformas digitais existentes estão mudando o cenário competitivo, é necessário regulamentá-las para oferecer às empresas / plataformas dos países em desenvolvimento uma oportunidade de competir com as plataformas existentes e aproveitar novas oportunidades no mundo digital.

Segundo o relatório, recentes preocupações em relação à regulamentação da economia digital também se concentraram no bem-estar do consumidor, particularmente no que diz respeito à preservação da privacidade de dados e segurança da Internet, bem como evitar mudanças indesejáveis na forma como as sociedades funcionam. Em contraste, a extração da renda econômica recebeu atenção insuficiente dos formuladores de políticas, apesar de seu papel central no funcionamento da hiperglobalização.

Segundo a Unctad, uma forma de extração de renda é o planejamento fiscal agressivo, localizando a base tributária de uma empresa em jurisdições com baixa tributação. A economia digital pode exacerbar a erosão da base tributária, uma vez que os principais ativos das grandes multinacionais são ativos intangíveis (propriedade intelectual e/ou dados). A iniciativa de Erosão da Base e Transferência de Lucros (BEPS) deu alguns passos úteis para salvaguardar as receitas fiscais nos países onde a atividade é executada. Porém, a tributação não altera as características anticoncorrenciais das estratégias de busca de renda.

Uma maneira de abordar as estratégias de busca de rendas em um mundo digital seria por meio de regulamentação mais rígida de práticas comerciais restritas, com forte monitoramento e administração em nível internacional. Outra abordagem seria desmembrar as grandes empresas responsáveis pela concentração de mercado. De acordo com a Unctad, forçar as empresas a formar *joint ventures* com certas regras de maioria para evitar a concentração de mercado pode também ser uma opção viável para economias com digitalização emergente, incluindo muitos países em desenvolvimento.

Para os países em desenvolvimento, as preocupações regulatórias podem ser ainda maiores se não quiserem perder os benefícios da quarta revolução industrial. A divulgação do código-fonte de um programa de *software* pode ser necessária, por exemplo, não apenas por razões de segurança, mas também porque permitira desenvolver habilidades de codificação de *software*, bem como a criação de um novo *software*, personalizado para se adequar às preferências e sensibilidades locais, e até mesmo adaptado para ser usado em idiomas locais. Da mesma forma, a localização de servidores pode ser necessária para fins regulatórios, e essa regulamentação também pode operar para auxiliar na promoção de fornecedores domésticos de uma variedade de produtos e serviços.

O relatório da Unctad alerta que a soberania da internet é outra questão chave que requer muito mais discussão e negociação internacional, já que agora está claro que uma suposta “internet livre e aberta” é aquela que pode estar sujeita a regulação oculta por Estados poderosos, bem como manipulação por grandes atores privados como

algumas empresas de plataformas multinacionais. Por essa razão, os governos dos países em desenvolvimento precisam estar cientes dessas preocupações antes de firmarem acordos de livre comércio que possam efetivamente reduzir sua soberania nacional e espaço político no mundo digital.

6. Controle e uso dos dados

Todas as empresas, e não apenas as plataformas digitais, precisam coletar e analisar dados para ganhos de inovação e eficiência. No entanto, o acesso e o controle de dados podem, de fato, ser uma fonte de poder de mercado e podem criar barreiras à entrada de novos participantes. Os formuladores de políticas precisam encontrar um equilíbrio entre essas pressões conflitantes.

Os autores do relatório destacam que dados não são um produto homogêneo e que há uma necessidade, desde o início, de uma clara distinção entre dados pessoais (padrões comportamentais ou dados educacionais dos consumidores, dados de transporte ou dados de saúde) e dados não pessoais. Embora seja necessário permitir que dados não pessoais fluam livremente dentro do país, garantir a proteção de dados pessoais é extremamente importante, especialmente na construção da confiança dentro do país.

A Unctad considera que os países em desenvolvimento precisam manter sua soberania de dados para desenvolver suas habilidades digitais e evitar regras que restrinjam sua capacidade de monitorar o fluxo de seus dados nacionais. A classificação de dados em dados pessoais e não pessoais e o desenho das respectivas políticas de dados são passos importantes para a construção da infraestrutura digital. Proteger efetivamente os dados exigirá uma consideração mais séria dos formuladores de políticas, especialmente no mundo em desenvolvimento.

Desde o início da internet, vários governos, de países desenvolvidos e em desenvolvimento, estão adotando medidas de localização para desenvolver capacidades digitais domésticas e infraestrutura digital para modernizar as cadeias de valor. Segundo a Unctad, no contexto da economia digital, as medidas de localização incluem requisitos como localização de servidores e / ou instalações de computação dentro das fronteiras nacionais que podem incentivar empresas estrangeiras a investir em infraestrutura digital doméstica e permitir que as autoridades locais apliquem leis e regulamentos nacionais.

Em alguns casos, o processamento e / ou armazenamento de dados deve estar em conformidade com padrões nacionais exclusivos, ou as transferências de dados devem ser roteadas em grande parte ou exclusivamente dentro de um espaço nacional ou

regional, quando possível. Tais políticas podem ser adotadas para promover as capacidades digitais locais; proteção da indústria infante; evitando a dependência de longo prazo da infraestrutura digital de propriedade estrangeira e/ou localizada no exterior; e / ou para proteger a privacidade dos cidadãos, suas jurisdições legais e a segurança cibernética nacional.

Regras de Comércio e Investimento e o Espaço para Políticas

Segundo a Unctad, para formular políticas econômicas direcionadas a integração na nova era digital, os países precisam assegurar espaço político em seus acordos de comércio e investimento, especialmente aqueles que buscam uma profunda integração entre as nações. Acordos comerciais contemporâneos estão indo muito além das restrições comerciais na fronteira e se concentrando cada vez mais nas regras e regulamentações domésticas. Com isso, não apenas reduzem o espaço político, mas também produzem resultados que prejudicam o bem-estar social nos países signatários.

Entre as regras vinculantes de comércio e investimento nos acordos comerciais contemporâneos que podem afetar seriamente o espaço político dos países para projetar as políticas necessárias no mundo digital, o relatório destaca a interdição das regras de localização de dados. Como mencionado na seção anterior, essas regras foram amplamente utilizadas pelos países desenvolvidos na fase inicial da digitalização e ainda estão ativas. Todavia, segundo a Unctad, acordos comerciais existentes, bem como em negociação, restringem as flexibilidades dos governos signatários para adotarem essas medidas de localização com o propósito de encorajar a melhoria nas cadeias de valor. Esses seriam os casos do Acordo de Comércio de Serviços (TiSA, na sigla em inglês), que está sendo negociado por 23 membros da Organização Mundial de Comércio (OMC), entre os quais Estados Unidos, União Europeia, Chile, China, Costa Rica, Peru, México, Paquistão e Turquia, e do Acordo Parceria Transpacífica (TPP, na sigla em inglês).

Para acompanhar a revolução tecnológica em curso, os países em desenvolvimento precisam urgentemente de transferências internacionais de tecnologia (ITT) dos países desenvolvidos e de outros países em desenvolvimento que tenham conseguido desenvolver tecnologias digitais avançadas. No entanto, o ITT tornou-se muito mais complicado na economia digital, na qual a tecnologia e a análise de dados estão sendo comparadas a segredos comerciais. De acordo com a Unctad, cada vez mais as tecnologias de análise de dados estão sendo protegidas em acordos de comércio e

investimento, que restringem a capacidade dos governos de usar as políticas tradicionais de IED para encorajar transferências de tecnologia.

Uma dessas regras vinculantes se aplica ao compartilhamento de código-fonte, que é a coleção de instruções de computador que são processadas e executadas, e cuja versão legível por humanos (chamada de código-fonte) é geralmente protegida por direitos autorais e geralmente mantida em sigilo para proteger informações proprietárias. Acordos de comércio e investimento recentemente negociados estabelecem regras de não divulgação, que proíbem os governos de elaborar políticas que exigem compartilhamento de código-fonte, exceto por razões de segurança nacional.

Também na intepretação da Unctad, o conceito de neutralidade tecnológica aplicado aos compromissos assumidos por muitos países em desenvolvimento sobre a oferta transfronteiriça de serviços sob o Acordo Geral sobre Comércio de Serviços (GATS) pode afetar a capacidade dos governos em formular políticas de promoção de tecnologias locais ou de restringir novos meios de entrega de um serviço. Esse princípio implicaria que se um país se compromete a permitir o fornecimento de um serviço, então o provedor de serviços pode aplicar qualquer tecnologia para fornecer esse serviço, incluindo tecnologias futuras, como veículos sem motorista ou entregas por meios de *drones*. Com as tecnologias em constante evolução no mundo digital, a neutralidade tecnológica pode ter implicações de longo alcance, reduzindo a flexibilidade regulatória dos países.

O relatório destaca igualmente que as propostas de comércio eletrônica em discussão na OMC têm o potencial de reduzir o espaço de política para os países em desenvolvimento. Muitos países em desenvolvimento estão esforçando para desenvolver suas políticas / estratégias nacionais de comércio eletrônico de maneira a vincular seus produtores e consumidores domésticos a plataformas de comércio eletrônico. Porém, se essas plataformas forem internacionais, os países não apenas expõem seus consumidores a novos produtos e produtores, como também se arriscam a reduzir as participações no mercado doméstico de seus produtores domésticos, além de também perderem dados valiosos que são gerados pelas transações de consumidores e produtores.

A Unctad sustenta que os ganhos do comércio eletrônico para os países em desenvolvimento só podem se tornar realidade se protegerem suas "plataformas nacionais de comércio eletrônico" com o objetivo de melhorar o acesso dos seus produtores ao mercado doméstico e internacional. Parcerias público-privadas podem ser encorajadas a formar plataformas nacionais de comércio eletrônico para impulsionar

o comércio eletrônico doméstico e transfronteiriço e usar a análise de dados dos clientes engajados para prever a demanda futura e mudar os gostos e preferências.

Além da necessidade de repensar os acordos de comércio e investimento, a Unctad também sugere que os países em desenvolvimento intensifiquem a cooperação regional Sul-Sul e cooperação triangular. A cooperação digital em nível regional pode ser adicionada às iniciativas de integração regional em curso tanto para construir uma economia de dados e mercados regionais de comércio eletrônico, como para maximizar os benefícios da computação nas nuvens.

Em conclusão, o relatório adverte que o potencial de desenvolvimento sugerido pelas tecnologias digitais pode ser facilmente eclipsado se os países em desenvolvimento não tiverem flexibilidade e espaço político para projetar suas políticas econômicas e industriais e estruturas regulatórias nacionais para promover a infraestrutura digital e as capacidades digitais. É importante manter a liberdade e o espaço para projetar políticas digitais que ajudem a aumentar os ganhos de desenvolvimento do comércio e investimentos estrangeiros, como políticas de localização, restrições ao livre fluxo de dados, transferências de tecnologia e tarifas alfandegárias sobre transmissões eletrônicas.

2.3. Indústria 4.0: Recomendações de políticas do Banco Mundial[5]

Introdução

Novos desafios estão sendo colocados à trajetória de desenvolvimento econômico dos países em função do avanço de novas tecnologias industriais. Diante desse processo, cabe aos países se reposicionarem para lidar não apenas com as implicações das prováveis mudanças tecnológicas e produtivas como também para tirar proveito de eventuais oportunidades.

O sexto capítulo do livro "*Trouble in the Making? The Future of Manufacturing-Led Development*", escrito por Mary Hallward-Driemeier e Gaurav Nayyar e publicado pelo Banco Mundial, trata justamente das recomendações de políticas para o desenvolvimento econômico liderado pela indústria no futuro a partir das possíveis mudanças nos padrões tecnológicos.

Dada a necessidade de os países se reposicionarem para aproveitar as oportunidades abertas pelas novas tecnologias industriais, os autores do estudo fazem algumas recomendações para uma agenda de reformas que fortaleça sua competitividade, suas capacitações e sua conectividade. Tais recomendações serão tratadas neste capítulo.

Uma tipologia dos países a partir dos "3Cs": competitividade, capacitações e conectividade.

A percepção da indústria enquanto alternativa para o desenvolvimento econômico está se alterando frente às mudanças no ambiente internacional e nas tecnologias. Neste sentido, três dimensões devem ser consideradas como pilares de uma agenda de política com vistas a tornar atrativa uma determinada localidade para produção diante dos novos desafios colocados pelas transformações tecnológicas. São elas: a competividade do ambiente de negócios, a construção de capacitações de trabalhadores, firmas e países para adotar novas tecnologias, e a conectividade com outros mercados e setores.

[5] Trabalho divulgado como Carta IEDI n. 854. Disponível em https://iedi.org.br/cartas/carta_iedi_n_854.html

Assim, competitividade, capacitação e conectividade referem-se aos “3Cs” mencionados pelos autores do estudo.

A relevância dos baixos salários na determinação de menores custos unitários do trabalho está cedendo espaço para demandas mais amplas acerca do ecossistema de negócios. É preciso se atentar, mais do que nunca, aos possíveis efeitos de aglomeração e escala que tornam a produção mais concentrada e lhe concede vantagens competitivas em determinadas localidades. Este é um importante elemento da dimensão competitividade.

Além disso, se países de renda baixa ou média precisam adotar novas tecnologias para se manterem ou se tornarem competitivos, é fundamental expandirem sua capacidade de absorção e uso de tecnologias. Nesse sentido, torna-se imprescindível a construção de capacitações que permitam trabalhadores e firmas adotarem novas tecnologias. Incluem-se não apenas formação, conhecimento, habilidades e competências técnicas, como também arcabouços regulatórios e de infraestrutura necessários para utilização das novas tecnologias no país, sobretudo frente a um fluxo crescente de informações e dados do qual as tecnologias devem se utilizar.

Não menos importantes, apresentam-se a crescente conexão entre firmas, a maior demanda por customização e logística, e a significativa – e cada vez mais indissociável – participação dos serviços na produção dos mais variados bens industriais. Tais fatores recolocam no debate a questão da conectividade, entendida desde o acesso aos mercados fornecedores e de clientes finais do ponto de vista comercial até a interação intersetorial e aspectos regulatórios dos fluxos internacionais de serviços e de dados.

Cada um desses três “Cs” é representado por um conjunto de indicadores relevantes. A competividade de um país é medida pela facilidade de se realizar negócios no país, direitos de propriedade intelectual e uso de tecnologias móveis para realização de transações financeiras. As capacitações de um país para apoiar inovação e difusão tecnológica combinam uso de tecnologias de informação e comunicação, taxas de matrícula em educação de nível superior e participação de pagamentos e recebimentos de *royalties* no comércio do país. Já a conectividade de um país aos demais mercados é verificada por meio de seu desempenho logístico, das restrições existentes sobre o comércio de bens industrializados e das restrições sobre o comércio de serviços profissionais.

Escada de capacitações conforme as necessidades das políticas de inovação

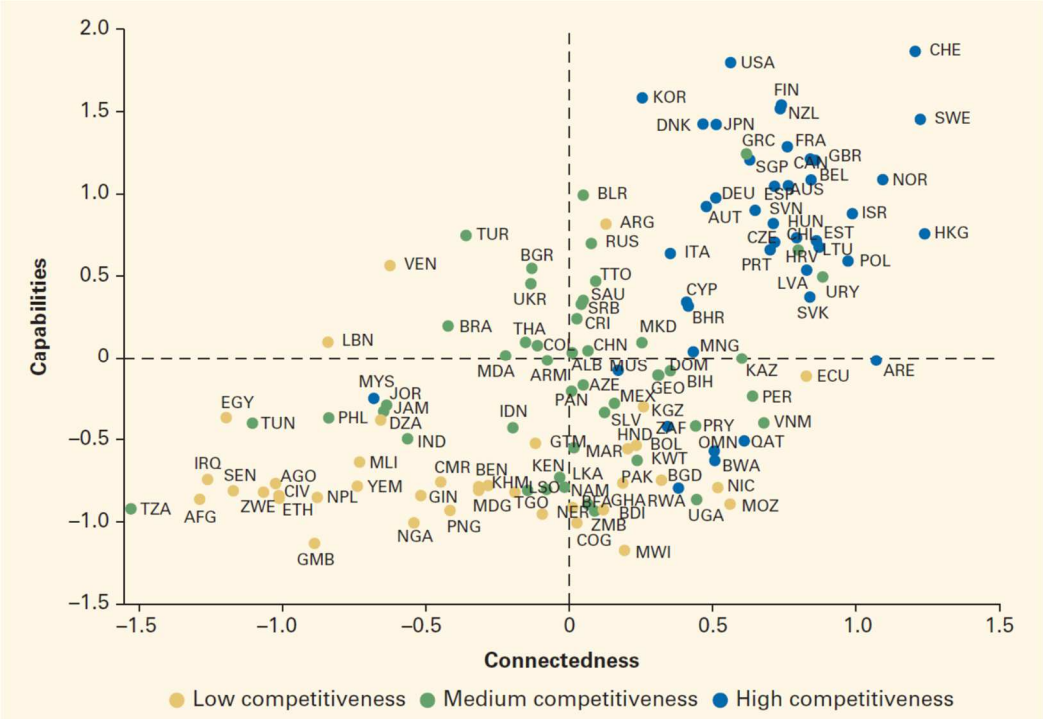
Fonte: Cirera e Maloney (no prelo).

Notas: NIS = sistemas nacionais de inovação. NQI = infraestrutura nacional de qualidade. R&D = pesquisa e desenvolvimento. STEM = ciência, tecnologia, engenharia e matemática.

Ao se considerar estes três pilares da agenda de política de forma conjunta, é possível mapear como os diferentes países estão atualmente posicionados e as distintas prioridades de políticas que se colocam diante dos arranjos produtivos que possam desejar fomentar. Identificam-se, a partir disso, alguns padrões. Certos países encontram-se mais avançados tanto em termos das capacitações para apoiar inovação e difusão tecnológica quanto da conectividade com outros mercados e serviços complementares, enquanto outros países ainda se encontram pouco preparados tanto em termos tecnológicos quanto comerciais. Conforme esperado, os países bem classificados em cada um dos "3Cs" são, em geral, países de renda elevada, melhor posicionados para responder aos desafios trazidos pelas mudanças na tecnologia, comércio e crescente participação dos serviços na economia.

Para grande parte dos países de renda baixa e média, as crescentes exigências em termos dos "3Cs" trazidas pelas transformações em curso serão particularmente mais desafiadoras. Poucos países apresentam capacitações relativamente elevadas e baixa conectividade com outros mercados. É o caso do Brasil e de alguns outros países na América Latina, no Leste Europeu e na Ásia Central. Um conjunto muito maior de países, incluindo regiões como América Latina, Sul da Ásia e África Subsaariana, apresenta a relação contrária, isto é, maior conectividade com outros mercados, porém um grau relativamente menor de capacitações.

Distribuição dos países conforme competitividade, capacitações e conectividade, 2012-2014



Fonte: Cálculos baseados em Kee, Nicita e Olarreaga (2009), Borchert, Gootiiz e Mattoo (2014), *International Telecommunications Union's ICT Indicators Database* e nas seguintes bases de dados do Banco Mundial: *World Development Indicators*, *Worldwide Governance Indicators*, *Global Findex* e *Logistics Performance Index*.

Notas: Dados para os países se referem ao período 2012-2014 ou último ano disponível. Cada um dos "3Cs" é descrito por uma medida que agrega diversos indicadores relevantes. Competitividade compreende a facilidade de se realizar negócios, direitos de propriedade intelectual e uso de tecnologias móveis para realização de transações financeiras. Capacitações abarcam o uso de tecnologias de informação e comunicação, taxas de matrícula em educação de nível superior e participação de pagamentos e recebimentos de *royalties* no comércio. Conectividade combina o desempenho logístico, restrições sobre o comércio de bens industrializados e restrições sobre o comércio de serviços profissionais. Os países são classificados conforme seus índices de capacitações e conectividade a partir de seus valores padronizados (considerados média e desvio-padrão) e em alta, média e baixa competividade a partir dos respectivos tercis de seus valores padronizados para o índice de competitividade. Irlanda e Holanda, devido a razões tributárias, apresentam valores extremos nos pagamentos de *royalties*, aumentando o índice de capacitações, de tal forma que não são mostradas no quadrante superior direito.

O fator competitividade, por sua vez, está mais relacionado ao desenvolvimento de capacitações do que com o grau de conectividade. Poucos são os países com baixa competitividade que apresentam capacitações acima da média. Ao mesmo tempo, países com maior competitividade estão, em geral, acima da média de conectividade, o que sugere que muitos países até são relativamente bem integrados aos mercados

internacionais, porém ainda carecem de políticas complementares para estabelecer um ambiente de negócios mais competitivo.

Um elemento adicional a se considerar na análise do conjunto de políticas a ser priorizado por cada país refere-se aos distintos impactos que as novas tecnologias devem causar sobre diferentes subsetores industriais e, portanto, sobre as estruturas produtivas existentes em cada país. Os pesquisadores do Banco Mundial identificam quatro conjuntos de tendências que devem afetar a capacidade de um país se tornar competitivo em diferentes subsetores industriais. São eles: magnitude da automação, concentração das exportações, intensidade dos serviços e comercialização dos bens nos mercados internacionais.

A magnitude da automação estaria relacionada à utilização de tecnologias poupadoras de trabalho, o que, por sua vez, requereria maiores capacitações para adotar novas tecnologias. A concentração das exportações estaria relacionada ao nível de concentração do comércio global, já que em alguns setores as amplas economias de escala ou mesmo ecossistemas empresariais atuantes no setor dificultariam a entrada de novos competidores. A intensidade dos serviços estaria vinculada à crescente necessidade de serviços técnicos e profissionais como formas complementares de garantir o sucesso industrial. Já a comercialização internacional apontaria para maiores exigências em termos de competividade de tais setores. Logo, dependendo da combinação entre essas tendências que se espera que um determinado setor enfrente, as demandas em termos dos "3Cs" podem variar. As pressões para manter um nível de competitividade mesmo em setores que um país já atua são grandes e exigem reformas em diferentes áreas.

Cinco cenários são traçados pelos autores. No primeiro cenário, os "3Cs" se mostram necessários. Trata-se de um cenário em que, dada a elevada concentração do comércio, exposição às novas tecnologias e intensidade dos serviços, um forte desempenho em cada um dos "3Cs" é requerido, como no caso dos setores de equipamentos de transporte, eletrônicos e produtos farmacêuticos. Alguns subsetores, como de máquinas elétricas e outras máquinas e equipamentos industriais, embora não tenham a mesma intensidade de serviços, também acabam por apresentar uma elevada necessidade de competitividade no ambiente de negócios em razão da elevada comercialização internacional e concentração das exportações. A maioria dos países de renda elevada está bem posicionada em termos da produção de tais bens e apresenta capacidade de assim permanecer diante do uso de novas tecnologias. Países como México e Vietnã precisariam de reformas em, pelo menos, um dos "Cs", enquanto na Índia reformas em duas ou três dimensões seriam necessárias para que o país

continuasse competitivo em tais setores altamente automatizados e de comércio fortemente concentrado.

Impactos da automação, concentração do comércio e intensidade dos serviços sobre subsetores industriais e prioridades na agenda de políticas "3Cs"

	Extent of impacts of new technology and globalization				Priorities within 3Cs agenda			
Scenario[a]	Increasing concentration of international production	Traded	Use of robots or 3-D printers	Use of Services	Competitiveness	Capabilities	Connectedness	Subsectors likely to be in this scenario[b]
1	High	High	High	High	Yes	Yes[c]	Yes	Transportation; electronics; pharmaceuticals; electrical machinery
	High	High	High	Low[e]				Machinery and equipment; manufacturing n.e.c.
2	High	High	Low	Low	Yes	..	Yes	Textiles, garments, and leather products
3	Low	Rising	High	Low	..	Yes[d]	..	Rubber and plastics; fabricated metals
4	Low	Low	Low	High	Yes	..	..	Food processing; chemicals; coke and refined petroleum
5	Low	Low	Low	Low	..	..	..	Wood products; paper products; basic metals
	High	Low[f]	Low	Low	..	..	..	Nonmetallic minerals

Notas: "3Cs" = competitividade, capacitações e conectividade. Sombreado das linhas (do mais escuro para o mais claro) indica a amplitude da agenda que provavelmente seria necessária realizar. N.e.c. = não classificado em outro lugar. Competitividade compreende a facilidade de se realizar negócios, direitos de propriedade intelectual e uso de tecnologias móveis para realização de transações financeiras. Capacitações abarcam o uso de tecnologias de informação e comunicação, taxas de matrícula em educação de nível superior e participação de pagamentos e recebimentos de *royalties* no comércio. Conectividade combina o desempenho logístico, restrições sobre o comércio de bens industrializados e restrições sobre o comércio de serviços profissionais.

a. Cenário 1 refere-se à elevada concentração de comércio e elevada automação. Cenário 2 refere-se à elevada concentração de comércio, porém menor automação. Cenário 3 refere-se à baixa concentração de comércio, mas elevada automação. Cenário 4 refere-se à baixa concentração de comércio e automação, porém com intenso uso de serviços. Cenário 5 refere-se à baixa concentração de comércio e automação, bem como pouco uso de serviços.

b. Exemplos de prováveis subsetores industriais em cada cenário.

c. Se adotar nova tecnologia, capacitações devem ser altas; se, por sua vez, concorrer por meio da utilização de tecnologias antigas, capacitações não precisam ser tão elevadas, mas competitividade deve ser muito mais elevada.

d. Se concorrer por meio da utilização de tecnologias antigas, elevada competitividade será necessária.

e. Apesar do uso de serviços ser baixo, a abertura desses subsetores ao comércio e a concentração do comércio tornam o fator competitividade importante.

f. Apesar de a concentração do comércio ser elevada, produtos baseados em minerais não metálicos correspondem ao subsetor industrial menos transacionado. No limite, aspectos relacionados à competitividade se acentuam.

No segundo cenário, elevadas competitividade e conectividade são necessárias. Dada a elevada concentração do comércio, porém baixa exposição às novas tecnologias, como no caso de têxteis e vestuário, a conectividade faz-se necessária junto com algum grau de competitividade. Em países como Bangladesh e Paquistão, outros fatores para além dos baixos salários são necessários para fortalecer o ambiente competitivo. Apesar de setores intensivos em trabalho e pouco demandantes de habilidades técnicas, são altamente competitivos e conectados internacionalmente, o que requer avanços para entrada de novos concorrentes.

No terceiro cenário, apenas elevadas capacitações se mostram necessárias. Trata-se de setores expostos às novas tecnologias, mas menos concentrados em termos do comércio internacional, como borracha e plásticos e alguns tipos de metais.

No quarto cenário, somente elevada competitividade é requerida. Este é o caso de setores menos expostos à elevada concentração no comércio ou às novas tecnologias, mas relativamente bastante intensivos em serviços, como alimentos, produtos químicos e derivados de petróleo.

No quinto e último cenário, nenhuma mudança significativa é esperada. Trata-se de setores com baixa exposição à concentração comercial ou às novas tecnologias e que se caracterizam por baixa utilização de serviços, como produtos de madeira, produtos de papel, metais e minerais não metálicos, de modo que os fatores que tornam a produção factível não devam se alterar no curto prazo.

Recomendações de políticas para fortalecer os "3Cs"

A depender dos "3Cs" que os países apresentam, as prioridades de reformas são distintas e podem auxiliar na sequência de prioridades dentro da dimensão em que um determinado país precisa se fortalecer atualmente. Países com baixa conectividade e baixas capacitações ainda precisam desenvolver com urgência certos aspectos fundamentais. Para países que desejam se tornar altamente conectados e capacitados, a agenda de reformas requer inúmeros esforços. Países que precisam aprimorar uma única dimensão, podem priorizar a agenda para aquele determinado "C". Diversos aspectos das reformas podem ser conduzidos pelos países por conta própria. Para outros, incluindo padrões, fluxos de dados e aspectos de comércio, um esforço conjunto torna-se necessário.

Novas tecnologias alteram as áreas prioritárias de políticas – com sequência apropriada a depender da posição atual do país

Policy priorities to strengthen manufacturing-led development, by country's level of competitiveness, capabilities, and connectedness

Dimension	Priorities for countries currently "lower" on this dimension	Priorities for countries currently, or aiming soon to be, "higher" on this dimension
Competitiveness	Strengthen the business environment Promote flexible labor markets Liberalize backbone services critical to supporting manufacturing	Facilitate firm entry and exit, and the reallocation of capital and workers; improve bankruptcy procedures and universal coverage of social protection to facilitate worker mobility and to lower costs of disruption
	Develop mobile finance to facilitate use of embodied and embedded services	*Set competition policy framework for network platforms; adjust regulations for new business forms* *Facilitate contracting, to enable greater use of sharing economy on production side*
Capabilities	Prioritize literacy, numeracy, basic ICT, and socioeconomic skills, but also invest in the development of advanced skills for people with access to higher education	*Develop programs to strengthen more-advanced skills, creativity*
	Improve basic management skills and processes	*Emphasize the use of data and data processes within production*
	Develop certification of quality standards	*Support the development of a data ecosystem (access to ICT, policies on localization, network security, IPR)*
Connectedness	Reduce restrictions on trade in goods, particularly inputs (lower tariffs and NTBs, support trade facilitation)	Further facilitate trade in services, including removing restrictions on FDI
	Strengthen basic logistics	*Support IoT logistics systems* *Develop regulatory frameworks to support cross-border data flow*

Notas: Itens especificamente mais relacionados às novas tecnologias estão em itálico e sombreado em azul. Demais itens referem-se às agendas tradicionais de reformas que requerem urgência. ICT = tecnologia de informação e comunicação. IoT = Internet das Coisas. IPR = direitos de propriedade intelectual. FDI = investimento estrangeiro direto. NTB = barreiras não tarifárias.

As prioridades de reformas são apresentadas para cada "C" – competitividade, capacitações e conectividade – e detalhadas abaixo.

1. Prioridades de reformas para competitividade:

1.1. Reformas do ambiente de negócios: dada a elevação dos salários na China, produtores de manufaturas tendem a buscar outras localidades para realizar atividades intensivas em mão de obra barata, como Vietnã ou Etiópia, cujos salários são, respectivamente, metade e ¼ do salário na China. Todavia, como as novas tecnologias

devem tornar o trabalho uma parcela cada vez menor dos custos totais de produção, ênfase crescente tem sido dada a aspectos do ambiente de negócios, incluindo regulação, acesso a financiamento, infraestrutura básica, mecanismos de controle da qualidade e regimes tributários. Muitos países de renda baixa não possuem vantagens nestes quesitos, o que compromete sua competividade, apesar de ofertarem mão de obra barata, tornando, assim, tais reformas particularmente importantes. Para países com maior inserção nas cadeias globais de valor ou com significativa atividade industrial, a agenda de reformas se amplia para compreender, em especial, aspectos de realocação de recursos e adaptabilidade das firmas diante da maior concorrência internacional, o que inclui, por exemplo, tempo e custo de se abrir e de se fechar um negócio, além de regulações nos mercados de crédito, de trabalho e tributário, a fim de facilitar oportunidades de negócios. Atenção especial também é necessária para os trabalhadores e o período de adaptação aos novos empregos, já que as novas tecnologias devem deslocar parte dos trabalhadores para novas funções, com reflexos também sobre os sistemas de proteção social.

1.2. Reformas da política de concorrência: muitos tipos de serviços, inclusive de utilidade pública, necessários para realizar as atividades industriais – como serviços de telecomunicação e informática, transporte, energia e água – são monopólios ou oligopólios públicos ou privados. Isso coloca a necessidade de reformas acerca da regulação de importantes setores de serviços que tenham impacto sobre a atividade industrial, permitindo, assim, maior participação na economia digital. Facilitar a entrada de concorrentes em setores provedores de insumos básicos para a atividade industrial também adquire importância neste novo contexto de maior integração entre as diversas atividades produtivas, sobretudo para economias de renda menor. Para países atualmente com maior grau de competitividade, é preciso atentar-se aos padrões e normas internacionais criados a partir das novas tecnologias, em geral estabelecidos antes pelas empresas do que pelos governos, na medida em que, muitas vezes, novas tecnologias com impacto sobre toda a cadeia produtiva acabam sendo testadas e transacionadas no mercado por grandes empresas concorrentes antes mesmo do desenvolvimento e estabelecimento de padrões internacionais e regulações nacionais.

1.3. Reformas para apoiar novos modelos de negócios: novas tecnologias podem melhorar o acesso a serviços financeiros no sentido de expandir oportunidades para a indústria, inclusive em países com um ambiente de negócios relativamente frágil. Este é o caso dos sistemas de pagamento móveis e do comércio digital, que facilitam as transações e ampliam a gama de consumidores em diferentes localidades, incluindo países da África, como o Quênia. Além disso, novas tecnologias estão sendo utilizadas para desenvolver novas formas de negócios, com diversas implicações concorrenciais e

contratuais. Grande parte delas ainda está no setor de serviços, a exemplo de Uber e Airbnb, com efeitos respectivos sobre os setores de táxis e hoteleiro. Para a indústria, as projeções de expansão de uma economia compartilhada, com veículos, casas e máquinas (ou fábricas) compartilhadas, poderiam significativamente reduzir os custos de se instalar um negócio. Tais arranjos, no entanto, dependeriam da garantia dos contratos, de sistemas de pagamento sofisticados e de políticas concorrenciais sobre as plataformas de produção, de forma que provavelmente ganhariam maior relevância em países com níveis de competitividade mais elevados.

2. Prioridades de reformas para capacitações:

2.1. Políticas de educação e treinamento centradas em habilidades: políticas de educação e treinamento precisam ser reformuladas no sentido de conferir aos países as novas habilidades requeridas para se aproveitarem das oportunidades criadas pelas novas tecnologias. À medida que os países se tornam crescentemente mais conectados aos complexos processos produtivos, responder aos novos desafios em termos de conhecimentos e habilidades técnicas é fundamental para que mais pessoas possam ter oportunidades de empregos, os quais tendem a se tornar menos rotineiros e mais cognitivos. Outra dimensão importante refere-se à necessidade de os programas educacionais e de treinamento se adequarem de forma cada vez mais rápida às constantes mudanças nas demandas industriais por novas habilidades e conhecimentos, o que tende a exigir atributos, como adaptabilidade, criatividade, capacidade de resolução de problemas e iniciativa, dos novos profissionais. Logo, para países com baixo nível de capacitações frente aos avanços tecnológicos, a urgência de investimentos em educação e treinamento é enorme para possibilitar à força de trabalho desenvolver as capacitações necessárias para os empregos do futuro.

2.2. Fortalecimento das capacitações das firmas: a implementação de processos produtivos mais flexíveis a partir das tecnologias associadas à Indústria 4.0 não apenas exige novas capacitações dos trabalhadores, mas também maior autonomia na produção e capacidade decisória dentro das firmas, o que tornam necessárias práticas gerenciais e organizacionais que facilitem a adoção das novas tecnologias nos processos produtivos. A Internet das Coisas, por exemplo, eleva substancialmente a disponibilidade de informações em tempo real, o que requer práticas gerenciais e organizacionais adequadas para promover maior integração dos sistemas em múltiplos locais e, assim, realizar uma decisão mais eficaz acerca da produção. Neste sentido, cabe aos países avançarem em práticas gerenciais e organizacionais, iniciando-se, a depender do grau de desenvolvimento de seus sistemas nacionais de inovação, a partir de princípios básicos que permitam às empresas utilizarem e adaptarem os novos

processos produtivos para, posteriormente, desenvolverem conhecimentos tecnológicos mais sofisticados associados à Indústria 4.0. Diante das novas tecnologias, maior grau de flexibilidade dos instrumentos e instituições adotados será necessário para adaptá-los a circunstâncias específicas e combiná-los de forma a refletir a crescente complexidade industrial.

2.3. Reformas de infraestrutura tecnológica: a exigência de padronização de componentes e sistemas é cada vez maior para permitir a conexão entre diferentes localidades e seus sistemas produtivos, o que torna crescentemente importantes os esforços de coordenação dentro dos sistemas nacionais de inovação dos países bem como a harmonização de interfaces conforme normas e padrões internacionais. Países de menor renda e com baixas capacitações geralmente não participam do processo de definição dos padrões internacionais, embora sua capacidade de atender a tais padrões afete, em geral, as oportunidades de se tornarem mercados exportadores. Logo, diante de produtos e processos mais complexos, as exigências de infraestrutura tecnológica, se muito elevadas, podem funcionar como barreiras não tarifárias ao comércio e desenvolvimento dos países. Para países e firmas com maiores capacitações, o ecossistema de dados é cada vez mais importante para o uso das tecnologias associadas à Indústria 4.0, o que implica novos aspectos regulatórios em termos de direitos de propriedade intelectual, privacidade e proteção dos dados, tanto para empresas como para consumidores.

3. Prioridades de reformas para conectividade:

3.1. Princípios básicos de cooperação comercial e novas tecnologias: para os países menos integrados à economia global, ainda se coloca a necessidade de ampliar a abertura dos mercados e facilitar o comércio internacional. Barreiras tarifárias e não tarifárias continuam representando obstáculos aos fluxos de comércio. Logística e simplificação alfandegária também são temas de crescente importância frente ao encurtamento dos prazos de entrega dos produtos, especialmente em países de renda mais elevada. Acesso a mercados, cooperação regulatória, entre outros temas relativos à conectividade, permanecem indispensáveis para fomentar novas modalidades de comércio possibilitadas pelos avanços tecnológicos, como o comércio eletrônico. Ao mesmo tempo, dada a crescente participação dos serviços nas atividades industriais, a agenda de reformas do comércio de serviços se torna ainda mais importante, sobretudo para os países mais integrados à ordem global. As reformas acerca dos serviços ganham destaque diante das novas tecnologias, uma vez que estas tornam diversos tipos de serviços cada vez mais presentes na produção e comercialização de bens, por meio, por exemplo, de serviços bancários, de transporte e de telecomunicações.

3.2. Novas regras sobre fluxos internacionais de dados: à medida que as tecnologias ampliam as formas de comércio internacional, novas regras também se tornarão necessárias para responder às crescentes demandas regulatórias. Processos produtivos inteligentes que integram máquinas e sistemas em diferentes partes do globo com acesso a dados armazenados em outras localidades enfrentam restrições existentes sobre fluxos internacionais de dados, o que limita a implementação de tais tecnologias no setor industrial. A tecnologia de impressão 3D também coloca desafios regulatórios específicos. Ao mesmo tempo, porém, os fluxos internacionais de dados acabam por expor firmas e consumidores a novas possíveis ameaças em termos de propriedade intelectual e privacidade. Logo, as agendas de direitos de propriedade intelectual e de privacidade passam a ser consideradas de modo conjunto com a permissão ou restrição de acesso aos fluxos internacionais de dados.

3.3. Acordos regionais e bilaterais de comércio: os acordos regionais e bilaterais de comércio se expandiram significativamente nos últimos anos, abarcando comércio de serviços, fluxos de dados e comércio eletrônico. O número de acordos de comércio preferenciais notificados na Organização Mundial do Comércio (OMC) passou de 50 em 1990 para cerca de 280 em 2015, com crescente cobertura de medidas não tarifárias e provisões em novas áreas, como proteção de dados e comércio eletrônico. Os acordos regionais e bilaterais de comércio permanecem, portanto, centrais em possibilitar maior conectividade entre mercados por meio de antigas e novas agendas de reformas, particularmente ao envolver arcabouços institucionais adequados para a utilização de novas tecnologias com a devida segurança acerca de dados e propriedade intelectual.

Em suma, as reformas do ambiente de negócios irão adquirir maior urgência na agenda de competitividade para reduzir os custos unitários do trabalho, enquanto regulações serão necessárias para ajustar às novas formas de negócios. Políticas para facilitar a adoção de tecnologias nos processos industriais por meio do fortalecimento de habilidades e competências, gerenciamento de capacitações e desenvolvimento de infraestrutura tecnológica serão requeridas. As novas tecnologias não tornarão os princípios básicos da cooperação comercial obsoletos, mas certos aspectos da agenda de reformas do comércio se intensificarão ainda mais, de modo que novas regras serão requeridas para apoiar novas modalidades de comércio abertas pelos avanços tecnológicos.

Revisitando a possibilidade e desejabilidade de políticas industriais direcionadas

Frente às tecnologias da Indústria 4.0, recolocam-se também questões a respeito da desejabilidade e possibilidade de se adotar políticas industriais direcionadas. Primeiro, cabe considerar se países de menor renda com uma base industrial limitada devem enfatizar políticas para utilizar novas tecnologias da Indústria 4.0 ou desenvolver as capacidades industriais ainda das revoluções industriais pretéritas. Isso, no entanto, está relacionado à questão se tais países seriam capazes de diretamente avançar para o uso das novas tecnologias ou se seria necessário criar primeiro as capacitações para desempenhar processos sofisticados no futuro. Isso iria requerer políticas direcionadas para fomentar tais indústrias e mesmo para dar continuidade para incorporar novas capacitações futuras.

Segundo, cabe considerar os efeitos das novas tecnologias sobre o emprego, muitas delas poupadoras de trabalho. A política industrial tem como preocupação também fomentar setores com geração de empregos. Contudo, tentativas de desenvolver um setor por meio de processos produtivos intensivos em trabalho, quando novas tecnologias mais eficientes estão disponíveis, não se mostram viáveis ao longo do tempo. Terceiro e último, as intervenções direcionadas a setores específicos podem ser mais arriscadas do que no passado em razão das rápidas transformações e da crescente incerteza no cenário econômico mundial. Ainda são incertos o ritmo e a profundidade das mudanças tecnológicas, apesar de sua difusão ter se acelerado nos últimos anos. Com mudanças ocorrendo tão rapidamente, existe o risco de se apostar e se investir em setores cuja tecnologia corrente se torne obsoleta. Somado a isso, apontam-se os recentes episódios políticos e ondas de protecionismo que tendem a questionar os compromissos dos países acerca da manutenção e cooperação comercial internacional.

Neste contexto, identificar interdependências entre diferentes escalas espaciais, do nível local ao regional e global, cumpre papel decisivo para a formulação de políticas, assim como criar arcabouços institucionais que aprimorem os fluxos informacionais entre governos e indústrias de modo a identificar oportunidades e desafios para promoção do desenvolvimento industrial.

Como resultado, amplia-se o grau de complementariedade entre políticas horizontais sobre toda a economia e políticas direcionadas a setores específicos, considerando as realidades de cada país frente aos possíveis efeitos das novas tecnologias. Por um lado, torna-se mais factível, ao menos no curto prazo, alcançar alguns requisitos competitivos direcionando esforços para setores e localidades específicas do que promovendo reformas e investimentos no conjunto da economia. Por outro lado, para que o

crescimento seja mais inclusivo no longo prazo, cabe avançar na construção de aspectos associados à competitividade, às capacitações e à conectividade para melhor explorar os encadeamentos entre firmas, setores e regiões por toda a economia. Portanto, o debate não deve se limitar à utilização de políticas horizontais ou direcionadas, mas às possíveis combinações entre elas, de forma a identificar o que é factível imediatamente e ao longo do tempo diante da realidade de cada economia.

2.4. Tendências Recentes das Políticas de Ciência, Tecnologia e Inovação, segundo a OCDE[6]

Introdução

A OCDE – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico, em seu relatório *Science, Technology and Innovation Outlook 2016,* identificou as tendências recentes das estratégias nacionais de ciência e inovação – em particular, das políticas de estímulos à inovação empresarial – dos países-membros e das principais economias emergentes, como África do Sul, Brasil, China, Índia, Indonésia e Rússia.

Reconhecendo o potencial da CT&I em desencadear uma nova revolução na produção e impulsionar a produtividade, os países membros da OCDE têm enfatizado o reforço às capacidades nacionais de CT&I e priorizado a promoção de inovação empresarial nas agendas de políticas. De acordo com a OCDE, os investimentos empresariais, incluindo atividades de inovação, são essenciais para a reativação da dinâmica empresarial e para o crescimento da produtividade.

Nos principais países inovadores da OCDE, como Alemanha, Coreia do Sul, Estados Unidos e Japão, ocorreram várias iniciativas de integração das estratégias nacionais de inovação nos programas de competitividade e de política industrial. Por sua vez, nas principais economias emergentes, o potencial de contribuição da pesquisa e inovação para o crescimento econômico e produtividade também tem sido enfatizado nos programas nacionais.

Como o aumento da capacidade inovadora das empresas domésticas tornou-se o cerne dos planos nacionais de tecnologia e de desenvolvimento em muitos países da OCDE e nas economias emergentes, os formuladores de política têm se concentrado cada vez mais em fortalecer a capacidade das empresas em investir em P&D e em inovação, bem como em melhorar a eficácia da combinação de políticas científicas, tecnológicas e de inovação.

[6] Trabalho divulgado como Carta IEDI n. 793. Disponível em https://iedi.org.br/cartas/carta_iedi_n_793.html

Panorama das Políticas Nacionais de Ciência, Tecnologia e Inovação

De acordo com a OCDE, a crise financeira recente afetou duramente as atividades de ciência, tecnologia e inovação (CT&I), as quais permaneceram fracas mesmo após a recuperação subsequente. Cerca de oito anos após o início da crise, o crescimento mundial permanece modesto. As fracas perspectivas de crescimento da economia mundial têm freado os investimentos empresariais, incluindo em atividades de inovação, as quais são essenciais para a reativação da dinâmica empresarial e para o crescimento da produtividade. Reconhecendo o potencial da CT&I em desencadear uma nova revolução na produção e impulsionar a produtividade, os países membros da OCDE e economias não membros têm enfatizado o reforço às capacidades nacionais de CT&I e priorizado a promoção de inovação empresarial nas agendas de políticas.

Os países têm, todavia, seguido diferentes trajetórias na construção de suas capacidades de inovação, em razão de condições econômicas nacionais distintas. Enquanto certos países registraram crescimento lento durante mais de uma década (caso do Japão e de vários países da União Europeia), outros apresentaram crescimento econômico relativamente mais forte (por exemplo, Coreia do Sul, Israel, Austrália e Estados Unidos). Vários países, incluindo Coreia do Sul, Reino Unido e Estados Unidos têm ampliado os investimentos em capital baseado em conhecimento (KBC, na sigla em inglês), enquanto Japão e diversos países europeus tem experimentado crescimento modesto desses investimentos em ativos intangíveis, especialmente após 2012. Em consequência, a divergência entre os países da OCDE em capacidade de inovação tem aumentado.

Como ressalta a OCDE, inovação resulta de um processo de acumulação, isto é, acumulação de conhecimento, capital e tecnologia. Se as condições econômicas permanecem fracas e há uma piora nas previsões de crescimento mundial, os países aprisionados em trajetórias de baixo crescimento enfrentam grande dificuldade para sustentar os investimentos em capacidade de inovação e se tornam, no médio prazo, susceptíveis ao retrocesso e a um maior distanciamento em relação aos líderes mundiais de inovação.

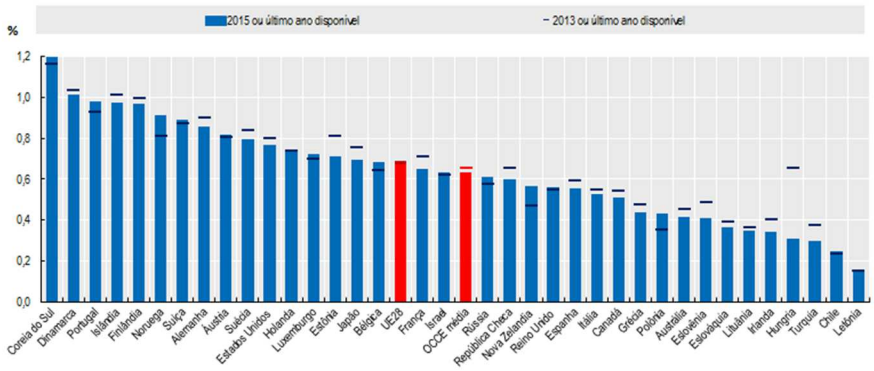
Durante e após a crise financeira recente, os investimentos governamentais em P&D e os pacotes econômicos excepcionais de recuperação compensaram parcialmente a queda dos gastos empresariais com P&D. Porém, em vistas das atuais condições orçamentárias, os esforços governamentais em P&D se estabilizaram, e até mesmo recuaram em diversos países.

A intensidade das dotações orçamentárias governamentais e desembolsos com P&D (GBAORD, na sigla em inglês) relativamente ao PIB decresceu na maioria dos países da OCDE e em diversos países não membros entre 2012 e 2015, refletindo simultaneamente a relativa recuperação do PIB e a estagnação ou declínio absoluto nos orçamentos públicos de P&D. Adicionalmente, em diversos países, as atividades de P&D respondem atualmente por menores fatias dos gastos públicos em comparação com quinze anos atrás.

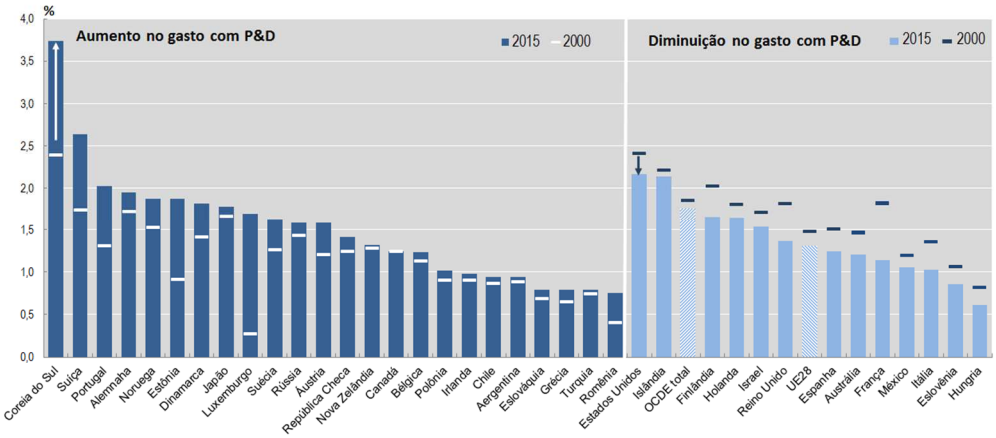
As tendências de longo prazo do GBAORD mostram uma convergência entre os países na intensidade dos orçamentos públicos alocados para P&D, medida em percentagem do PIB. Os orçamentos públicos de P&D oscilam entre 0,40% e 0,90% do PIB, o que indica que os esforços públicos dedicados à pesquisa e desenvolvimento podem ter atingido a sua intensidade máxima. No extremo inferior, estão incluídos alguns países de baixa renda da Europa Central e os países da América Latina e, no topo, Alemanha, a Coreia do Sul e alguns países nórdicos (Dinamarca, Islândia e Finlândia).

Mudanças nas dotações orçamentárias do governo e nos desembolsos para P&D (GBAORD)

Mudanças recentes em % do PIB, 2013 e 2015



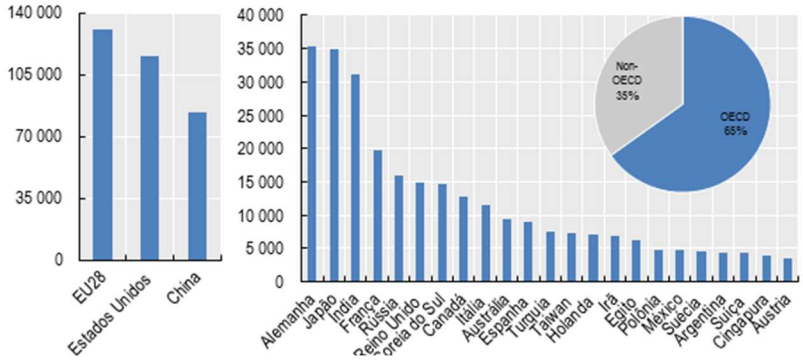
Tendências de longo prazo em % do gasto governamental total



Extraído de OCDE (2016), capítulo 5 (*online*).
Nota: As dotações orçamentárias do governo e nos desembolsos para P&D (GBAORD) não refletem o suporte público indireto às inovações empresariais, concedido por meio de incentivos fiscais.

O relatório destaca que o esforço científico já não é mais reservado aos países de alta renda. Mais de um terço dos gastos com a pesquisa pública mundial se concentra em economias não membros da OCDE. Por exemplo, em 2014, a China, com a segunda maior base científica do mundo, gastou cerca do dobro do Japão em atividades públicas de P&D. Da mesma forma, a Índia, Rússia, Taiwan, Irã e Argentina mantêm alguns dos maiores sistemas de ciência pública do mundo.

Orçamento para P&D Público - US$ milhões PPC e Participação Mundial (%)
2014 ou último ano disponível



Extraído de OCDE (2016), p. 132.
Nota: Os gastos públicos com P&D incluem os gastos com educação superior (HERD) e os gastos governamentais com P&D (GOVERD). O total mundial foi estimado, com países para os quais havia informação disponível. Não inclui o Brasil.

No contexto atual de baixo dinamismo econômico e restrições orçamentárias, a recuperação dos investimentos em P&D não poderá contar com o impulso dos investimentos governamentais. A OCDE destaca que essa situação econômica e fiscal está remodelando as condições e modalidades das intervenções governamentais no campo da CT&I.

Como mostram os resultados da pesquisa internacional realizada pela União Europeia e OCDE em 2014 e em 2016 junto a 52 países, as ações de política de CT&I vêm, nos anos recentes, mudando ligeiramente de foco, forma e alvo. Em todos os países participantes, verificou-se uma ou mais alterações nas prioridades e no leque de iniciativas de políticas ativas de CT&I, embora em alguns países tenham ocorrido mudanças mais profundas do que em outros. De igual modo, as mudanças introduzidas foram mais substanciais em algumas áreas de políticas do que em outras, com destaque para o financiamento de

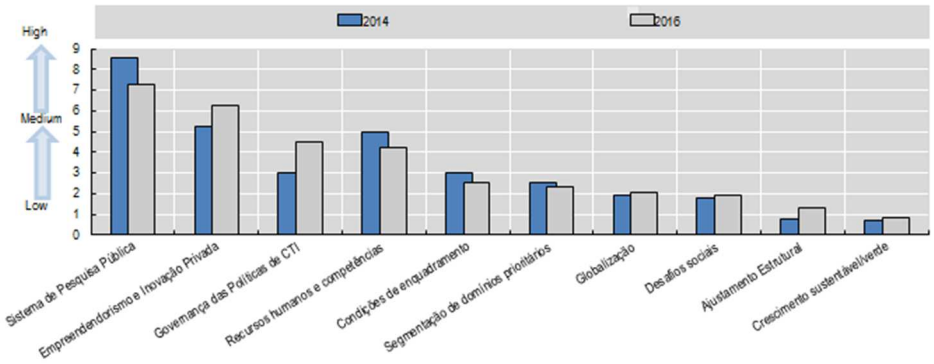
empreendedorismo e inovação empresarial e para política de pesquisa pública, incluindo racionalização de gastos e fortalecimento de governança.

A maioria dos países participantes atribuiu alta prioridade à promoção da inovação empresarial e ao empreendedorismo em reconhecimento do papel central que as empresas privadas desempenham no processo de inovação. Essa característica independe do grau de avanço do sistema nacional de inovação, medido em termos da intensidade do gasto doméstico com P&D como porcentagem do PIB. Entretanto, os enfoques em práticas variam. Alguns países enfatizam os programas de apoio às empresas, outros o aperfeiçoamento do arcabouço para inovação, e outros se concentram em áreas-alvo de prioridades estratégicas.

Segundo o relatório, de modo geral, nos países que estão nas posições mais elevadas da classificação em termos de P&D empresarial e inovação, maior importância é atribuída aos investimentos em ciência básica (pesquisa pública e recursos humanos) para fortalecer os fundamentos das futuras inovações. Esses países de alto desempenho também tendem a orientar seus suportes à pesquisa e inovação para obtenção de vantagens competitivas em futuras áreas de crescimento, como tecnologias verdes e saúde. Em contraste, as pequenas economias abertas da área da OCDE com alta exposição ao comércio e aos investimentos estrangeiros diretos tendem a eleger como prioridades da política os desafios da globalização do CT&I e aumento da cooperação internacional.

Segundo a OCDE, as economias emergentes em fase de convergência também buscam responder aos desafios colocados pela globalização do CT&I, uma vez que buscam escapar da “armadilha da renda média” e alcançar, por meio de inovações, os segmentos de maior valor agregado das cadeias globais de valor (GVC, na sigla em inglês). Esses países mobilizam inovações para diversificar suas economias e para construir áreas competitivas estratégicas. Esse é o caso da China, que tem como meta transformar a economia do país, com crescimento impulsionado por inovações, até 2020, e também da Indonésia, Índia, África do Sul e Peru. Já países como Argentina, Chile, México, Tailândia e Turquia estão colocando maior ênfase em áreas de prioridades estratégicas e de competitividade relativa.

Índice de Prioridade nas Políticas Nacionais de Ciência e Inovação
(Média de 42 países que participaram das pesquisas em 2014 e em 2016)

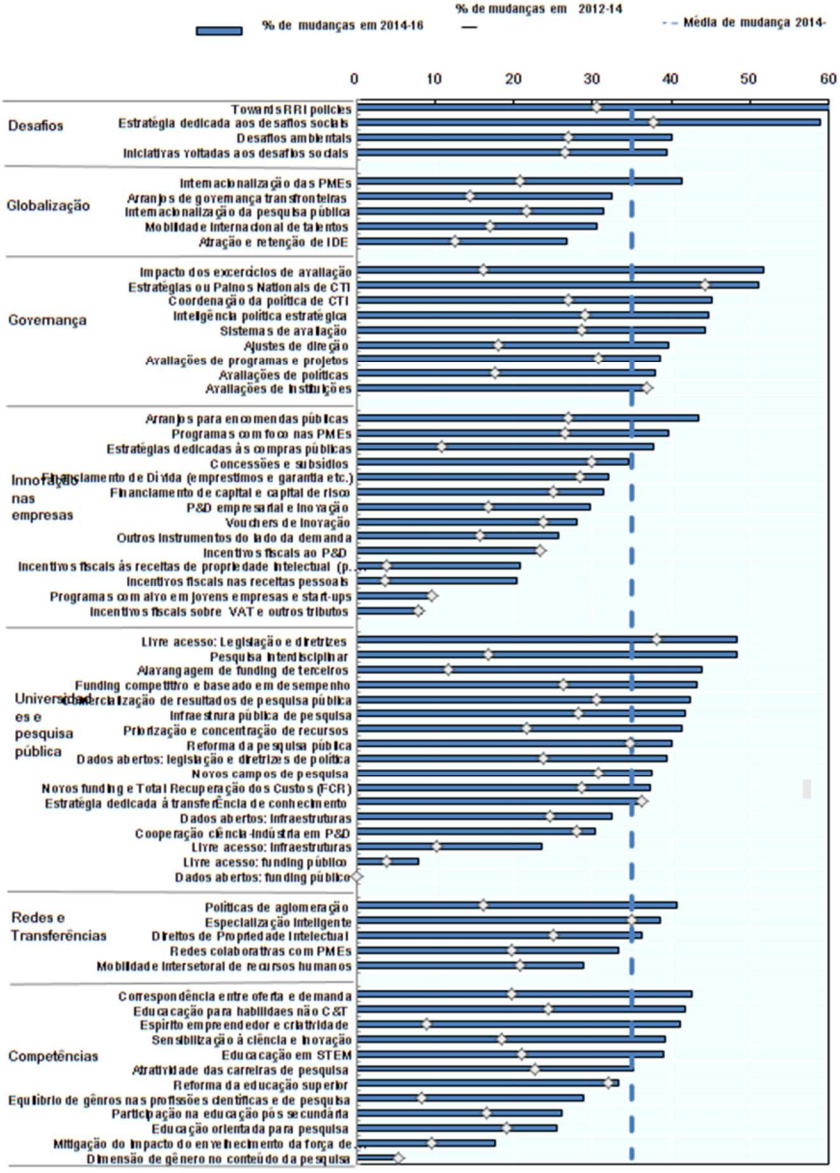


Extraído de OCDE (2016), p. 167.

Nota: Comparação entre 2014 e 2016 foi realizada apenas para os países que participaram de ambas as pesquisas. O Gráfico exclui países que não forneceram informação em 2014 (Brasil e Egito) ou em 2016 (Dinamarca e Índia), bem como os novos participantes em 2016 (Croácia, Chipre e Tailândia). A classificação de prioridade de políticas é uma média simples da classificação fornecida pelos países.

Mudanças nas Combinações de Políticas de Inovação por Área de Política

Número de iniciativas que foram adotadas, descartadas ou revisadas durante 2014-16 em % das iniciativas de políticas ativas no portfólio de 2014



Extraído de OCDE (2016), p. 168.

Estratégias Nacionais de Inovação

De acordo com a OCDE, as estratégias nacionais de CT&I tornaram-se um importante pilar das estratégias de crescimento pós-crise e desempenham várias funções na formulação de políticas governamentais:

- Em primeiro lugar, articulam a visão do governo sobre a contribuição da CT&I para o desenvolvimento social e econômico de um país.

- Em segundo lugar, estabelecem prioridades para o investimento público em CT&I e identificam o foco das reformas governamentais (por exemplo, o financiamento da pesquisa universitária, sistemas de avaliação). As estratégias também mobilizam os atores da CT&I em torno de objetivos específicos (por exemplo, questões energéticas, ambientais ou de saúde), e podem ajudar a orientar os investimentos de atores privados bem como das universidades e institutos públicos de pesquisa para áreas ou tecnologias prioritárias.

- Em terceiro lugar, a elaboração destas estratégias pode envolver as diferentes partes interessadas (comunidade científica, agências de financiamento, empresas, sociedade civil, governos regionais e locais) em consultas amplas que ajudam a construir uma visão comum do futuro e facilitam a coordenação no âmbito do sistema de inovação.

De acordo com a OCDE, as estratégias nacionais de CT&I seguem uma visão e são formuladas com base em evidências apoiadas em dados e com utilização de ferramentas de oportunidade, tais como cenários e análise de forças-debilidades-oportunidades-ameaças (SWOT, na sigla em inglês). O processo de desenvolvimento de uma estratégia de inovação é talvez mais importante do que o próprio documento, pois ajuda a revelar problemas, barreiras e oportunidades ocultas, além de promover um processo de aprendizagem.

Os aspectos operacionais das estratégias nacionais são frequentemente deixados a cargo dos atores de inovação, como os ministérios, ou das agências governamentais de execução e financiamento. Em alguns casos, as estratégias nacionais articulam as prioridades da política de CT&I em termos da combinação dos instrumentos de política. Dado a amplitude da política de inovação, há um grande número de instrumentos na caixa de ferramenta, que ultrapassam o foco estrito em pesquisa. A título de exemplo, o relatório menciona que as estratégias nacionais da Austrália, Bélgica e Finlândia incluem esquemas de incentivos fiscais para o P&D.

Em vários países, as estratégias nacionais para CT&I estabelecem metas quantitativas para o desempenho e progresso, especialmente para os gastos com P&D. O volume do gasto bruto com P&D (GERD, na sigla em inglês) a ser alcançado é, em geral, expresso como porcentagem do PIB e, em alguns casos, as contribuições relativas dos setores público e privado também são especificadas. Alguns países definem e monitoram metas também para outras variáveis. Por exemplo, a China estabelece metas para o resultado dos investimentos em CT&I em termos de patentes, citações, publicações e crescimento da produtividade verde, enquanto a Coreia do Sul monitora a criação de emprego relacionado à ciência e tecnologia.

Muitos países definem em suas estratégias nacionais de CT&I regras para avaliação. São objetos de avaliação não somente os instrumentos e a intervenção política discreta, mas também o inteiro portfólio de pesquisa ou o sistema de pesquisa e inovação em sua totalidade.

No entanto, mudanças no contexto no qual as inovações emergem e as intervenções de política ocorrem têm exigido ajustes nas estratégias nacionais. O desenho de políticas de inovação e a definição de estratégias nacionais tornam-se cada vez mais complexos à medida que o governo procura adaptar a dinâmica interna do sistema nacional de CT&I e equilibrar a mudança na política de CT&I com mudanças externas nas políticas públicas. De um lado, as políticas de inovação têm como objetivo responder a um amplo leque de desafios, mobilizar um amplo conjunto de políticas e de atores e participantes de CT&I, ao mesmo tempo em que, de outro lado, restrições orçamentária e intensa concorrência de interesses políticos (como sustentabilidade dos sistemas de previdência e saúde) pressionam fortemente o orçamento público para inovação.

Para escapar da armadilha de baixo crescimento, os governos têm procurado, em particular, fortalecer a competitividade doméstica. Por essa razão, o aumento da capacidade inovadora das empresas domésticas tornou-se o cerne dos planos nacionais de ciência, tecnologia e inovação em muitos países da OCDE e nas economias emergentes. Os formuladores de política se concentram cada vez mais em fortalecer a capacidade das empresas em investir em P&D e em inovação, bem como em melhorar a eficácia da combinação de políticas científicas, tecnológicas e de inovação.

De acordo com o relatório, no grupo dos países da OCDE, algumas das principais iniciativas de integração das estratégias nacionais de inovação nos programas de competitividade foram realizadas pelos grandes atores em inovação, a saber:

- Na Alemanha, a Estratégia de Alta Tecnologia foi revista em 2014 para melhor integrar as perspectivas de mercado para áreas tecnológicas específicas e a

necessidade de responder aos desafios sociais. A revisão de 2014 colocou ênfase nas empresas inovadoras de pequeno e médio porte.

- A Austrália adotou, em 2014, seu Programa Nacional de Investimento e Competividade da Indústria (IICA, na sigla em inglês) e estabeleceu uma força-tarefa ministerial para promover a produtividade mediante P&D e inovação. Em 2015, foi lançado o Programa Nacional de Ciência Inovação, que tem o propósito de impulsionar a ciência e a inovação na Austrália em quatro áreas-chave: capital e cultura, colaboração, talentos e competências e governo, como exemplo.

- A Coreia do Sul lançou, em 2015, seu Plano de Ação para a execução do seu Terceiro Plano de C&T. Um montante da ordem de US$ 21 bilhões foi direcionado para os investimentos nacionais em P&D e, entre outros objetivos, para desenvolver tecnologias estratégicas e criar novas indústrias.

- Os Estados Unidos atualizaram, em 2015, a Estratégia para Inovação Americana que funciona como guia de referência para os investimentos nos componentes básicos das inovações norte-americanas e para a promoção de mercados competitivos e empreendedorismo produtivo.

- No Japão, o Quinto Plano Básico de C&T (2016-2020) fornece as orientações de médio e longo para a política nacional de CT&I e responde, entre outros, aos desafios políticos de elevar a competitividade da indústria de transformação.

- No Reino Unido, o novo Plano de Produtividade busca assegurar a infraestrutura e o ambiente necessários para o processo inovador nos setores de pesquisa e empresa-empresa. Como parte dessa iniciativa, o Plano de Competitividade estabelece um conjunto de políticas para melhoria do ambiente de negócios e para assegurar ampla concorrência.

O relatório destaca que, nas principais economias emergentes, o potencial de contribuição da pesquisa e inovação para o crescimento econômico e produtividade também tem sido enfatizado nos programas nacionais:

- Na China, o 13º Plano Quinquenal (2016-2020) tem como objetivo fortalecer a competitividade e a influência internacional da China em ciência e tecnologia, bem como avançar no desenvolvimento de áreas tecnológicas fundamentais e críticas para a reestruturação econômica e modernização industrial.

- No Brasil, a nova Estratégia Nacional para CT&I (2016-2019) busca resolver as defasagens tecnológicas do país e elege como alvo algumas poucas indústrias

promissoras (energias renováveis, petróleo submarino, espaço e tecnologia de informação).

- A Rússia anunciou, em 2015, a Iniciativa Tecnológica Nacional, que estabeleceu um novo modelo de longo prazo para alcançar a liderança tecnológica. Os alvos da iniciativa são os novos mercados tecnológicos, como os *drones* não pilotados para os setores industriais e de serviços, produtos neurotecnológicos, soluções baseadas em rede para a entrega personalizada de alimentos.

Parcerias Público-Privadas em CT&I

Embora não seja um fenômeno recente, as parceiras público-privadas (PPPs) se tornaram um componente-chave dos programas de inovação em áreas prioritárias das estratégias nacionais de vários países-membros da OCDE. Do ponto de vista dos governos, além de ser um instrumento atraente para correção das falhas de mercado e de coordenação nas atividades de pesquisas e inovação e, desse modo, alavancar os investimentos privados em CT&I, as PPPs podem tornar as políticas de pesquisa e inovação mais receptivas aos desafios globais e sociais. Para as empresas, a parceira com a pesquisa pública pode ajudar a solucionar problemas, desenvolver novos mercados ou gerar valor por meio da cooperação e coprodução. Ademais, as PPPs oferecem oportunidades para compartilhar riscos, recursos e orientação.

As modalidades de PPPs em CT&I são bastante diversas, incluem: programas de pesquisa colaborativa, centros de pesquisa tecnológica (com *funding* público e privado), encomendas de inovação, programas de extensão e comercialização tecnológica, entre outros. De acordo com a OCDE, as PPPs em pesquisa e inovação vão além da pesquisa pré-comercial e pode contemplar investimentos conjuntos em infraestrutura tecnológica, desenvolvimento de recursos humanos, atividade de desenvolvimento e testes tecnológicos, bem como compromissos de comercialização.

No mundo econômico atual, as PPPs em pesquisa e inovação são concebidas como relação jurídica ou acordos legais com período de tempo fixo ou indefinido entre atores públicos e privados, tais como indústrias, universidades, institutos de pesquisa tecnológica, empresários. Nas PPPs, ambos os lados participam do processo decisório e investem recursos escassos, como dinheiro, pessoal qualificado, facilidades e informação, com propósito de alcançar objetivos comuns de pesquisa e inovação. Os

parceiros compartilham riscos, recompensas e responsabilidade pelos investimentos conjuntos.

As PPPs são incentivadas através de consórcios de financiamento (por exemplo, Irlanda, Peru e Espanha) e de iniciativas / centros de pesquisa conjuntos. A Suécia e o Reino Unido investiram recentemente US$ 35 milhões e US$ 725 milhões, respectivamente, em iniciativas de parceria estratégica de grande escala com o potencial de levantar um montante equivalente de financiamento privado. No âmbito da UE, as novas PPPs incluem as iniciativas tecnológicas conjuntas de longo prazo (JTI, na sigla em inglês), que deverão receber US$ 12 bilhões do setor privado ao longo dos próximos sete anos.

Segundo o relatório, nos anos recentes, as PPPs mais estratégicas que têm surgido nos países da OCDE buscam resolver desafios específicos nos setores industriais e tecnológicos e têm um horizonte de mais longo prazo do que os tradicionais esquemas de colaboração público/privado. Nessas PPPs, participam pelo menos três parceiros, os quais, em geral, se comprometem com amplo volume de *funding* durante toda a vida do projeto, o que ajuda a reduzir a incerteza na pesquisa e inovação. Os resultados do projeto são especificados de modo a apoiar atividades de pesquisa não genéricas pré-competitiva e as atividades de inovação conexas com objetivo de abordar problemas de longa data e gerar novos conhecimentos e tecnologias com grande potencial de fortalecer a base industrial nacional, criar empregos e influenciar áreas de importância estratégica.

Exemplos de PPPs estratégicas voltadas a problemáticas específicas em setores industriais ou tecnológicos são encontrados no Canadá (programa cooperativo no setor aeroespacial), nos Estados Unidos (Instituto Nacional de Inovação em Manufatura Aditiva), Holanda (política de setores-chave). Há igualmente PPPs com foco em áreas científicas e tecnológicas emergentes, como nanotecnologia e tecnologias relacionadas à mudança climática, que estão, em geral, alinhadas com as estratégias nacionais de inovação, como são os casos: da Aliança Estratégica Pesquisa-Indústria na China, da Aliança para Inovação e do programa *Research Campus*, ambos na Alemanha, do Programa de Subvenção para Redes Estratégicas no Canadá, e do Consórcio Magneto em Israel e do Programa Estratégico para Inovação Industrial na França.

Outros exemplos de PPPs lançados nos últimos anos em áreas de CT&I que são estratégicas, de longo prazo, de larga escala, elevado risco e diversos parceiros incluem: o Programa Centros de Pesquisa da Irlanda, que busca desenvolver centros de pesquisa de classe mundial, o Programa Campus Pesquisa na Alemanha, o qual busca fortalecer a cooperação entre ciência e indústria, e o Feder-Interconecta da Espanha, cujo

propósito é o desenvolvimento de novas tecnologias em áreas tecnológicas voltadas ao futuro.

No âmbito da União Europeia, três programas de pesquisa de larga escala baseado em PPPs foram lançados em 2008 em áreas particularmente afetadas pela crise mundial: Fábricas para o Futuro, Edifícios com Eficiência Energética, Veículos Verdes. Essas PPPs estratégicas se mostraram úteis para fortalecer as cadeias europeias de valor e promover as PMEs que representam 25% dos parceiros nos projetos. No atual programa europeu de pesquisa, o Horizonte 2010, as PPPs desempenham um papel- chave para encorajar pesquisa e inovação em áreas estratégica.

De acordo com o relatório, nos anos recentes, as PPPs também estão se tornando um instrumento popular nas políticas verticais de inovação em inúmeros países da OCDE. As PPPS integram amplos pacotes de políticas de apoio a estratégias de especialização inteligente e a programas setoriais de inovação, como os programas de aglomeração e os programas regionais de inovação. Exemplos de políticas verticais de inovação com foco em PPPs incluem: o Programa de Cluster de Inovação da Suécia, os Institutos de Pesquisa Tecnológica na França e o Programa *Greentic* na região belga da Valônia.

Outra importante tendência identificada no período recente nos países da OCDE refere-se à inclusão de PMEs nas PPPs em CT&I. De modo crescente, as iniciativas de PPP requerem ou visam diretamente as PMEs para colaboração com as instituições públicas de pesquisa. Exemplos são encontrados na Dinamarca, Espanha, Bélgica e México.

Em diversos países, foram criados plataformas e polos tecnológicos nacionais, que funcionam como espaços físicos e virtuais para empresas e institutos públicos de pesquisa se conectarem e obterem acesso a recursos, competências e assistência técnica. Alguns governos também introduziram programas de transferência de tecnologia (Alemanha, Lituânia), explorações tecnológicas (Coreia do Sul) e aceleradores (Turquia) para ajudar a trazer os resultados da pesquisa pública para o mercado. Em âmbito internacional, os países bálticos lançaram um projeto Baltic BSR Stars (2015-17) que visa criar fortes ligações entre ambientes de pesquisa, *clusters* e redes de PMEs entre os países dessa região. Algumas dessas iniciativas incluem esquemas de PPP, como são os casos dos Centros Catapulta no Reino Unido e da Agência Callaghan de Inovação na Nova Zelândia, do Programa Adaptável e Transparente de Transferência de Tecnologia (A-Step) do Japão.

O relatório destaca igualmente o crescente uso de PPPs nas colaborações internacionais em CT&I. As iniciativas abrangem uma vasta gama de temas de inovação, que vão desde tecnologias de informação e comunicação e digitalização das atividades de CT&I e de

PPPs com foco em setor/indústria (automobilística, nanotecnologia, etc.) a preocupações mundiais em termos de saúde (doenças neurocognitivas como o mal de Alzheimer) e os grandes desafios do crescimento verde e da eficiência energética.

Existem várias vantagens em estimular a cooperação internacional em PPPs. Além da complementariedade de conhecimento entre diferentes regiões geográficas e organizações, a colaboração internacional no estágio de desenvolvimento possibilita, sobretudo, em biotecnologias, a realização de teste em diferentes condições e contexto, o amplo compartilhamento de resultados e padronização dos parâmetros.

Políticas Nacionais de Aglomeração

A maioria dos países da OCDE adota um enfoque baseado em *clusters* para inovação A razão principal para as políticas públicas promoverem a aglomeração, mediante investimento em infraestrutura, conhecimento, atividades de rede e em treinamento, reside no fato de que ampliam os efeitos de transbordamento do conhecimento, o que resulta em mais inovação, elevação de produtividade e aumento da competitividade.

Desde a década de 1990, países como Alemanha, Áustria e Finlândia têm estimulado a formação de aglomerações. Em países mais intensivos em P&D, os *clusters* tendem a ser guiados pela ciência e tecnologia e frequentemente são componentes-chave das políticas nacionais de apoio aos vínculos entre universidades e institutos de pesquisa e o setor empresarial. Em países menos intensivos em P&D, as aglomerações de empresas são formadas, em contraste, com base em vantagens comparativas setoriais.

Os instrumentos de política para promoção de aglomeração incluem o fornecimento de recursos condicionados à localização, de edifícios e facilidades para que as empresas operem, geralmente, em estreita proximidade com serviços de inovação empresarial, tais como escritórios de transferência de tecnologia e incubadoras. Outras ferramentas para promover intercâmbios e cooperação em *cluster*s incluem a organização regular da reunião de representantes dos membros do *cluster* e outras organizações com o objetivo de encontrar parceiros adequados para atividades de inovação e inovações. Frequentemente, os *clusters* são desenvolvidos nas vizinhanças de universidades e institutos públicos de pesquisa já existentes, os quais provêm conhecimentos, competências e infraestrutura necessária para inovação e empreendedorismo, sobretudo nos setores de alta tecnologia.

Segundo o relatório, alguns países da OCDE reformaram recentemente suas políticas nacionais de aglomeração para promover um modelo de desenvolvimento baseado em redes de *clusters*, no qual as aglomerações localizadas em diferentes áreas e ativas em diferentes setores industriais são estimuladas a estabelecer vínculos entre si, doméstica e internacionalmente. Os elementos desta abordagem baseada em redes incluem, muitas vezes, o reforço do componente de pesquisa do *cluster* e abordagens interdisciplinares e intersetoriais. Exemplos desse novo enfoque são encontrados em países como Alemanha, onde a integração das empresas e da ciência nos fluxos mundiais de conhecimento mediante a internacionalização de *clusters* de ponta faz parte da Estratégia Nacional de Alta Tecnologia, bem como Austrália, Finlândia, França, Hungria e Polônia.

Países como Austrália, Bélgica (Flandres), Croácia, Polônia, Portugal, Eslovénia e Turquia também revisaram as suas políticas de *clusters* ou introduziram programas de apoio à internacionalização de *clusters*-chave e ao fortalecimento de suas capacidades para se engajarem nos mercados internacionais e cadeias mundiais de abastecimento. Na Noruega, a iniciativa Centros Globais de Especialização que integra o Programa Clusters de inovação é dirigida a *clusters* maduros com uma posição global. O seu objetivo é melhorar a posição concorrencial dos *clusters*, nomeadamente a sua atratividade dentro das GVC.

Em países como Alemanha, França, Irlanda, Itália, Japão Reino Unidos e Turquia, a atenção política tem recentemente se concentrado também no fortalecimento do componente pesquisa dos *clusters* e dos vínculos entre as universidades e organizações públicas de pesquisa e o setor empresarial. De acordo com o relatório da OCDE, como o aprofundamento da globalização e a crescente concorrência estão incentivando a especialização e internacionalização dos *clusters*, os governos têm reorientado a ação política em áreas com alto potencial de efeitos de transbordamento positivos.

Diversos países membros da OCDE e em alguns poucos países não membros estão adotando políticas de promoção de *clusters* com foco interdisciplinar e multissetorial. A vinculação de diferentes setores é vista como uma oportunidade para promover a pesquisa e inovação de ponta. Políticas de promoção de *clusters* com um claro enfoque intersetorial, têm sido, por exemplo, desenvolvidas na Colômbia (notadamente nas áreas de biotecnologia e agroalimentar), na França e na Holanda.

Políticas de Estímulo ao P&D e às Inovações nas Empresas

As empresas são os principais atores dos sistemas nacionais de inovação. São elas que transformam ideias em valor econômico e empregos e respondem pela maior parcela dos gastos domésticos com P&D na maioria dos países e realizam, igualmente, inovações não tecnológicas. Ademais, empresas recém-criadas podem explorar conhecimentos que não são utilizados pelas empresas existentes, o que é especialmente verdadeiro nos setores intensivos em conhecimento.

Para estimular P&D e inovação empresarial, os governos utilizam combinações de políticas e empregam um amplo leque de instrumentos. Segundo a OCDE, a combinação de políticas para a promoção de inovação ganhou popularidade ao logo das duas últimas décadas em um contexto de complexidade e incerteza crescentes. A maior complexidade resultou do maior número e variedade de objetivos, arranjos, participantes, alvos e instrumentos, que requer um enfoque holístico na governança, bem como da necessidade de avaliação de política baseada em evidências.

O suporte governamental ao P&D e à inovação se justifica como meio de superar falhas de mercado que deprimem o nível de P&D e atividade de inovação em uma economia. O apoio governamental assume várias formas e inclui:

- Suporte financeiro, o qual pode ser direto, como subvenções, empréstimos, garantias, encomendas; ou indireto, como os incentivos fiscais (ver Tabela abaixo);

- Suporte não financeiro, que inclui o fornecimento de serviços (rede, treinamento, campanhas de informação), acesso a facilidades (plataformas tecnológicas, aceleradores, tecnologia de informação e comunicação), o fornecimento de pessoal (cessão, programas de tutoria, etc.) e provisão de visibilidade e reconhecimento (prêmios, recompensas, padronização, normas técnicas);

- Infraestrutura e plataformas de CT&I, que promovem e fortalecem a interação e os fluxos de conhecimento entre os atores de CT&I.

- Regulação que define e limita as interações e os comportamentos das empresas, incluindo legislação em áreas com impacto nas decisões das empresas, tal como direito de propriedade intelectual, imigração, universidades;

- Instituições e governança, as quais abrangem todos os arranjos de governança no âmbito nacional, regional e local e as instituições e normas relevantes ao sistema nacional de inovações.

Uma das mais comuns características das combinações de políticas é, segundo o relatório, a sua natureza binária: instrumento do lado da oferta versus do lado da demanda; *funding* direto versus indireto; apoio genérico versus suporte direcionado, etc. Instrumentos do lado da oferta visam estimular a oferta e a produção de conhecimento, com o propósito de acelerar os efeitos transbordamento do conhecimento e as externalidades, enquanto os instrumentos do lado da demanda buscam impulsionar as oportunidades de mercado e a demanda por inovação, bem como encorajar os fornecedores a atender às necessidades dos usuários. Apoios direcionados a tecnologias, setores ou tipos de empresas promovem campos específicos de P&D e inovação ou setores industriais ou tipos específicos de empresas, como as PME ou empresas de base tecnológica recém-criada.

A intervenção política para a inovação empresarial visa uma grande variedade de atores, incluindo empresas, mas também outros. O apoio público pode ser diferenciado pelo tamanho da empresa, idade, indústria (ou setor), nível tecnológico ou intensidade de P&D. Pode igual ter como alvo atores não empresariais, tais como: as universidades (para encorajar, por exemplo, consultoria acadêmica, mobilidade setorial e P&D colaborativo), intermediários de CT&I como os incubadores, administração pública (para incentivar encomendas governamentais de inovação e facilitar o acesso de PMEs nas licitações públicas) e indivíduos (empresários, os mais altamente qualificados, etc.).

O relatório apresenta os resultados do mapeamento em larga escala, realizado pela OCDE em conjunto com a UE, da combinação de políticas para P&D e inovação empresarial em 52 países, incluindo os países da OCDE e os principais países não membros, que representam estimados 98% do P&D mundial. Esse mapeamento mostra tanto as mudanças nos anos recentes como as alterações esperadas para o futuro próximo.

Em geral, os governos pretendem melhorar a capacidade e as competências das empresas para P&D e inovação. Este objetivo estratégico está no coração da política nacional de inovação na maioria dos países abrangidos pela enquete realizada pela OCDE e UE, independentemente do grau de avanço e das peculiaridades nacionais dos seus sistemas de inovação.

De acordo com o relatório, uma parcela crescente do orçamento governamental para P&D tem sido alocada para o setor empresarial e não para a pesquisa pública,

sinalizando uma mudança da política em termos de objetivos estratégicos (aumento da capacidade de inovação das empresas), instrumentos e alvos (empresas). Entre 2006 e 2013, houve um aumento de esquemas generosos de incentivos fiscais para P&D. Em vários países, a parcela de recursos governamentais destinada às atividades de P&D empresariais cresceu em ritmo superior ao da parcela destinada à pesquisa pública.

As tendências recentes de política mostram que, na última década, muitos países se moveram em direção ao uso mais balanceado de combinação de políticas. Todavia, vários países estão alterando sua combinação de políticas com maior ênfase no uso de instrumentos direcionados a setores, tecnologias e tipos específicos de empresas. Igualmente, ainda que a grande maioria das políticas nacionais tenha como foco bem-estabelecido o lado da oferta, observa-se uma recente emergência de políticas com alvo no lado da demanda, que estimulam e articulam a demanda governamental por soluções e produtos inovadores das empresas.

A combinação e o uso relativo dos instrumentos de *funding* das atividades de CT&I ainda variam significativamente entre os países. Embora haja algumas tendências convergentes, também existem arquétipos nacionais bem-estabelecidos de política de inovação empresarial. Por exemplo, Bélgica, Canadá, França e Holanda adotam a abordagem de forte apoio às empresas por meio de *funding* indireto, utilizando incentivos fiscais ao P&D. Já países como Alemanha, Estônia, Finlândia, México, Suíça e Suécia concedem exclusivamente suporte direto. Segundo a OCDE, a China aparece como uma exceção com sua enorme carteira para financiamento de capital.

Tipologia dos Instrumentos de Política de Estímulos ao P&D e à Inovação Empresarial

Instrumentos de Financiamento			Principais Características
***Funding* Público Direto**	**Subvenções e subsídios**		Esse é o mais comum dos instrumentos de *funding* público. É um instrumento de uso discricionário. É usado como fundos-semente para *start-ups* e PMEs inovadoras. Em geral, o reembolso dos recursos não é exigido. As subvenções são concedidas em processo competitivo e em alguns casos requer cofinanciamento privado
	Financiamento de dívida	Crédito bancário	Crédito público subsidiado, com exigência de colaterais e garantias. Há obrigatoriedade de pagamento da dívida. O credor não recebe participação acionária.
		Subvenções reembolsáveis e adiantamentos	Reembolso parcial ou total dos recursos recebidos, em alguns casos sob a forma de *royalties*. Pode exigir cofinanciamento privado
		Garantias de crédito e mecanismos de compartilhamento de risco	Esse instrumento é largamente utilizado para resolver as restrições financeiras das PMEs e *start-ups*. Frequentemente, é combinado com o fornecimento de serviços complementares, como treinamento, assistência e informação.
	Financiamento de Dívida/Capital Próprio	Dívida não bancária/*equity funding*	Canais de novo *funding*. Plataformas de crédito inovadoras, crédito não bancário e fundo de capital.
		Mezzanine *funding*	Combinação de vários instrumentos financeiros com diferentes graus de risco e rentabilidade que incorporam elementos de crédito e de capital acionário em um único veículo de investimento. Instrumento adequado para PMEs com forte posição de recursos líquidos e perfil de crescimento moderado.
	Financiamento de Capital Próprio	Fundo de capital de risco e fundo de fundos	Recursos fornecidos por investidores institucionais (bancos, fundos de pensão, seguradoras, etc.) que são investidos em empresas em seus estágios iniciais e de expansão. Em geral, esses investimentos são realizados nos estágios finais, de menor risco. O investidor recebe participação acionária. E o desinvestimento ocorre após 10-12 anos.
		Investidores anjo	Fornece recursos, competência, tutoria e facilidade de rede. Os investidores anjo investem em grupo ou em rede em *start-ups* e nos estágios iniciais.
	Encomendas públicas para P&D e inovação		Criam demanda por produtos e serviços que ainda não existem ou focam na aquisição de serviços de P&D (encomenda pré-comercial de P&D). Fornece suporte financeiro nos estágios iniciais de pequenas empresas de base tecnológica inovadora, de elevado risco e de potencial comercial esperado.
	Serviços de consultoria tecnologia e programas de extensão		Expandem a difusão e adoção de tecnologias já existentes e contribuem para aumento da capacidade de absorção de empresas-alvo, em particular PMEs. Provêm informação, assistência técnica, consultoria e treinamento. São particularmente importantes em países de baixa renda.
	***Vouchers* de inovação**		Pequenas linhas de crédito para as PMEs para compras de serviços de fornecedores públicos de conhecimento, com objetivo de introduzir inovações em seus negócios.
***Funding* Público Indireto**	**Incentivos Fiscais**	Incentivos fiscais sobre a tributação da renda das corporações	Instrumento indireto não discriminatório utilizado na maioria dos países. Amplo conjunto de arranjos tributários relacionados à renda das corporações, incluindo incentivo fiscal aos gastos com P&D, e menos frequentemente incentivos fiscais com os ganhos relacionados com propriedade intelectual.
		Incentivos fiscais sobre a tributação da renda pessoal e outros tributos	Instrumento indireto e não discriminatório disponível em inúmeros países. Amplo conjunto de incentivos fiscais para investimentos empresariais e em P&D e receitas que se aplica sobre o imposto de renda pessoal, imposto sobre valor adicionado e outros tributos (consumo, terra, propriedade, etc.

Elaborado a partir de OCDE (2016), cap. 8 online, seção 2, p. 2.

1. Suporte financeiro público ao P&D e Inovação. Segundo a OCDE, o financiamento das atividades privadas de P&D e de inovação foi fortemente afetado pela crise de 2008. Mesmo com a reativação econômica no pós-crise, as condições de financiamento para inovação permanecem fracas, sobretudo, para as pequenas e médias empresas (PMEs), que lutam para recompor suas margens de lucro, sua principal fonte de recursos. Ainda

que as fontes externas de *funding*, como o crédito bancário, o capital de risco e os investimentos de *business angels*, estejam mais acessíveis, o avanço tem se dado a taxas vagarosas e bastante desiguais entre os países.

Para as grandes empresas, a situação é bem diferente. Em primeiro lugar, as multinacionais, em particular, dependem menos de crédito bancário para financiar seus investimentos em inovação. Em segundo lugar, seus níveis de rentabilidade foram recuperados rapidamente depois da crise, com algumas empresas acumulando grandes reservas de recursos financeiros não investidos na produção. Incertezas do lado da demanda e maior aversão ao risco do lado da oferta contribuíram para as débeis perspectivas de negócio e para o baixo investimento, limitando o potencial para ampliação das atividades de inovação.

Embora a maior parte das atividades de P&D executadas pelas empresas seja financiada pelo próprio setor privado empresarial (média de 86,5% na área da OCDE em 2013), o suporte financeiro público cresceu significativamente ao longo da última década tanto em termos absolutos como em termos relativos. As maiores taxas de crescimento relativo foram verificadas na Bélgica, Hungria e Irlanda, onde o apoio financeiro direto combinado com a concessão de incentivos fiscais às atividades privadas de P&D e inovação mais do que dobram entre 2006 e 2014.

Na maioria dos países, 10% a 25% dos gastos empresariais com P&D são financiados com dinheiro público. No Canadá, Chile, França e Hungria, mais de um quarto do gasto privado com P&D é financiado pelo governo mediante a combinação de apoio financeiro direto e indireto. Os esquemas mais generosos de suporte governamental ao P&D empresarial são encontrados na Rússia, Bélgica, França, Coreia do Sul e Irlanda, onde a intensidade do suporte público medido em termos do PIB supera 0,35%.

De acordo com o relatório da OCDE, vários países ampliaram os gastos públicos com P&D empresarial e inovação entre 2014 e 2016. Esse aumento reflete o fato de que, na grande maioria dos países, o suporte à inovação empresarial e ao empreendedorismo tornou-se, como mencionado anteriormente, uma das prioridades das estratégias nacionais de CT&I.

Na amostra de 52 países pesquisados pela OCDE/UE em 2016, as subvenções competitivas, os financiamentos de capital e os financiamentos de dívida (empréstimos, garantias e mecanismos de compartilhamento de risco) são os instrumentos de política mais utilizados. Não obstante, as modificações observadas na combinação de instrumento de políticas, o *funding* direto permanece, todavia, como o principal canal de apoio governamental em inúmeros países.

O suporte financeiro direto permite aos governos estimular atividades específicas de P&D e orientar os esforços empresariais para novas áreas de P&D ou para áreas com elevado retorno social e perspectivas de rentabilidade baixa como tecnologias verdes e inovação social. O financiamento governamental direto do P&D empresarial também encoraja pesquisa e inovação radicais.

Em geral, o suporte financeiro público direto é concedido sob a forma de subvenções competitivas, financiamento de dívida, como os empréstimos para projetos de P&D, financiamento de capital. As garantias e demais mecanismos de compartilhamento de risco são também amplamente utilizados para diminuir o risco de crédito assumido pelos credores, melhorando o acesso das empresas ao mercado de crédito. Vários países contam igualmente com esquemas e fundos para aporte de capital semente nas empresas de base tecnológica recém-criadas.

Alguns desses instrumentos de suporte direto estão vinculados a esquemas de encomenda pública. Em países, como Estados Unidos e França, grande parte do apoio governamental ao P&D é concedida a empresas da indústria de defesa para desenvolver equipamentos militares e aplicações civis potenciais. No âmbito dos programas de encomenda governamental, o governo retém a propriedade intelectual dos resultados das pesquisas conduzidas. Isso não acontece nos demais esquemas de financiamento público direto, nos quais o resultado das pesquisas pertence às empresas executoras do P&D.

Serviços de consultoria e de extensão tecnológica é outro tipo de instrumento de suporte direto bastante utilizado por governos de países desenvolvidos e em desenvolvimento. Em geral, esses serviços são utilizados para promover a difusão de tecnologias existentes e contribuir para aumentar a capacidade de absorção das empresas-alvo. Os serviços de extensão tecnológica incluem, usualmente, uma fase de diagnóstico, na qual são avaliadas as operações, práticas e gestão estratégia da empresa, e uma fase de execução, na qual a empresa que recebeu a assistência coloca em prática seu plano de desenvolvimento. De acordo com a OCDE, esses serviços são particularmente importantes em países de baixa renda, onde empresas dispersas geograficamente operam distanciadas das melhores práticas internacionais.

A OCDE destaca que os desenvolvimentos recentes no *funding* direto se baseiam em abordagens favoráveis aos mercados, encorajando a seleção competitiva e a simplificação dos esquemas de suporte governamental. A simplificação das políticas de ciência e inovação tem se tornado uma questão central em inúmeros países da OCDE bem como em países não membros em razão da complexidade crescente das políticas

de inovação e da austeridade orçamentária que pesa atualmente sobre as contas públicas nacionais. A simplificação dos programas de política também contribui para facilitar o acesso ao suporte público e encoraja uma difusão mais ampla.

Em 2014-2016, diversos países simplificaram seus programas e vários consolidaram ou fundiram os esquemas de suporte. Porém, apenas em poucos deles essas mudanças tiveram impacto negativo no volume total de suporte financeiro público alocado. Em diversos países, incluindo Bélgica, Suécia, Turquia e economias emergentes, como Brasil, Colômbia e Indonésia, as revisões na combinação de políticas resultou na ampliação do suporte governamental. De acordo com a OCDE, a Finlândia é o único país que relatou cortes tanto no número de esquemas de suporte como no montante de suporte financeiro concedido.

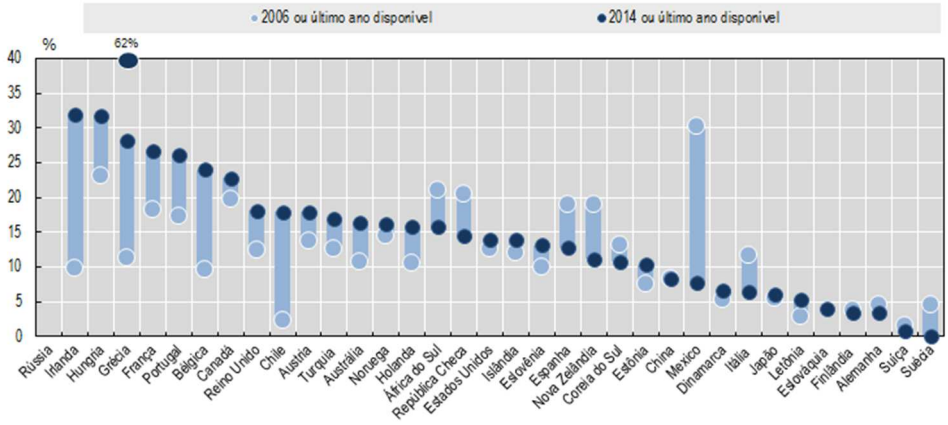
Segundo o relatório, em inúmeros países, as subvenções competitivas se mantêm como o principal instrumento da política de inovação. Em países, como Islândia, Noruega e Nova Zelândia ampliaram os orçamentos públicos para subvenções competitivas para P&D. Na Austrália, a iniciativa Centros de Crescimento da Indústria, lançada em 2014 prevê a concentração dos investimentos governamentais sob a forma de subvenção e subsídio em setores/indústrias-chave, como manufatura avançada, segurança cibernética e equipamentos de mineração.

Os serviços de consultoria e extensão tecnológica e, em menor medida, os financiamentos de dívida e de capital também emergem como instrumentos relevantes de política. Na esteira da crise financeira internacional, os países reforçaram a importância do financiamento de dívida e de capital em suas combinações de política para inovação. Em 2016, a França introduziu um novo programa de capital de risco corporativo, com o propósito de cobrir perdas das empresas mediante abatimento fiscal. Esse programa também permite amortizar, durante um período de cinco anos, as participações adquiridas pelas empresas no capital de PMEs inovadoras e de suas quotas em fundos de *private equity*. Já países como Áustria e Reino Unido ampliaram as iniciativas de crédito para P&D e inovação, enquanto os Estados Unidos renovaram os programas de garantia de empréstimos e de mecanismos de compartilhamento de risco para estimular inovação empresarial, em particular, no setor de energia limpa.

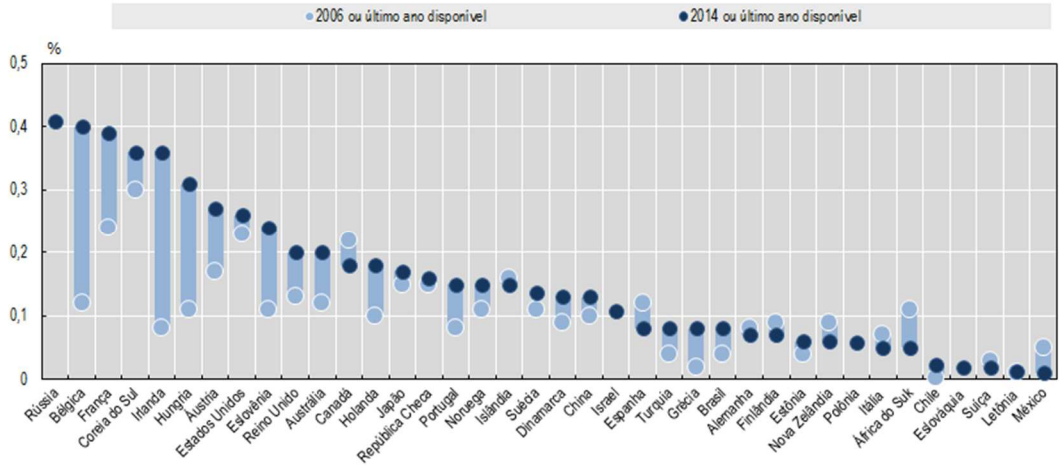
O uso de *voucher* de inovação se ampliou entre os países da OCDE e em economias emergentes entre 2012 e 2014, sem que mudanças expressivas tenham sido verificadas mais recentemente. Austrália, Estônia, França, Suécia e Turquia são alguns dos exemplos mencionados no relatório.

Suporte Público ao P&D empresarial - 2006 e 2014 ou mais próximo ano disponível

Suporte financeiro direto e indireto como % do total de gasto empresarial com P&D



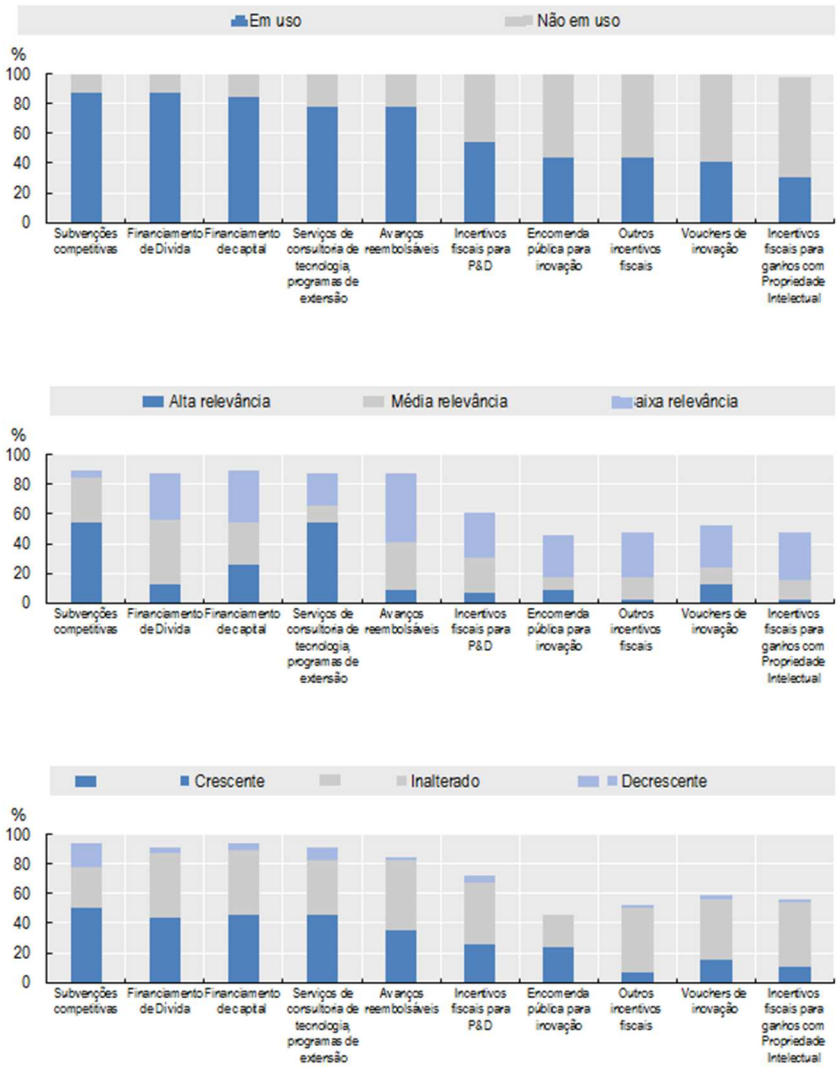
Suporte financeiro direto e indireto como % do PIB



Extraído de OCDE (2016), p. 175.

Principais instrumentos de *funding* para o P&D empresarial, 2016

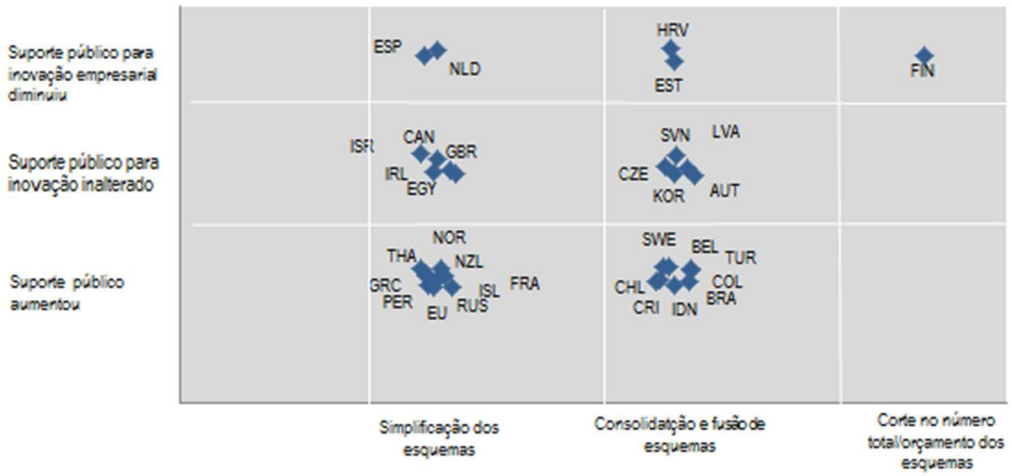
Como % das respostas dos países (52 países participantes da pesquisa)



Extraído de OCDE (2016), p. 177.

Mudanças nos Esquemas de Suporte à Inovação Empresarial, 2016

Avaliação declarada pelos países participantes



Extraído de OCDE (2016), p. 178.

2. Incentivos fiscais ao P&D e Inovação. Os incentivos fiscais ao P&D têm como propósito encorajar as empresas a investir em P&D por meio da redução do seu custo efetivo. De acordo com a OCDE na comparação com os instrumentos de apoio governamental direto ao P&D e Inovação, os subsídios fiscais apresentam algumas vantagens. Diferentemente da maioria dos tipos de subsídios diretos, os incentivos fiscais ao P&D são, em geral, concebidos de modo a permitir às empresas decidir a natureza e direções de suas atividades de P&D. Por essa razão, os incentivos fiscais ao P&D são, em princípios, instrumentos mais neutros e mais amigáveis ao mercado do que os instrumentos de suporte direto. Além disso, quando preservam sua natureza não discriminatória, os apoios fiscais indiretos são sujeitos a condições muito menos rigorosas do que àqueles que prevalecem nas regras internacionais de comércio e concorrência para os apoios governamentais diretos.

Em contraste, as potenciais desvantagens incluem seu escopo limitado para identificar e apoiar projetos com elevadas adicionalidades esperadas, como, aqueles que induzem P&D em comparação com o que seria efetivamente executado na ausência do incentivo. Em caso de monitoramento insuficiente, os incentivos fiscais ao P&D e à inovação podem, em realidade, apoiar atividades à jusante para as quais há menos justificativa de suporte, o que reduz as atividades de outras empresas. O uso generalizado de incentivos fiscais por parte de diferentes países para atrair atividades de P&D de corporações multinacionais também pode levar a uma forma de concorrência fiscal onde os efeitos dos incentivos fiscais nacionais de P&D podem ser anulados por aqueles introduzidos no exterior, resultando em perda global de receita fiscal com pouco ou nenhum impacto adicional sobre o nível de P&D.

Os incentivos fiscais ao P&D empresarial podem assumir duas formas. A primeira é o tratamento fiscal vantajoso das despesas de P&D (disposições baseadas nos gastos). A segunda é o tratamento preferencial dos rendimentos provenientes da concessão de licenças ou abatimento de ativos atribuíveis ao R&D ou às patentes (disposições baseadas nas receitas).

Os incentivos fiscais ao P&D baseados nos gastos são amplamente disponíveis na maioria dos países da OCDE e em muitos não membros. Na área da OCDE, apenas Alemanha, Estônia e Suíça não oferecem, atualmente, nenhum alívio fiscal para P&D na esfera central ou federal. Em inúmeros países, incentivos fiscais são também disponíveis para indivíduos agindo como empresas e alguns países, como Colômbia, Coreia do Sul, Dinamarca e Turquia, oferecem igualmente isenção fiscal direta aos empregados em atividades de P&D como modo de incentivar o retorno do exterior de pessoal altamente qualificado e reduzir indiretamente os custos incorridos pelas empresas ou outras organizações para contratar esses indivíduos.

Os incentivos fiscais ao P&D baseados nas receitas são pouco utilizados na atualidade. Porém, de acordo com OCDE, a taxa de adoção desses esquemas tem aumentado nos anos recentes. Exemplos incluem o tratamento preferencial das receitas com patentes na Itália e o esquema temporário de isenção fiscal das receitas resultantes da aquisição de tecnologia introduzido na Coreia do Sul em 2015 com foco nas PMES e nas empresas de alto potencial. Para evitar o efeito prejudicial desse tipo de incentivo, o programa Erosão de Base Tributária e Transferência de Lucros (BEPS, na sigla em inglês) no âmbito dos países da OCDE e do G-20 limita o seu uso, vinculando a isenção à existência de atividade de desenvolvimento substantivo de conhecimento.

A distinção entre incentivos baseados em gastos e em receitas se aplica igualmente às atividades de inovação e aos resultados dessas atividades. Um número reduzido de países, como França e Espanha, concedem formas explícitas de redução de impostos para empresas que realizam atividades de inovação distintas de P&D.

Segundo a OCDE, em geral, é muito difícil identificar os programas de incentivos como orientados à inovação porque tendem a adotar perspectivas muito diferentes para as atividades de inovações elegíveis para as quais o abatimento é fornecido. O leque de medidas de apoio fiscal com efeito potencial de incentivo nas inovações é significativamente amplo, em especial no que diz respeito ao tratamento dos ganhos de capital ou da colocação em marcha de atividade empresarial.

Os incentivos fiscais ao P&D empresarial e às inovações podem ser colocados em prática por meio do imposto de renda, de retenção na fonte sobre a massa salarial e de

contribuição social, impostos sobre valor agregado, ou de outros impostos sobre consumo, impostos sobre a terra e propriedade, etc. A redução de imposto pode ser providenciada sob a forma de redução, isenção, dedução ou crédito. Enquanto as formas abatimento, isenção, dedução se traduzem na diminuição da base tributável antes da tributação, na forma crédito fiscal, o montante é subtraído diretamente da obrigação tributária apurada.

A maior parte dos países concedem incentivos fiscais por meio de crédito tributário (por exemplo, Austrália, Canadá, França, Irlanda e Noruega) ou mediante abatimento fiscal que é aplicado sobre o volume do P&D empreendido (casos, por exemplo, do Brasil, China, Holanda e Reino Unido). Outros países, como os Estados Unidos, utilizam crédito tributário para despesas com P&D além de determinado patamar pré-definido. Como os instrumentos de incentivo fiscal têm efeito bastante limitado para as empresas com lucro baixo ou com prejuízo, alguns países permitem transferências de benefícios fiscais para outros períodos, enquanto outros fornecem opções de reembolsos dos gastos de P&D para empresas recém-criadas ou empresas não lucrativas.

Uma forma específica de abatimento tributário refere-se às disposições para amortização acelerada dos investimentos em capital para P&D (máquinas, equipamentos, edifícios e ativos intangíveis) em condições mais favoráveis do que para mesma classe de ativos utilizados em outros contextos. Com a permissão de depreciação acelerada desses ativos para fins fiscais, as empresas podem deduzir os custos de aquisição em uma data antecipada com o benefício associado. Esse instrumento é utilizado, por exemplo, na Bélgica, no Brasil, no Dinamarca, na Polônia e no Reino Unido.

Incentivos fiscais relacionados aos custos do trabalho em P&D e que se aplicam aos impostos sobre a folha salarial e sobre as contribuições de seguridade social proporcionam maior margem de garantia aos contribuintes quanto ao montante de apoio que recebem num determinado período, independentemente do seu desempenho financeiro geral. De acordo com a OCDE, atualmente tais incentivos estão presentes na Bélgica, Espanha, Holanda, França (apenas para empresas inovadoras recém-criadas) e Suécia, entre outros.

As diferenças entre os países quanto ao formato dos esquemas de incentivo fiscal ao P&D empresarial e a inovação também incluem: a definição dos gastos elegíveis (custo do trabalho, custo do capital, custo dos direitos de propriedade intelectual), a natureza da empresa elegível em termos de tamanho, idade, setor de atividade e domicílio, taxas de dedutibilidade, limites máximos e mínimos sobre os gastos qualificados de P&D, ou montante máximo da dedução fiscal (em termos absolutos, ou em termos de percentual

do volume de negócios ou lucros ou do passivo fiscal da empresa), disposições especiais para o P&D colaborativo ou para diferentes tecnologias. Estas características refletem a apreciação dos próprios países sobre as prioridades para alocação de apoio fiscal e a gestão do impacto incerto nos orçamentos do setor público.

Segundo a OCDE, a tendência geral observada ao longo da última década aponta para maior disponibilidade e maior generosidade dos esquemas de incentivos fiscais na área da OCDE e em países não membros. Entre as mudanças recentes relativas à extensão e natureza do suporte fiscal para P&D, destacam-se os seguintes exemplos:

- A Irlanda substituiu, em 2015, seu esquema híbrido baseado em volume e gasto incremental por um esquema de incentivo simples e mais generoso baseado em volume.

- Na Tailândia, a taxa de abatimento fiscal para os gastos com P&D e inovação foi elevada de 200% para 300%.

- Na Polônia, foi introduzida em 2016, uma taxa de abatimento fiscal para P&D em substituição ao incentivo para novas tecnologias, cujo escopo era limitado à aquisição de ativos intangíveis.

- A Nova Zelândia introduziu em 2015 um crédito fiscal para déficit relacionado aos gastos, isto é, aquelas despesas com P&D que não podiam ser integralmente deduzidas em razão de insuficiência de passivo fiscal. Tal crédito tributário terá que ser reembolsado quando a empresa se tornar lucrativa novamente. Com propósito de estimular o P&D empresarial, a Nova Zelândia têm priorizado o uso de suporte direto com reduzido grau de discricionariedade.

- No México, onde o esquema de incentivo fiscal havia sido abolido em 2009, a proposta orçamentária de 2017 prevê a reintrodução do suporte fiscal ao P&D.

O relatório da OCDE traz ainda informação sobre o impacto dos incentivos fiscais (abatimento fiscal, crédito tributário, disponibilidade de reembolso e compensação diferida) sobre o custo do P&D em 2015 para uma amostra de 36 países membros e não membros da OCDE, entre os quais o Brasil. A taxa de subsídio implícito (1 menos o Índice B) foi calculado, levando em conta uma medida da receita antes dos impostos necessário para igualar um dólar desembolsado com P&D, para diferentes tamanhos de empresas e diferentes cenárias de lucratividade.

Como pode ser observado no gráfico abaixo, o nível mais elevado de incentivo fiscal, acima de 40%, foi registrado para as PMEs na França. Também relativamente elevado,

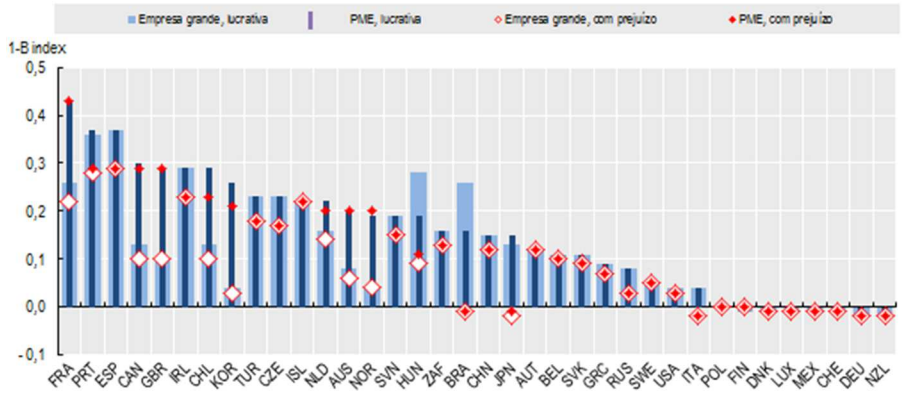
entre 30-35%, para PMEs e grandes empresas em Portugal, Espanha e Irlanda e para PME no Canadá e no Reino Unido. Em contraste, em países como Estados Unidos, Grécia, Rússia e Suécia, a taxa de incentivos fiscais relativa aos gastos com P&D ficou abaixo de 10%.

Em países como África do Sul, Áustria, China, Espanha, República Checa e Turquia não há diferença no tratamento concedido as empresas de diferentes tamanhos. Já na Austrália, Canadá. Coreia do Sul, França, Holanda. Noruega e Reino Unido, o apoio fiscal concedido as PME é marcadamente maior do que o concedido às grandes empresas.

Reembolsos e diferimento de benefícios fiscais, que, como já mencionado, são usados para estimular os gastos com P&D em empresas não lucrativas, são mais generosos para PMEs e empresas jovens na Franca, Canadá e Austrália. Na grande maioria dos países, as taxas de incentivo são menores para as empresas não lucrativas, independentemente do tamanho.

Taxa de Incentivo Fiscal sobre Gastos com P&D, 2015

1-Indice B, por tamanho da empresa e cenário de lucratividade



Extraído de OCDE (2016), cap. 8 online, seção 3, p. 4.

Nota: A taxa de incentivo fiscal é calculada como 1 menos o Índice B, uma medida da receita antes dos impostos necessário para igualar um dólar desembolsado com P&D.

3. Apoio ao empreendedorismo inovador. Na avaliação da OCDE, o empreendedorismo é um importante motor de inovação, crescimento de produtividade e de criação de emprego. As *start-ups* inovadoras aportam ao mercado ideias novas, explorando, em muitos casos, conhecimento gerado, mas não comercializado, por empresas existentes. Ademais, criam empregos de alta qualidade e salário elevado e ampliam a pressão competitiva sobre as empresas incumbentes, forçando-as a se manter a par dos desenvolvimentos do mercado ou a deixá-lo.

As empresas recém-criadas e as jovens empresas enfrentam, todavia, diversos obstáculos ao seu desenvolvimento, os quais, devido às incertezas tecnológicas e de mercado, são especialmente severos para as novas empresas inovadoras. Entre esses obstáculos destacam-se:

- Barreiras regulatórias. A proteção regulatória às empresas incumbentes, os sistemas complexos de licenciamento e permissões e os regimes ineficientes de falência podem representar sérias barreiras para entrada no mercado, experimentação e, quando necessário, para a saída de mercado.

- Escassez de financiamento. Nos estágios iniciais de montagem do novo negócio, as assimetrias de informação; a ausência de garantias e a falta de histórico de crédito dificultam o acesso dos novos empreendedores a fontes externas de financiamento.

- Falta de habilidade gerencial. As deficiências de conhecimento gerencial frequentemente constituem um empecilho para os novos empreendedores explorar seus próprios conhecimentos acumulados, em contexto específico, com fontes de ideias externas e caminhos para o mercado.

Além disso, em razão do efeito transbordamento do conhecimento associado ao empreendedorismo, o empreendedor pode não conseguir capturar o retorno integral do seu negócio. Situação que, em geral, acontece quando os retornos sociais superam os retornos privados. Na presença de tais externalidades, pode ocorrer um subinvestimento em novos negócios inovadores.

De acordo com o relatório, a existência de falhas de mercado e de barreiras institucionais justifica o suporte governamental às atividades empreendedoras inovadoras. O apoio governamental destinado a todo e qualquer empreendedor é, no entanto, uma política pública ineficaz, dado que estimula o surgimento de microempresas com baixo potencial ou intenção de crescimento.

As políticas de promoção ao empreendedorismo inovador têm como objetivo fortalecer o ambiente de negócios e/ou fornecer serviços diretos e apoio para empreendimentos jovens, nascentes e futuros. Essas políticas podem ser agrupadas em três categorias:

- Políticas que favorecem o reconhecimento de oportunidades, as quais incluem a promoção de empreendedorismo, por meio de campanhas de sensibilização e programas de recompensas, de educação para empreendedorismo, e de

informação e aconselhamento para criação de empresas, mediante tutoria e treinamento.

- Políticas que influenciam a entrada no mercado incluem política de concorrência, regulamentação empresarial, incentivos fiscais para criação de novas empresas, suporte a comercialização de pesquisa e criação de empresa baseada em conhecimento.

- Políticas que afetam o crescimento inicial do negócio, as quais abrangem as políticas relativas ao desenvolvimento tecnológico (por exemplo, se as isenções fiscais em matéria de P&D não penalizam as jovens empresas com baixa receita tributável), às encomendas governamentais (se são, por exemplo, acessíveis às jovens e pequenas empresas) e a disponibilidade de amplo conjunto de instrumentos financeiros e de serviços de assessoramento em gestão empresarial.

De acordo com o relatório, uma tendência recente comum observada na área da OCDE refere-se à facilitação da criação de novos empreendimentos e de sua expansão mediante a redução das taxas e comissões cobradas, dos requerimentos de capital mínimo e do tempo necessário para o registro do negócio e início das atividades operacionais e a simplificação dos procedimentos de licenciamento. No Chile, a lei que entrou em vigor em maio de 2013 tornou possível a criação de empresa em um único dia, com um único passo, burocracia mínima e custo zero, através de um guichê virtual.

Em inúmeros países, foram introduzidas reformas na regulamentação e nas leis de falência com o objetivo de melhor sua eficiência e de dar uma segunda chance aos empreendedores honestos. Essas reformas incluíram a redução do tempo entre a liquidação e o cancelamento formal das dívidas, o que diminuiu o ônus administrativo imposto aos empreendedores em processo de falência.

Na maioria dos países da OCDE, se aplica uma mesma alíquota de imposto sobre os lucros corporativos (CIT, na sigla em inglês), independentemente da idade e do tamanho da empresa. Porém, doze países adotam um regime fiscal específico para as PMEs, com alíquotas de CIT sobre os lucros abaixo de certo limite. Os esquemas mais generosos, baseado na diferença entre a alíquota padrão de CIT e alíquota para as PMES são encontrados no Canadá, Coreia do Sul, França e Hungria. Outros países simplificaram o sistema tributário para os pequenos negócios, facilitando o cumprimento das obrigações fiscais. Esse é o caso da Dinamarca, onde um software específico permite aos proprietários de pequenas empresas a obtenção de informação ampla sobre a situação fiscal.

Segundo a OCDE, alguns países adotaram um enfoque mais direcionado. Vários tipos de suporte financeiro são concedidos às novas empresas de base tecnológica ou às jovens empresas engajadas em atividades de P&D. Alguns exemplos:

- Na Bélgica, o abatimento fiscal concedido aos pesquisadores e técnicos de jovens empresas inovadoras foi elevado de 50% a 75%.

- Na França, igualmente, foi adotado em 2014, um programa de crédito tributário para inovação, complementar ao sistema de crédito tributário para P&D, que prioriza os gastos com desenvolvimento e protótipos da fase pré-industrialização.

- Na Holanda, o programa *Challenger Facility*, que tem como alvo as jovens empresas, fornece crédito para projetos inovadores de alto risco que não se adequam aos outros programas de apoio à inovação.

- Na Itália, houve redução de impostos, contribuições sociais e taxas de registros para empresas inovadoras recém-criadas.

Muitos países da área da OCDE têm introduzido igualmente programas de acelerador de pequenos empreendimentos inovadores para apoiar o crescimento das empresas orientadas à inovação. Esses programas buscam resolver alguns dos principais problemas enfrentados pelas empresas com alto potencial de crescimento, como aperfeiçoamento de competências gerenciais, desenvolvimento de rede profissional e o fornecimento de financiamento de capital.

Na Finlândia, por exemplo, o programa *Vigo Accelerator* promove a criação de uma rede nacional de times de aceleradores de empreendimentos, os quais captam e investem seus próprios recursos na aquisição de participação acionária em novos negócios. Os recursos governamentais são utilizados somente para custear as atividades de coordenação. Porém, as empresas apoiadas pelo programa Vigo têm acesso agilizado na solicitação de *funding* junto às agências públicas de financiamento, notadamente Tekes e Finnvera.

Cabe mencionar ainda, que a Finlândia foi pioneira em introduzir o empreendedorismo no currículo escolar nacional de ensino primário e secundário. Iniciativa semelhante foi adotada pela Espanha em 2014.

4. Estímulo à demanda para inovação. As políticas de inovação do lado da demanda são frequentemente compreendidas como o conjunto de medidas governamentais que ampliam a demanda pública e privada por inovações, mediante a melhoria das

condições para sua aceitação/absorção ou da articulação de demandas para estimular inovação e facilitar a difusão. Em geral, essas políticas visam reduzir as barreiras à introdução e à difusão das inovações no mercado.

De acordo com os pesquisadores da OCDE, no período recente, os governos têm priorizado um leque de políticas do lado da demanda para impulsionar as inovações, que vão de encomenda pública de inovação a padronização. O estímulo às inovações orientadas aos consumidores, inovações orientadas ao *design* e iniciativas de rotulagem ecológica também caem na categoria de políticas do lado da demanda, dado que buscam atender a demanda dos consumidores. Esse enfoque amplo busca cobrir todo o sistema e o ciclo de inovação.

A regulamentação ambiental, que tem impulsionado inovações tecnológicas orientadas à redução de emissão de gás carbónico e inúmeros poluentes industriais é outro exemplo de políticas de inovação do lado da demanda. Adicionalmente, políticas de consumo ou políticas tributárias que afetam a demanda por inovação também são importantes. A precificação das externalidades ambientais e do mercado de carbono podem igualmente afetar a demanda por inovações.

Na avaliação da OCDE, a justificativa para as políticas públicas de inovação do lado da demanda reside em estimular inovações em áreas de necessidades sociais urgentes, nas quais a ação governamental pode complementar os mecanismos de mercado, idealmente, com o menor custo financeiro possível. Todavia, os instrumentos individuais de política do lado da demanda possuem objetivos específicos. Por exemplo, a encomenda governamental de inovação pode acelerar a emergência de tecnologias para atender necessidades sociais urgentes, mas também pode contribuir para reduzir as lacunas na oferta de financiamento de risco para os estágios iniciais de novos empreendimentos.

Em contraste, na área de padronização técnica, a ação estatal encontra justificativa nas características de bem público da padronização e no efeito transbordamento gerado pelo compartilhamento de conhecimento técnico. Por si próprio, o mercado cria poucos padrões ou padrões inapropriados, que podem dificultar a concorrência. Como regulador e grande consumidor, o governo pode catalisar os padrões e normas estabelecidos pela indústria, que não sejam anticoncorrenciais. A definição de padrões e normas envolve o desenvolvimento de consenso entre os produtores, o que, tipicamente, requer o compartilhamento de conhecimento e acelera a difusão de tecnologia.

De acordo com o relatório, as políticas governamentais de inovação do lado da demanda não são, todavia, isenta de riscos. Em particular, nas encomendas governamentais de inovação, há risco de favorecimento das grandes empresas em detrimento das pequenas ou de certas tecnologias específicas, o que pode resultar em bloqueio tecnológico. As agências públicas de licitação costumam se orientar por metas de eficiência, tal como relação qualidade/preço, que nem sempre são reconciliáveis com as soluções inovadores, o que tem exigido a revisão das missões dessas agências. Outro problema reside na elevada fragmentação das encomendas pública entre agências municipais, regionais e nacionais.

Tanto em âmbito nacional como em âmbito transnacional, sobretudo na UE, os governos têm anunciado e introduzidos políticas de demanda de inovação. Contudo, a maioria das medidas adotadas centra-se nas encomendas públicas de inovação, frequentemente orientadas aos objetivos de crescimento verde.

Muitos países revisaram seus mecanismos de governança para utilizar a contratação pública para estimular a inovação. Os contratos de encomenda públicos tornaram-se uma característica importante das agendas e/ou políticas de inovação na Austrália, Canadá, Croácia, Coreia do Sul, Israel, Letônia e Nova Zelândia. As encomendas públicas de inovação integram a estratégias de especialização inteligente na Grécia e na Hungria, bem como os planos industriais da Turquia.

Países como Espanha, Holanda, Finlândia e Rússia confirmaram metas de política para a encomenda governamental de inovações, enquanto Áustria e França, em documentos ou declarações de políticas, sugeriram metas potenciais. As metas de política variam de 2% a 5% do orçamento total de encomendas públicas, montante significativo uma vez que as encomendas públicas equivalem a 12% do PIB em países da OCDE. Na Noruega, onde o orçamento de encomendas públicas representa mais de 14,5%, o governo lançou, em 2013, uma estratégia voltada ao fortalecimento do efeito encomenda pública sobre a inovação. Já na UE, o Comitê Europeu solicitou que 2% do orçamento da UE sejam dedicados à encomenda de inovações.

Em países, como Coreia do Sul e Finlândia, os governos oferecem igualmente suporte financeiro para cobrir o intervalo entre a encomenda e a inovação. Na Finlândia, o suporte financeiro assume a forma de subsídio ao P&D, enquanto na Coreia do Sul, o governo mantém um esquema de garantia que reduz o risco da encomenda governamental. Igualmente na Coreia do Sul, a nova estratégia de encomenda governamental, adotada em 2015, prevê editais públicos de ampla divulgação, desconto de 20% da comissão de licitação para os produtos de alta qualidade, classificação

elevada para itens que substituem importação e melhoria da competitividade de empresas pequenas e médias de *software* mediante da manutenção da qualidade dos *softwares* comerciais.

O relatório menciona ainda o surgimento em diversos países de um conjunto de iniciativas inteligentes para encomenda pública, como o reforço do diálogo entre as agências e os fornecedores e/ou auxílio aos fornecedores e compradores para desenhar e responder às licitações públicas favoráveis à inovação. Alguns exemplos:

- Na Alemanha, o Centro de Excelência para Encomendas Inovadoras (KO-INNO) tem como objetivo promover a conscientização, prontidão e habilidades que as encomendas públicas necessitam para adquirir produtos e serviços inovadores. Sob a responsabilidade do Ministério da Economia e Energia, o KO-INNO organiza *workshops*, diálogos estratégicos e serviços de consultoria.

- No Canadá, foi lançado, em 2013, um componente militar do Programa de Inovação Construído no Canadá (BCIP, na sigla em inglês). Por meio desse programa, os protótipos desenvolvidos por empresários canadenses são testados. O resultado dos testes ajuda no aperfeiçoamento dos produtos inovadores antes de sua comercialização no mercado.

- Na Dinamarca, o novo Fundo para o Desenvolvimento de Mercado tem como objetivo auxiliar instituições do setor público a encontrar soluções inovadoras, especificando as exigências de uma nova maneira. O setor público pode ajudar a orientar as inovações empresariais de modo a permitir que as empresas desenvolvam soluções melhores e menos dispendiosas.

- Na Holanda, o PIANOO, centro especializado em encomendas governamentais, oferece diretrizes e treinamentos sobre encomendas de inovação para órgãos governamentais.

- Na Irlanda, foi adotado em 2014, um novo programa de apoio à inovação de PMEs (SBIR, na sigla em inglês), que permite aos órgãos públicos enfrentar os desafios, conectando com as empresas para obter pesquisa e desenvolvimento de soluções inovadoras.

2.5. Políticas fiscais na promoção de inovação e do crescimento: A visão do FMI[7]

Introdução

De acordo com o FMI, a economia mundial está, desde a recuperação da crise financeira global de 2008-09, presa em uma era de baixo crescimento. O lento aumento da produtividade observado nas economias avançadas e, mais recentemente, nas economias de mercado emergente, motivou o Fundo a investigar como as políticas governamentais podem efetivamente estimular a elevação da produtividade no longo prazo. Reconhecendo que a inovação é um fator-chave para o crescimento da produtividade no longo prazo, o objetivo do capítulo "Fiscal Policies for Innovation and Growth" do Fiscal Monitor de abril de 2016 foi investigar como a política fiscal pode contribuir para a elevação da produtividade por meio do estímulo à inovação.

A análise empírica do papel das inovações na dinamização do crescimento é difícil em razão das limitações conceituais e de dados. Os autores ressaltam que os indicadores quantitativos disponíveis, tais como o investimento em P&D, números de pesquisadores, números de patentes e de publicações de artigos científicos, somente capturam aspectos limitados da inovação. O processo de inovação é muito mais amplo e se refere não apenas à criação de novos processos e produtos, mas igualmente às mudanças organizacionais, melhoria de conceitos de *marketing* e novos modelos de negócios. Também não são capturados pelas estatísticas os benefícios sociais do progresso tecnológico, como os efeitos de mitigação das mudanças climáticas.

As políticas governamentais e as instituições exercem importante influência sobre a trajetória e a velocidade do progresso tecnológico. Segundo os autores, inúmeras economias avançadas e economias emergentes de renda média adotaram arcabouço abrangente de políticas para estimular o processo de inovação e a difusão do conhecimento por meio de três canais:

1. Inovação se baseia em uma sólida base de capital humano e em instituições que promovem novas descobertas. Isto requer investimentos apropriados em educação superior, em pesquisa cientifica básica e parceiras entre universidades e empresas privadas.

[7] Trabalho divulgado como Carta IEDI n. 789. Disponível em: https://iedi.org.br/cartas/carta_iedi_n_789.html

2. O ambiente de negócios deve propiciar incentivos adequados à inovação. Políticas para facilitar esse ambiente favorável incluem: proteção ao direito de propriedade intelectual, incentivos fiscais e políticas mais amplas relacionadas a comércio exterior, concorrência, regulação do mercado de trabalho e lei de falência.

3. Políticas macroeconômicas que favorecem crescimento econômico elevado e sustentável são importantes porque o crescimento permite as empresas recuperar mais rapidamente os seus custos irrecuperáveis (*sunk cost*) e, deste modo, incentiva o investimento em P&D.

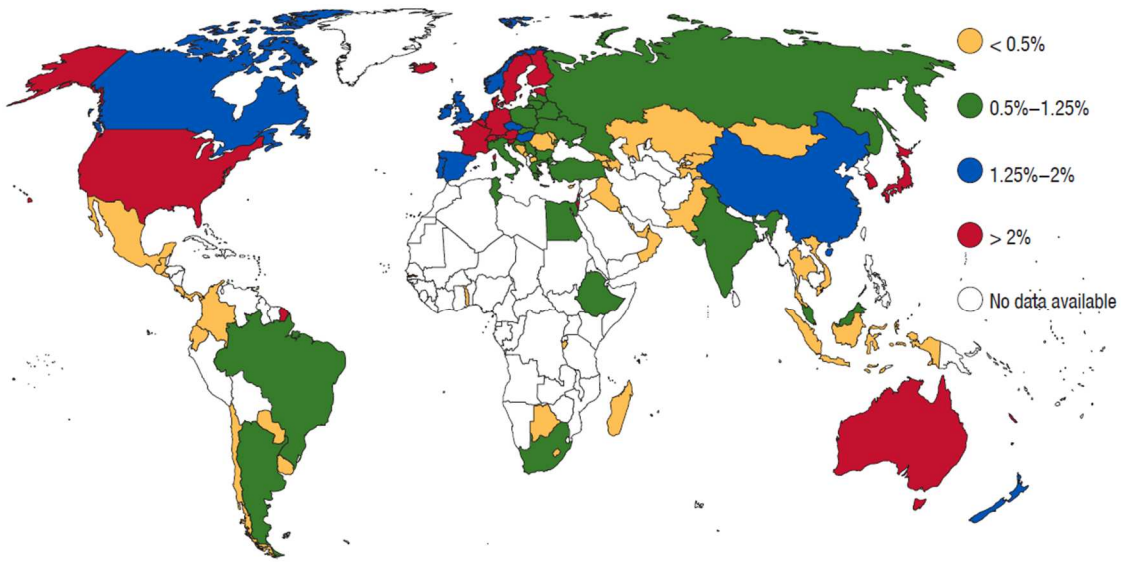
Com foco nos componentes fiscais do segundo e do terceiro canais, o estudo do FMI apresenta novas evidências empíricas de como a política fiscal afeta três pilares da inovação: a atividade de pesquisa e desenvolvimento, que inclui pesquisa básica e aplicada; a transferência de tecnologia, que inclui a difusão internacional de tecnologia e conhecimento e a inovação empresarial, que implica experimentação de novos produtos e processos por novas empresas.

Os pesquisadores do Fundo reconhecem que a importância dos três pilares de inovação varia entre os países. Em particular, as políticas de estímulo às atividades de P&D são relativamente mais importantes nas economias avançadas que operam próximas da fronteira tecnológica mundial. Já para as economias em desenvolvimento e de mercados emergentes, as políticas para facilitar a difusão tecnológica e o empreendedorismo são também importantes.

Apoio às Atividades de P&D

O gasto total com as atividades de P&D como porcentagem do PIB varia consideravelmente entre os países. A média de gasto é tipicamente mais alta nas economias avançadas (2% do PIB) que nas economias de mercado emergente e renda média (0,65%) e em desenvolvimento (0,15% do PIB).

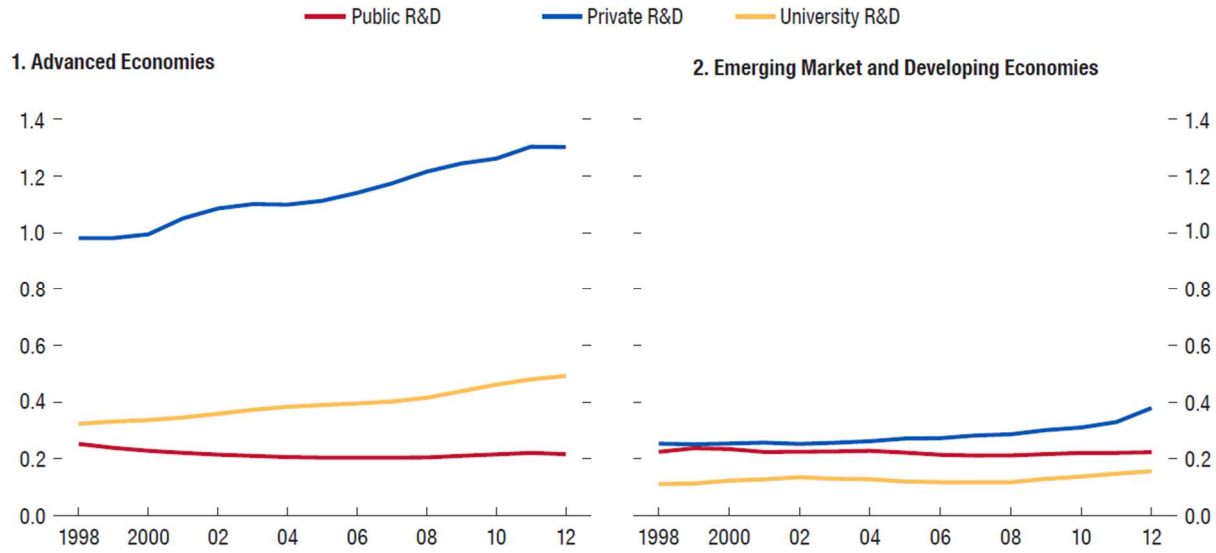
Gasto Total com Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), 2011-2015, em % do PIB



Extraído de FMI (2016); p. 32.

A diferença nos gastos com P&D entre o grupo de economias avançadas e o grupo de economias de mercado emergente e em desenvolvimento é ainda mais expressiva quando se distingue os executantes dos gastos. Os gastos com P&D executados pelo setor privado e pelas universidades (públicas e privadas) são muito mais elevados no grupo de economias avançadas do que no grupo economias de mercado emergente e em desenvolvimento. Em contraste, os níveis de gasto com P&D do setor público são bastante semelhantes entre os dois grupos. Nos últimos quinze anos, os gastos governamentais com P&D permaneceram relativamente estáveis enquanto os gastos privados com P&D cresceram gradualmente.

Gastos com P&D, 1998-2012 em % do PIB



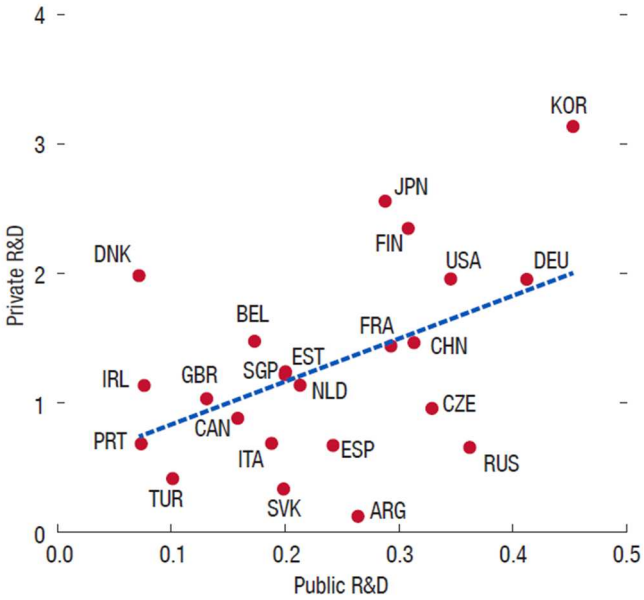
Extraído de FMI (2016); p. 32.

Os gastos com P&D são amplamente considerados como um fator-chave para o crescimento da produtividade total de fatores (PTF). Porém, os investimentos pelas empresas privadas em atividades de P&D podem ser menores do que o nível socialmente eficiente em razão de duas importantes falhas de mercado: restrições de crédito e externalidades.

De acordo com o FMI, para estimular a elevação dos gastos com P&D, os governos podem investir diretamente em P&D, por meio das universidades públicas, institutos governamentais de pesquisa e centros de pesquisa relacionados à defesa, ou elaborar políticas de incentivo às empresas privadas para que realizem mais P&D. As atividades governamentais de P&D são frequentemente focadas na pesquisa científica básica, que, embora seja essencial para inovação, não é, em geral, realizada pelas empresas privadas.

O estudo destaca a relação positiva entre os gastos com P&D público e privado que reflete a complementariedade existente entre eles. Algumas formas de P&D governamental buscam apoiar ativamente esta complementaridade. Um exemplo é o suporte à colaboração de pesquisa entre universidades e empresas privadas.

Gastos com P&D Público e Privado, 2012, em % do PIB



Extraído de FMI (2016); p. 33.

Uso de política fiscal de estabilização para promover P&D. Segundo o FMI, as políticas fiscais de estabilização podem incentivar os investimentos privados em P&D ao amortecer as recessões. As empresas podem enfrentar dificuldade na obtenção de *funding* para os investimentos em P&D porque esses investimentos implicam elevado nível de risco, custos fixos significativos e retornos que só se concretizam no médio e longo prazo. Durante as recessões, a capacidade das empresas em obter financiamento fica, em geral, bastante comprometida, uma vez que os riscos de iliquidez aumentam. Ao reduzir a volatilidade do ciclo de negócios, uma política fiscal anticíclica pode viabilizar maiores gastos privados em P&D e maior crescimento estrutural da produtividade.

Análise empírica realizada pelos autores do estudo a partir de dados de vinte e quatro indústrias em dezesseis economias avançadas encontrou evidências que política fiscal fortemente anticíclica amplia significativamente mais os gastos com P&D naquelas indústrias que são mais dependentes de recursos de terceiros. Quanto mais intensa é a ação anticíclica da política fiscal, medida pela sensibilidade do orçamento fiscal ao crescimento do PIB ou gap do produto, maior é o incremento do P&D privado nas indústrias dependentes de recursos de terceiros (aumento entre 10% e 16%), enquanto a PTFprodutividade total dos fatores sobe, em média, 6% a mais nessas indústrias.

Correção de subinvestimento estrutural em P&D privado. Segundo o FMI, a taxa de retorno dos investimentos privados em P&D, isto é, a receita extra obtida pela empresa

por cada dólar investido em P&D, é relativamente alta, se situando entre 20 e 30%. Essa taxa de retorno é superior àquela obtida sobre o capital físico em razão do maior prêmio de risco do P&D.

Os retornos sobre o P&D privado variam entre os países, dependendo de como o conhecimento tecnológico é criado, comercializado e difundido. As taxas de retorno tendem a ser mais elevadas naqueles países que estão mais distantes da fronteira tecnológica. Embora a maior disponibilidade de evidências empíricas seja para as economias avançadas, estudos recentes indicam que os retornos sobre o P&D privado são, em média, menores nas economias de mercado emergente e em desenvolvimento, nas quais a base de capital humano é o determinante crucial da capacidade de absorver, assimilar e aplicar tecnologias desenvolvidas em outros países. Porém, em países emergentes e de renda média, com força-de-trabalho suficientemente educada, como é o caso da China, a taxa de retorno do P&D supera a das economias avançadas.

Os investimentos em P&D realizados por uma empresa podem gerar aumento de produtividade em outras empresas de uma mesma indústria ou de outras indústrias por meio do efeito de transbordamento do conhecimento. Em razão dessas externalidades positivas, as taxas domésticas de retorno social dos investimentos privados em P&D são, geralmente, estimadas entre duas a três vezes a taxa de retorno privada. A existência dessas externalidades positivas implica que as forças de mercado conduzirão a um subinvestimento em P&D comparado com o nível socialmente eficiente.

De acordo com o FMI, essa tendência ao subinvestimento pode ser corrigida por instrumentos fiscais de estímulo ao investimento privado em P&D. Incentivos fiscais como crédito tributário e subsídios diretos podem reduzir o custo do P&D, encorajando as empresas a investir mais, o que é socialmente desejável uma vez que outras empresas se beneficiarão. Estudos empíricos sugerem que o custo para o investimento extra em P&D deveria ser reduzido a 50 centavos por dólar. Atualmente, contudo, as taxas de subsídio efetivo na maioria dos países são muito menores: média de 12% em 2015 para um conjunto de 36 países de economia avançada e de mercado emergente. A elevação dos subsídios para um nível socialmente eficiente poderia resultar em um aumento da ordem de 40% dos investimentos privados em P&D.

Os efeitos de transbordamento internacional do P&D são igualmente importantes. Análises recentes mostram que os investimentos em P&D realizados nos países integrantes do G7 (Alemanha, Canadá, Estados Unidos, França, Itália, Japão e Reino Unido) geram um ganho de produtividade em outros países da ordem de 25% do retorno do próprio G7. Considerando esse efeito transbordamento, alcançar o nível

mundialmente eficiente de P&D acarretaria um aumento do PIB mundial de quase 8% no longo prazo.

De acordo com Fundo, as evidências empíricas apontam para um dividendo de crescimento potencialmente grande associado à expansão do P&D, o que fortalece os argumentos em prol do uso da política fiscal na promoção do gasto em P&D. Reconhecendo essa importância, vários países estão adotando políticas para estimular o aumento dos investimentos em P&D. A União Europeia, por exemplo, estabeleceu uma meta ambiciosa de elevar do gasto privado com P&D do seu nível atual de 1,3% do PIB para 2% do PIB em 2020, o que corresponde a um incremento de mais de 50%.

Aperfeiçoamento dos incentivos fiscais para obter melhores relações qualidade/custo. Na avaliação do FMI, enfrentar o subinvestimento privado nas atividades de P&D requer uma abrangente combinação de políticas, incluindo incentivos fiscais bem-desenhados. As duas principais medidas corretivas que reduzem o custo privado do P&D são os subsídios e os incentivos fiscais, tais como crédito tributário, depreciação acelerada, deduções especiais de impostos sobre trabalho ou de contribuições à seguridade social.

Os incentivos fiscais diferem do subsídio ao P&D de maneira importante. Os incentivos fiscais são oferecidos, em geral, a todas as empresas que investem em P&D. Essa abordagem baseada no mercado é atraente porque todas as atividades privadas de P&D são tratadas da mesma maneira, o que nivela o terreno do jogo concorrencial.

Em contraste, os subsídios assumem frequentemente a forma de suporte governamental específico a projetos selecionados de P&D, tendo, portanto, uma natureza discricionária. Segundo o Fundo, se os governos são capazes de orientá-los com base em informações apropriadas sobre o tamanho e a natureza do efeito transbordamento, os subsídios podem ser mais eficientes do que incentivos fiscais. Ademais, os subsídios podem igualmente considerar vantagens não mercantis, como por exemplo, um meio-ambiente mais limpo. Em vários países de economia avançada tanto as pesquisas como a adoção de tecnologias limpas pelas famílias (automóveis de baixa emissão de carbono) e pelas empresas (energia eólica) são fortemente subsidiadas.

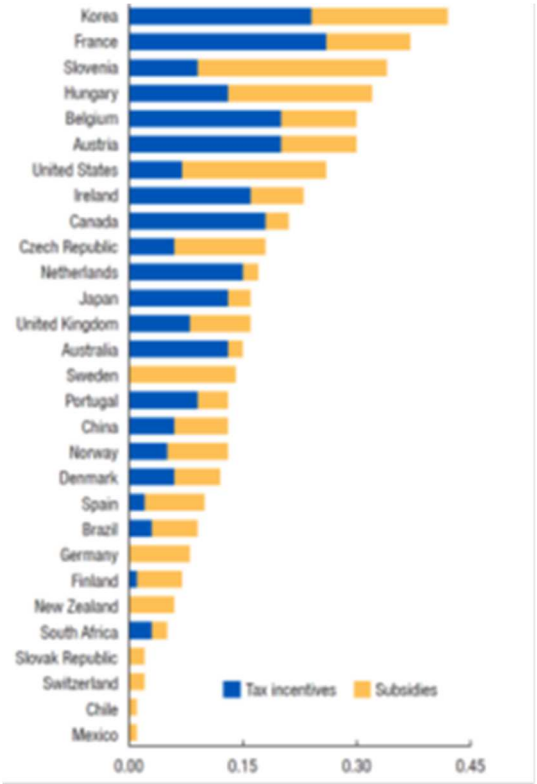
Os resultados encontrados pelos autores na análise empírica realizada a partir de dados de empresas e setores industriais indicam que tanto os incentivos fiscais como os subsídios diretos contribuíram para elevar a produtividade total dos fatores (PTF) nas economias avançadas. Todavia, os efeitos dos dois instrumentos variam entre indústrias e empresas. Por exemplo, maiores subsídios ao P&D aumentam mais a PTF em indústrias dependentes de recursos de terceiros, nas quais os gastos com P&D não podem ser acomodados com as receitas correntes, e no setor de tecnologia de informação. Já os

incentivos fiscais têm um efeito maior nas indústrias com alta intensidade de P&D e para empresas pequenas, com menos de 50 empregados.

Esses resultados tão variados tornam difícil concluir, em termos gerais, qual instrumento é o mais efetivo para a promoção da inovação e da produtividade. Cada um deles parece ter seus próprios pontos fortes e podem se complementar de maneira eficaz. Subsídios diretos são especialmente úteis no suporte aos componentes de pesquisa do P&D, dado que na fase inicial do processo de inovação os efeitos transbordamento do conhecimento tendem a serem maiores. Os incentivos fiscais podem complementar esses subsídios fornecendo estímulos a todas as empresas que investem em P&D.

Ao longo dos últimos anos, vários países aumentaram seu suporte fiscal ao P&D privado. Os incentivos fiscais, em particular, ganharam popularidade e atualmente são utilizados tanto por economias avançadas como por várias das economias de mercado emergente, incluindo Brasil, China, Índia e África do Sul. Em 2013, as economias avançadas gastaram aproximadamente 0,15% do PIB com suporte fiscal ao P&D. Um pouco mais da metade desse gasto ocorreu sob a forma de subsídios diretos, embora a combinação de instrumentos varie entre os países.

Suporte Fiscal às Atividades de P&D Privadas, 2013, em % do PIB



Extraído de FMI (2016); p. 35.

De acordo com o estudo, avaliações do suporte fiscal concedido aos investimentos em P&D nas economias avançadas oferecem as seguintes lições:

- Orientação para pequenas e novas empresas. Em países como Canadá, Holanda, Noruega e Reino Unido, os incentivos fiscais concedidos às pequenas empresas são duas ou três vezes mais efetivos na promoção dos investimentos em P&D do que para empresas de tamanho médio. Isto ocorre em razão da dificuldade que as pequenas empresas, e em particular as novas, enfrentam para obter financiamento. Nove economias avançadas fornecem incentivos fiscais mais generosos para as pequenas empresas. Países como Bélgica, França, Holanda e Itália privilegiam as empresas recém-criadas.

- Crédito tributário reembolsável. Novas empresas em suas fases iniciais (*start-up*) operam frequentemente com lucros negativos, o que impede que beneficiem de credito tributável que só podem ser usados para abater um passivo fiscal positivo. Para essas empresas, crédito tributário reembolsável em caso de passivo fiscal negativo é um instrumento mais eficaz. Esse instrumento é utilizado em treze economias avançadas na promoção de P&D, casos da Bélgica, França. Holanda e Espanha.

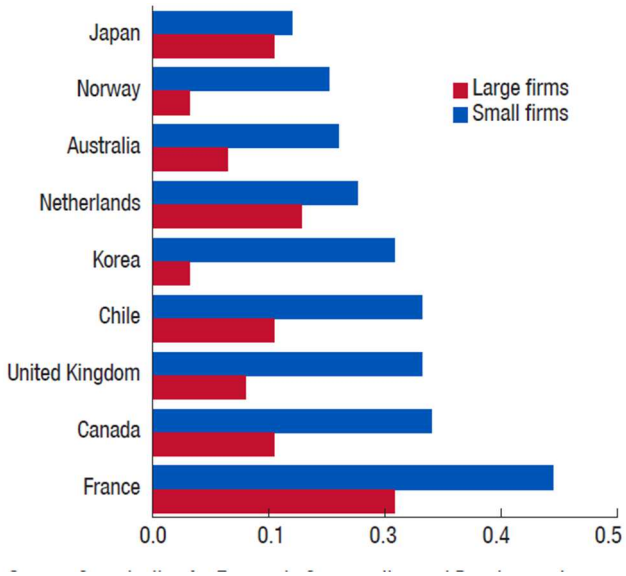
- Promoção do P&D incremental. Os incentivos concedidos aos investimentos incrementais de P&D, acima de montantes pré-determinados, são menos onerosos do que aqueles concedidos a todas as despesas com P&D porque evitam os ganhos excepcionais para os investimentos existentes em P&D abaixo do patamar mínimo. Esquemas de promoção ao P&D incremental são utilizados na Coreia do Sul, Estados Unidos, Japão, Espanha e Portugal. Outros países abandonaram esse instrumento devido a sua complexidade e elevado custo de *compliance* como porcentagem do suporte total.

- Regime fiscal preferencial para propriedade intelectual. Esses regimes que isentam de impostos parcelas significativas das receitas com ativos intangíveis foram adotados por treze países europeus, com o propósito de estimular inovação. Avalição empírica realizada pelo Fundo concluiu que tais regimes são, em geral, pouco vantajosos na promoção de inovação.

- Expansão gradual dos incentivos fiscais. A expansão gradual dos incentivos pode ser preferível a um aumento imediato. Os aumentos imediatos podem simplesmente acarretar elevação dos salários dos pesquisadores, cuja oferta é fixa no curto prazo.

- Administração eficaz. Para evitar abusos na utilização dos incentivos ficais é crucial ter uma administração eficaz. As empresas podem renomear gastos comuns como despesas com P&D para obter incentivos fiscais. Para prevenir esse tipo de conduta, o suporte de outras agências governamentais com conhecimento técnico especializado é frequentemente necessário, o que acarreta maior custo administrativo. Ao mesmo tempo, os governos devem atuar em prol da redução do custo de *compliance* das empresas, que diminuem a eficácia dos incentivos. Com esse propósito, alguns países adotam "balcão único" e permitem solicitações *online*.

Incentivos Fiscais para P&D para Pequenas e Grandes Empresas, 2015
(Subsídio fiscal como % do custo do usuário do P&D)



Extraído de FMI (2016); p. 36.

Estímulo à Transferência de Tecnologia

Os países do G-7 respondem por 60% dos investimentos mundiais em P&D, concentrando a criação da maior parte das novas tecnologias, as quais são disseminadas para os demais países por meio da imitação e da absorção. A transferência de tecnologia é essencial para a elevação da produtividade, sobretudo, nas economias de mercado emergente e em desenvolvimento.

De acordo com o estudo, os dois principais canais de transferência tecnológica são: o comércio exterior e o investimento externo direto (IED). Por meio da importação de bens de capital e bens intermediários estrangeiros, as empresas adquirem conhecimento tecnológico de forma muito mais intensa do que interagindo diretamente com seus clientes estrangeiros no processo de exportação.

Já no canal do IED, a extensão e a velocidade da difusão tecnológica depende da propriedade da empresa e dos vínculos entre as empresas. Em geral, as empresas multinacionais transferem tecnologia a suas filiais no exterior mediante IED de modo a realizar integralmente os ganhos com suas invenções. Nos países receptores, os influxos de IED podem gerar efeito positivo de transbordamento de produtividade para outras empresas por meio das interações entre as filiais das multinacionais e as empresas locais, da rotação dos trabalhadores ou de aperfeiçoamento de práticas de organização e gestão.

Os autores destacam que a difusão tecnológica por meio do comércio exterior e do investimento direto não é, contudo, automática. Os efeitos positivos de transbordamento de produtividade associado ao IED são maiores nos países que possuem elevado capital humano. Ademais tanto o comércio exterior como o IED requerem, usualmente, um nível adequado de infraestrutura. Investimento governamental em capital humano e físico é, portanto, essencial para a obtenção dos ganhos de produtividade associado às inovações.

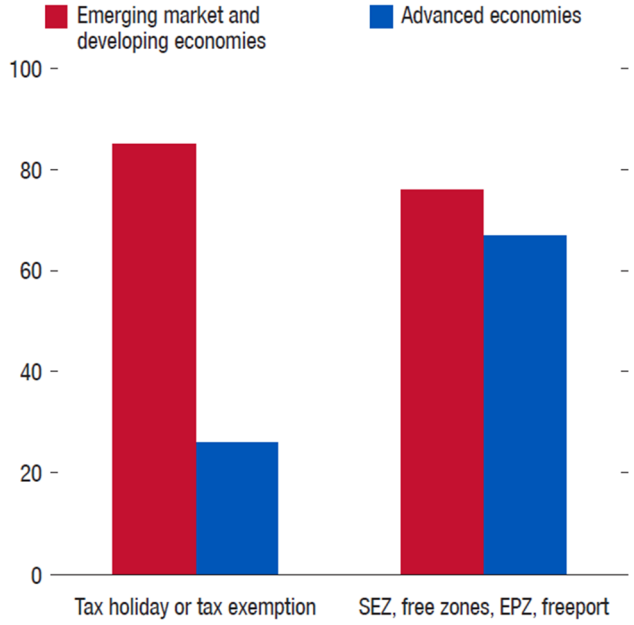
Adaptação da política fiscal para atrair investimento estrangeiro direto. Segundo o Fundo, os países enfrentam um dilema ao determinar políticas tributárias que maximizem os benefícios do IED, como ganhos de produtividade, empregos de alta qualidade, *funding* estável para novos investimentos (*greenfield*). De modo geral, as economias de mercado emergente e em desenvolvimento adotam isenção ou redução fiscal em zonas econômicas especiais para atrair maior volume de IED. Tais incentivos erodem a base tributária, sobretudo, no que se refere ao imposto de renda das sociedades corporativas.

Análise empírica realizada pelos técnicos do Fundo sobre os custos e benefícios dos incentivos fiscais concedidos ao IED em uma amostra de 103 países de economias de mercado emergente e em desenvolvimento entre 1990 e 2013 sugere que os efeitos das alíquotas do imposto de renda das sociedades corporativas sobre os influxos de IED são negativos, como esperado, porém a magnitude dos efeitos é menos da metade do que é observado nas economias avançadas.

Esse resultado é consistente com pesquisas realizadas junto às empresas na África, América Latina e Ásia, as quais mostram que, muito frequentemente, os incentivos fiscais não têm impactos nas decisões de investimentos das multinacionais. Para as multinacionais, a qualidade institucional do país é um fator muito mais importante do que os incentivos fiscais oferecidos.

Na avaliação do Fundo, esses resultados indicam que os incentivos fiscais sozinhos não são provavelmente um instrumento economicamente eficiente para atração de IED. Para obter ganhos de produtividade a partir de novas tecnologias, os países deveriam priorizar investimentos em instituições, conhecimento e infraestrutura. Reconhecendo a dificuldade, sobretudo, no curto prazo, de abolir os incentivos fiscais ao IED, o Fundo recomenda que os governos aperfeiçoem o desenho, aplicação e transparência desses incentivos.

Prevalência de Incentivos Fiscais
(Porcentagem de países por categoria de renda)



Extraído de FMI (2016), p. 38.
Nota:
1. SEZ = Zona econômica especial, EPZ = zona de processamento de exportações.

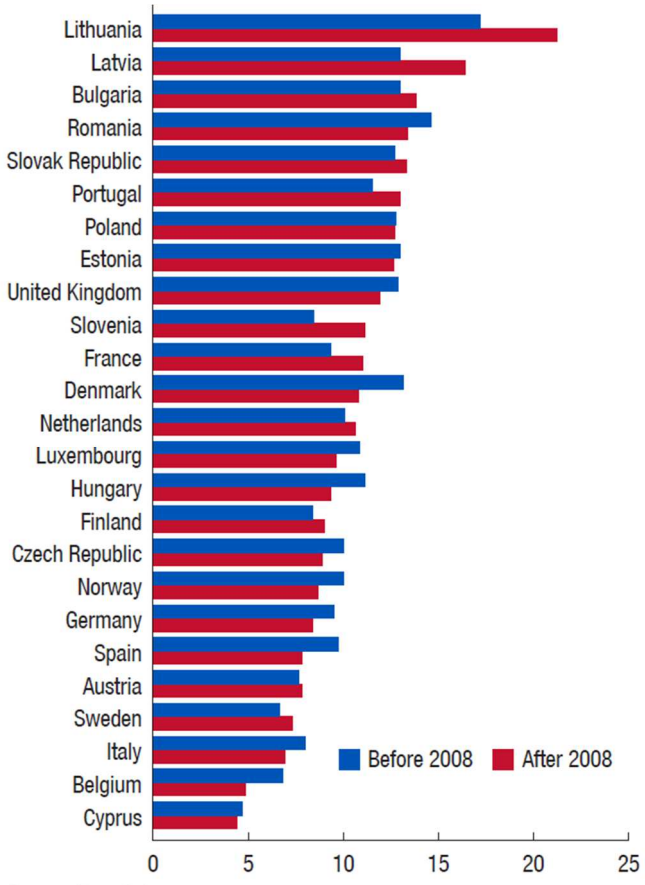
Promoção do Empreendedorismo. Na avaliação do FMI, inovação e elevação da produtividade não resultam somente dos investimentos em P&D das grandes empresas estabelecidas, mas igualmente das pequenas empresas recém-criadas engajadas em experimentação e na assunção de risco, em outras palavras, empreendedorismo. A entrada de novas empresas inovadoras está associada, em geral, à noção de destruição criadora, descrita por Joseph Schumpeter em sua obra *Teoria do Desenvolvimento Econômico*, publicada em 1911, segundo a qual novas empresas entram no mercado e estimulam maior concorrência e mais inovação.

Um amplo conjunto de evidências comprova que novas empresas são especialmente relevantes para expandir a fronteira tecnológica porque tendem a desenvolver inovações mais radicais, enquanto as empresas incumbentes tendem, em geral, a

priorizar a inovação incremental para aperfeiçoar produtos e processos existentes. De acordo com o Fundo, mais da metade do crescimento da produtividade total de fatores ao nível da indústria decorre da entrada de novas empresas enquanto o restante resulta de ganhos de produtividade das empresas incumbentes. A intensificação da concorrência dos novos participantes estimula a inovação por parte das empresas já instaladas, em particular, nas indústrias de alta tecnologia.

As tendências de empreendedorismo, medida pela proporção da entrada de novas empresas no total de empresas ativas, variam entre os países. Na Europa, em uma amostra de vinte e cinco países, a taxa de entrada de novas empresas vem registrando declínio desde a crise financeira de 2008 em quatorze países, enquanto nos demais tem aumentado. Nos Estados Unidos, país para o qual há uma série mais longa de dados disponíveis, observa-se um declínio gradual na taxa de entrada desde o final da década de 1970.

Taxa de entrada de empresas na Europa antes e depois da crise Financeira[1]
(Em Porcentagem do número de empresas ativas)



Extraído de FMI (2016), p. 39.
Nota: 1. Antes de 2008 refere-se à média entre 2004 e 2007. Depois de 2008 refere-se à média entre 2008 e 2012.

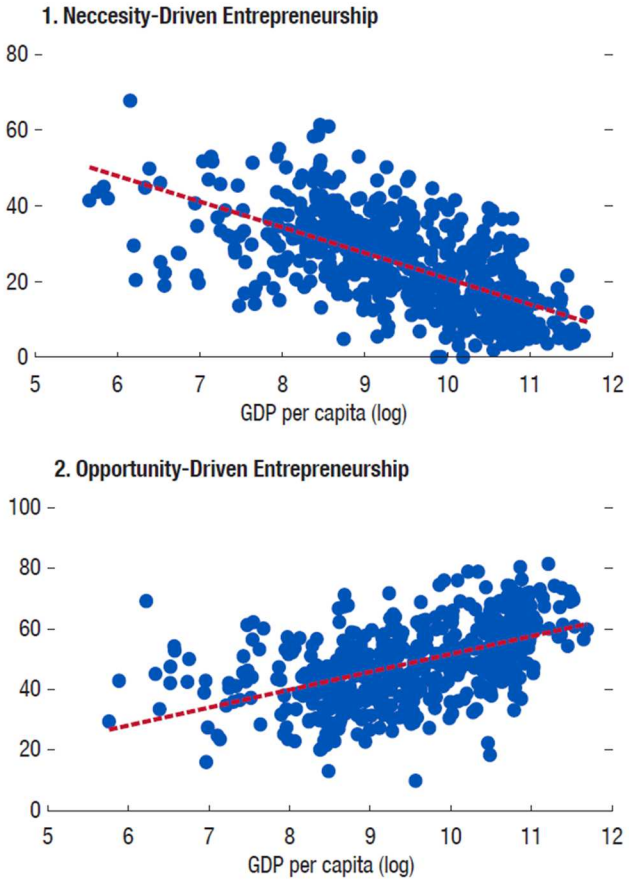
Taxa de entrada de empresas nos Estados Unidos, 1977-2013
(Em Porcentagem do número de empresas ativas)

Extraído de FMI (2016); p. 40.

A taxa de entrada de novas empresas é, tipicamente, mais elevada nas economias de mercado emergente e em desenvolvimento do que nas economias avançadas. Porém, a natureza do empreendedorismo é bastante diferente nos dois grupos. Nas economias emergentes e em desenvolvimento o empreendedorismo é fruto da necessidade e tende a florescer quando outras opções de trabalho estão ausentes ou são insatisfatórias. Em contraste, nas economias avançadas, a oportunidade relacionada à inovação é o motor do empreendedorismo. Por essa razão, uma importante meta de desenvolvimento em muitas das economias de mercado emergente e em desenvolvimento é estimular a ampliação da parcela de empreendedorismo que é motivada pela oportunidade ao invés da simples elevação da taxa de entrada.

O estudo destaca que a experimentação empresarial eficaz requer arranjos institucionais que facilitem a entrada de novos participantes, o crescimento e a saída. Um obstáculo bastante frequente é o acesso a fontes de financiamento. Em vários países, programas governamentais apoiam a provisão de capital-semente, de financiamento nas etapas iniciais e de capital de risco. Outro obstáculo é o peso sobre as empresas das políticas não fiscais, tais como as licenças e permissões, as leis de falência e a legislação trabalhista.

Tipo de Empreendedorismo e PIB *per capita*
(Porcentagem do total de atividade empresarial em fase inicial[1])



Extraído de FMI (2016), p. 40.
Nota: 1. O total de atividade empresarial em fase inicial inclui empresas nascentes e novas empresas, administradas pelos proprietários, com menos de 3,5 anos de idade.

Políticas tributárias para encorajar novas empresas. A decisão de iniciar um empreendimento envolve uma escolha entre trabalhar sob um contrato seguro de emprego com um salário determinado e assumir o risco de buscar um ganho financeiro potencialmente maior, porém incerto. Na avaliação do Fundo, o sistema de tributação da renda pode influenciar os custos, benefícios e riscos envolvidos nessa escolha.

O imposto de renda pessoal é importante para os empreendedores cujas empresas iniciam atividade como empresa sem fins lucrativos. Se o sistema tributário permite a compensação integral no imposto de renda pessoal de perdas com outras atividades, o risco da variabilidade da renda se reduz e o empreendedor é encorajado a incorrer riscos. Porém, a maioria dos sistemas de tributação da renda pessoal restringe a compensação de perdas, o que desincentiva a atividade empresarial.

Quando o negócio sobrevive e cresce, a empresa se transforma em uma empresa comercial com fins lucrativos, a receita gerada passa a estar sujeito ao imposto sobre renda das sociedades e quando distribuída ao proprietário sujeita a tributação de dividendos ou ganhos de capital. Esses tipos de tributos podem também influenciar a entrada e o crescimento de novas empresas na medida em que alteram os riscos e os retornos esperados.

Os efeitos da tributação da renda sobre a criação de empresas foram objeto de inúmeras investigações empíricas, incluindo uma nova análise realizada pelo FMI com dados de 25 países europeus de economia avançada e no período 2004-2013. De acordo com o estudo, os resultados encontrados são os seguintes:

- Tributação de renda pessoal. Os efeitos das alíquotas de imposto de renda pessoal sobre a taxa de entrada foram mistos. Para os Estados Unidos, algumas evidências sugerem uma relação negativa entre a progressividade do imposto e a entrada de novas empresas, enquanto outros mostram que alíquotas mais elevadas encorajam o risco empresarial. Para Europa, a análise empírica encontrou evidências robustas que os efeitos progressividade do imposto sobre a entrada de empresas são insignificantes.

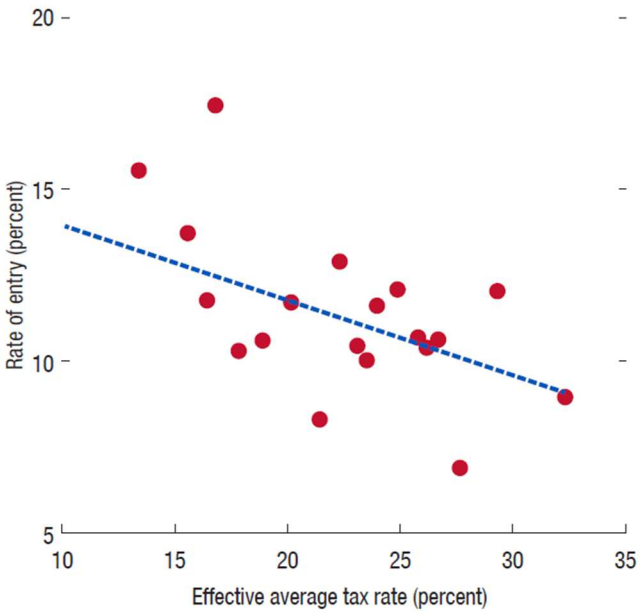
- Imposto de seguridade social. A decisão de iniciar um negócio pode depender da diferença entre a elegibilidade de empregados e empregadores nos programas de seguridade social. De um lado, alíquotas elevadas de contribuições podem gerar os mesmos efeitos de distorção sobre o empreendedorismo que a tributação de renda pessoal. Por outro lado, a garantia de elegibilidade à seguridade universal pode encorajar à assunção de risco empresarial.

- Tributação de renda corporativa: A maioria dos estudos empíricos encontrou evidência que alíquotas elevadas de imposto sobre a renda das sociedades corporativas têm influência negativa sobre a atividade empresarial. A análise realizada pelo Fundo também encontrou tal correlação inversa. O tamanho dos efeitos é, contudo, modesto. Uma redução em 1 ponto percentual (p.p.) do imposto de renda se traduziria em um aumento de 0,1 a 0,3 p.p. na taxa de entrada de novas empresas.

- Tributação de ganhos de capital. Dado que parte significativa da renda dos empresários ocorre sob a forma de ganhos de capital, uma menor tributação de ganhos de capital pode encorajar projetos empresariais. Todavia, reduzir as alíquotas para todos os tipos de ganho de capital para alcançar esse objetivo não seria de modo algum adequado. Ademais, uma menor tributação estimularia a

realização de arbitragem fiscal, encorajando os empresários a realizar ganhos de capital ao invés de distribuir dividendos.

Entrada de Empresas e Tributação Empresarial



Extraído de FMI (2016); p. 41.

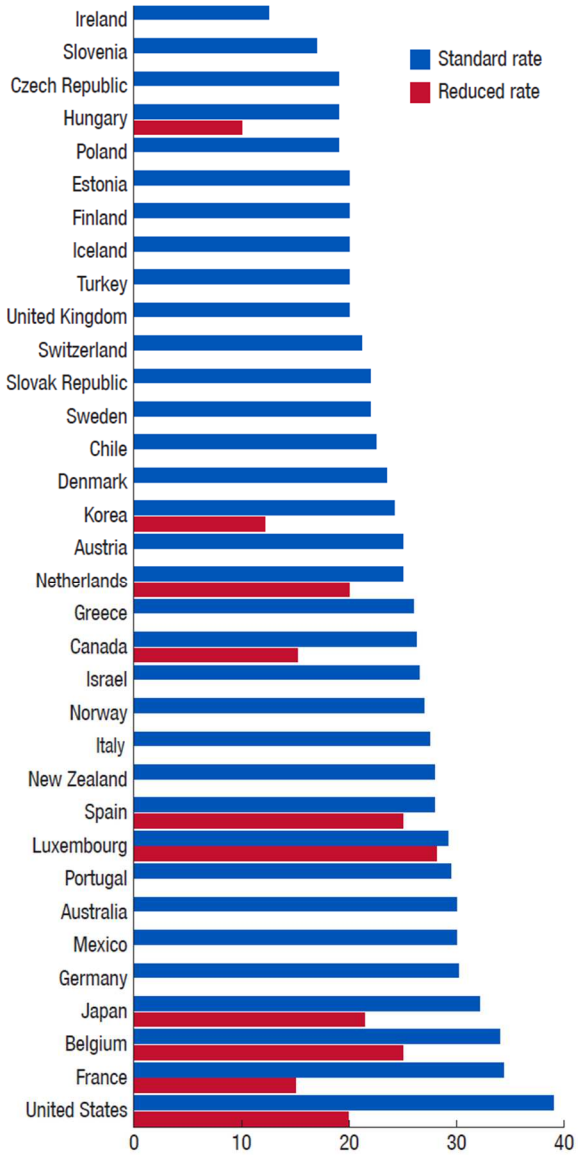
Os autores concluem que, no conjunto, embora o imposto sobre renda possa ter algum efeito desencorajador na entrada de empresas, há importantes forças compensatórias. Para assegurar que essas forças sejam efetivas seria necessário assegurar a provisão generosa no sistema tributário de mecanismos de compensação das perdas.

Alguns países adotam medidas especiais de redução de imposto para estimular atividade o empreendedorismo, como a oferta de abatimento fiscal para capitalistas de risco para estimular a oferta de recursos paras as empresas nos estágios iniciais. Porém, na prática, como a maior parte do capital de risco é originário de investidores institucionais isentos de imposto, esse instrumento tem sido pouco efetivo. Suporte fiscal diretamente focado nas empresas recém-criadas pode ser mais eficaz, especialmente se tal suporte assume a forma de reembolso do imposto quando a receita é negativa.

Novo é mais importante do que pequeno. De acordo com o Fundo, o sistema tributário também pode afetar o crescimento das empresas. Em particular, tratamentos fiscais preferenciais com base no tamanho das empresas e tributação diferenciada de distintas formas legais de negócio podem afetar os incentivos das empresas a crescer.

Vários países oferecem tratamento fiscal preferencial para pequenas empresas. Por exemplo, entre os países membros da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), dez praticam alíquotas menores de imposto sobre a renda de sociedades corporativas para pequenas empresas, com lucros abaixo de um determinado nível. Contudo, como a maioria dessas pequenas empresas não é nem nova e nem inovadora, esse tipo de incentivo fiscal não contribui para estimular a inovação empresarial.

Alíquotas de Imposto de Renda de Pessoas Jurídicas e Pequenas Empresas



Extraído de FMI (2016); p. 42.

Evidências indicam que a taxa de crescimento das empresas, a criação de empregos e as atividades de exportações estão muito mais relacionadas com o tempo de atividade do

empreendimento do que com o tamanho da empresa. Ademais, preferência baseada em tamanho da empresa cria desincentivo para ampliação do negócio, conhecido como "armadilha da pequena empresa". Por essa razão, o Fundo considera que o estímulo à criação e ao crescimento das empresas pode ser bem mais efetivo se o suporte fiscal estiver orientado às novas empresas.

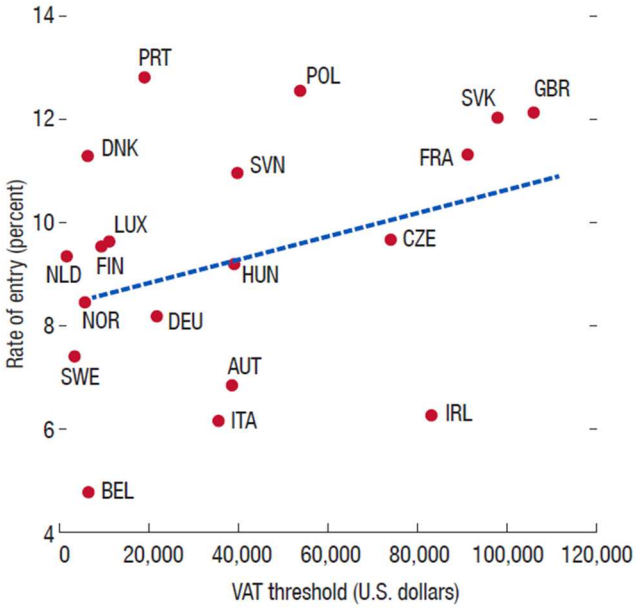
No que se refere à tributação diferenciada de distintas formas legais de negócio, o estudo ressalta que muitos sistemas tributários não oferecem um tratamento fiscal neutro das rendas corporativa geradas mediante várias estruturas legais. Em consequência, os empresários são induzidos a conduzir seus negócios de modo a minimizar suas obrigações tributárias, o que pode resultar em distorções organizacionais e comprometer o crescimento. Uma ligeira redução da tributação das sociedades corporativas em comparação com as empresas não corporativas poderia, na visão do Fundo, encorajar a assunção de risco empresarial ou estimular o registro formal do empreendimento.

Simplicidade do sistema tributário. O empreendedorismo pode ser igualmente afetado pela complexidade do sistema tributário. As empresas incorrem em custo elevado para gerenciar o pagamento e o cumprimento das obrigações tributárias, denominado *compliance* tributário.

De acordo com o estudo, nas economias de mercado emergente e em desenvolvimento, o custo do *compliance* tributário é estimado em aproximadamente 15% do volume de negócio das pequenas empresas, o que impõe uma barreira significativa ao empreendedorismo. Todavia, alguns países estão simplificando seus regimes tributários para empresas com volume de negócios abaixo de certo patamar, permitindo o pagamento de um único imposto ao invés de um conjunto de impostos e com menor frequência. Essa simplificação encorajou empresas informais a formalizar os seus negócios. Esse foi o caso do Brasil, onde a introdução de esquemas de simplificação para micro e pequenos empresa elevou significativamente a formalização, o volume de negócios e o nível de emprego. Outros países que adotaram esquemas simplificados de tributação foram o Chile, Geórgia, Índia e México.

Entre as economias avançadas, vários países adotam sistemas tributários simplificados para empresas com volume de negócios baixo de determinado patamar. Em geral, nesses regimes simplificados, as empresas estão dispensadas de se registrarem no imposto sobre valor adicionado (VAT, na sigla em inglês). Quanto mais alto é o limiar do VAT maior é a taxa de entrada de novas empresas. Segundo o Fundo, em alguns países, o limiar do VAT poderia ser elevado para estimular o empreendedorismo.

Entrada de Empresas[1] e Limite para Registro de Imposto sobre Valor Agregado (VAT), 2010-2013



Extraído de FMI (2016), p. 43.

Nota:

1. As taxas de entrada de empresas são médias do período 2010-2013 e são expressas como porcentagem do número total de empresas.

Recomendações de Política

O estudo conclui que a política fiscal pode auxiliar a elevação da produtividade mediante a promoção de inovações. As principais conclusões e recomendações de política são as seguintes:

- Boas políticas de estabilização fiscal estimulam o P&D. Essas políticas podem ajudar as empresas a manter suas atividades de P&D durante recessões. O estudo encontrou novas evidências que a estabilização fiscal é especialmente importante para as empresas que dependem de *funding* externo.

- Governos deveriam fazer mais para encorajar o P&D. Nas economias avançadas, os investimentos privados em P&D precisam ser aumentados em 40%, em média, para alcançar os níveis que são eficientes em perspectiva nacional. Alcançados esses níveis, o crescimento do PIB poderia alcançar 5% no longo prazo. O custo fiscal associado é estimado em 0,4% do PIB por ano. No âmbito global, os benefícios da ampliação dos investimentos privados em P&D seriam

maiores em razão do efeito de transbordamento do conhecimento. Nas economias avançadas, esse resultado poderia ser alcançado mediante políticas bem-desenhadas que incluam incentivos fiscais às atividades privadas de P&D e investimento público complementar em pesquisa básica. Nas economias de mercado emergente e de renda média, o estímulo ao P&D também pode contribuir para o aumento da produtividade, desde que os países tenham uma base forte de capital humano.

- Desenho cuidadoso dos incentivos fiscais ao P&D é imperativo. Os governos podem investir mais em P&D público, tais como pesquisas científicas de base que irão impulsionar as atividades de pesquisas das próprias empresas. O estudo encontrou evidências de que subsídios às pesquisas e os incentivos fiscais aos gastos com P&D podem efetivamente promover o crescimento da produtividade. Todavia, alguns desses incentivos, como o tratamento fiscal favorável aos rendimentos de propriedade intelectual, têm elevado custo fiscal e fornecem, na prática, pouco estímulo à inovação. Em alguns casos, esses incentivos são apenas parte de uma estratégia agressiva de concorrência fiscal.

- Transferência tecnológica em economias em desenvolvimento e de mercado emergente requer melhores instituições, infraestrutura e educação. A análise mostrou que os incentivos fiscais comumente utilizados para atrair IED são extremamente ineficazes e custosos. Boas instituições são mais eficazes na atração de investimento externo. Ademais, esses países necessitam fortalecer suas capacidades de absorção de tecnologia do exterior mediante a melhora do seu capital humano e de sua base de infraestrutura.

- Os incentivos e preferências devem ter como alvo empresas recém-criadas e não pequenas empresas. A análise empírica realizada mostrou que a tributação da renda tem um efeito apenas modesto sobre a taxa de entrada das empresas. O tratamento fiscal preferencial de pequenas empresas deve ser evitado, porque é um instrumento muito pouco efetivo para estimular de modo eficiente a atividade empresarial. Na verdade, pode prejudicar ao criar uma armadilha que compromete o crescimento dessas empresas, que evitariam crescer para preservar a elegibilidade aos benefícios fiscais. Um bem-desenhado programa de alívio fiscal para novas empresas poderia promover o empreendedorismo e inovação.

PARTE 3 - ESTRATÉGIAS PARA A INDÚSTRIA 4.0 NO BRASIL

3.1. Políticas para o Desenvolvimento da Indústria 4.0 no Brasil[8]

Roberto Vermulm[9]

Introdução

A Indústria 4.0, ou Manufatura Avançada, é um novo estágio de desenvolvimento da produção industrial no mundo. Estados Unidos, Alemanha e China se destacam entre os países que mais têm investido para modernizar sua indústria e aproveitar essa onda para potencializar a produção industrial e disputar a posição de liderança mundial. Outras nações investem para não perder competitividade global e avançar na produção mundial.

Países em desenvolvimento passam então a conviver com um cenário internacional de grande movimentação que pode questionar o seu estágio de desenvolvimento produtivo. Nesse momento, o Brasil necessita retomar o investimento no setor industrial e, ao mesmo tempo, transformar a sua estrutura produtiva, modernizando sua pauta de produção e exportação, seus processos produtivos e modelos de negócios.

Tal como ocorre em processos de transformação produtiva, segmentos industriais correm o risco de desaparecer enquanto outros surgem com novas práticas comerciais e produtivas. Empresas líderes têm suas posições questionadas por concorrentes e as cadeias produtivas são redesenhadas. Esse processo de transformação requer das economias a cooperação entre seus agentes públicos e privados no direcionamento de uma estratégia de desenvolvimento nacional para evitar perdas em sua estrutura industrial. Nesse sentido, o debate sobre políticas para a Indústria 4.0 no Brasil é uma imposição nesse momento em que o País busca um direcionamento para seu desenvolvimento econômico e social.

[8] Trabalho divulgado como Carta IEDI n. 862. Disponível em https://iedi.org.br/cartas/carta_iedi_n_862.html

[9] Doutor em Economia, especialista em Economia Industrial, Desenvolvimento Tecnológico e Políticas Públicas; Professor do Departamento de Economia da USP e Ex-Diretor do CGEE, da FINEP e da EMBRAPII

A Indústria 4.0 e seus impactos

A Indústria 4.0 resulta da incorporação e do desenvolvimento de um conjunto de tecnologias de base digital. Esse conjunto pode variar na percepção de diferentes analistas, todavia entre as tecnologias mais relevantes podem ser citadas as seguintes:

- Sensores e Atuadores – os sensores são dispositivos capazes de identificar e registrar informações sobre variáveis físicas ou químicas de um ambiente produtivo. Por exemplo, identificam e registram informações sobre temperatura, pressão, umidade, presença de produtos químicos, dimensões físicas, características físicas dos produtos etc. Essas informações são processadas por controladores que acompanham e gerenciam a produção. Os atuadores são dispositivos capazes de gerar uma ação, de comandar um movimento, e dessa forma atuam no processo de produção. Os sensores e os atuadores estão na base de processos de automação digital.
- Internet das Coisas – são sistemas, compostos por hardwares e softwares que viabilizam a interligação e a comunicação entre objetos, podendo ser máquinas e equipamentos conectados entre si ou bens de consumo conectados com outros produtos.
- Big Data – processamento e armazenamento de grandes bases de dados estruturados e não estruturados. Dispor de dados passou a ser muito importante para o tratamento computacional com o objetivo de analisar processos e tomar decisões, mesmo que apenas uma parte dos dados seja analisada. Dispor de grandes bases de dados também está na base da automação digital e da robotização de processos industriais nas quais os robôs autônomos tendem a assumir maior relevância.
- Computação em Nuvem – os serviços de computação em nuvem utilizam computadores, servidores e toda infraestrutura necessária para processar e armazenar bases de dados. Essa infraestrutura é compartilhada e acessada através da internet, a partir de diversos dispositivos de acesso, tais como computadores, tablets e celulares.
- Inteligência Artificial – é área da computação que permite que máquinas tomem decisão autonomamente. Para tanto é necessário dispor de grandes bases de dados, capacidade de processamento de informações e computação em nuvem. A inteligência artificial viabiliza que produtos e processos produtivos tomem decisões sem a interferência humana.

- Tecnologias de Comunicação sem Fio – são sistemas constituídos por equipamentos, dispositivos, componentes e por softwares que viabilizam a comunicação de voz e de dados sem fio. Essas tecnologias permitem grande mobilidade dos agentes dos processos produtivos, permitindo tanto a comunicação intraplanta industrial, como corporativa, integrando diferentes sites da empresa, como extrafirma, ao possibilitar a comunicação entre empresas.
- Sistemas Integrados de Gestão – são diferentes softwares de gestão que integram diferentes atividades de uma unidade industrial, ou que aumentam a eficiência da gestão produtiva, comercial ou financeira da empresa, ou que integram diferentes unidades produtivas de uma mesma corporação.
- Robótica – os robôs são equipamentos de automação industrial controlados automaticamente, podendo ser programados e reprogramados a distância e com maior ou menor grau de autonomia, isto é, sem a necessidade de intervenção humana. Robôs mais avançados são equipados com diferentes dispositivos e programas, que permitem a tomada de decisão diante de alterações das variáveis consideradas no processo de produção, e podem interagir com os trabalhadores engajados em um determinado processo produtivo.
- Manufatura Aditiva – é o processo de produção de peças através da deposição de materiais.
- Novos Materiais – há nova geração de materiais que podem ser nanoestruturados ou não, que possuem aplicações diversas e que estão contribuindo para o desenvolvimento das tecnologias apontadas acima. É o caso de novos materiais desenvolvidos para aplicações eletrônicas que estão viabilizando aumento da capacidade de processamento e de armazenamento de dados com baixos custos relativos.

A Indústria 4.0 resulta da aplicação dessas diferentes tecnologias, que se integram para a geração de soluções específicas segundo a prioridade e a programação de cada empresa. Não necessariamente todas as tecnologias são empregadas em uma mesma solução, assim como a intensidade do emprego de cada uma delas pode variar bastante de projeto a projeto. O fato é que existem inúmeras possibilidades de combinações dessas tecnologias para a resolução de problemas concretos colocados pela produção industrial. Apesar do potencial de geração de grandes impactos sobre a atividade industrial, nem todas as tecnologias que dão suporte à Indústria 4.0 são novas. Algumas já são utilizadas pela produção industrial, tais como sistemas modernos de gestão,

automação eletrônica de processos produtivos e robotização, comunicação móvel, sensores e atuadores etc.

Todavia, a grande novidade da Indústria 4.0 está na integração das distintas tecnologias e, pode-se dizer, na inteligência artificial. Isto significa que as tecnologias que já são conhecidas pelas empresas industriais estão tendo uma difusão muito mais acelerada e as soluções empreendidas são distintas daquelas que prevaleciam até então.

Esse processo de mudança técnica, que combina novas tecnologias e intensificação da difusão de outras já conhecidas, tem sido viabilizado pela redução de custos de algumas dessas tecnologias. Este é o caso dos sensores e atuadores que têm permitido ampliar a automação digital muito rapidamente. De forma análoga vem ocorrendo com o processamento e armazenamento de grandes bases de dados. Mesmo assim, o investimento necessário para a digitalização de uma unidade fabril não é desprezível, o que equivale dizer que, embora seja uma tendência clara, o grau de digitalização das empresas industriais será diferenciado segundo seu fôlego financeiro e sua estratégia.

Os impactos das tecnologias da Indústria 4.0 são variados e podem ser divididos entre impactos sobre os processos de produção e sobre os produtos. Em outra dimensão, podem ser classificados em impactos sobre a empresa industrial ou sobre toda a cadeia produtiva na qual se insere a empresa industrial.

Na primeira dimensão (produtos e processos produtivos), é importante observar que os impactos serão diferenciados dependendo de a indústria ser de processos contínuos de produção ou processos discretos, também chamados de manufatura ou indústria de montagem. Nos processos contínuos não há interrupção dos fluxos de produção, entrando a matéria-prima no início do processo juntamente com demais insumos e resultando em um ou mais produtos ao final da produção. Exemplo de indústria de processo contínuo de produção é a de bens intermediários, tais como siderurgia e química. Geralmente são indústrias de capital intensivas, sob o comando de empresas com grande faturamento, que trabalham com elevadas escalas de produção, movimentando também altos volumes de matérias-primas e outros insumos. No caso do Brasil esse segmento industrial está entre aqueles que se encontram mais próximos da tendência mundial de produção, já com elevada automação eletrônica de processos de produção.

De outro lado está a manufatura ou indústria de montagem na qual a produção pode ser interrompida em várias de suas etapas. O produto final resulta da montagem de partes, peças e componentes que podem ser inseridos no produto já pré-montados. A indústria automotiva, a indústria de máquinas e equipamentos, de vestuário, de

calçados são alguns exemplos. Nesse segmento industrial convivem empresas de diferentes tamanhos, com variada intensidade de capital e de escala de planta industrial. As cadeias produtivas destas indústrias geralmente são mais complexas e mais extensas, agregando um conjunto bastante diferenciado de fornecedores.

Dadas as considerações acima, pode-se dizer que os impactos da adoção das tecnologias da Indústria 4.0 serão mais intensos na indústria de montagem do que na indústria de processo contínuo. Uma grande diferença entre eles está na possibilidade de maior flexibilização do processo produtivo. No caso da indústria de montagem imagina-se mais claramente a possibilidade de customização da produção às demandas dos clientes sem se perder as vantagens da produção em alta escala.

Isto será viabilizado pela adoção de algumas tecnologias: integração das atividades produtivas (engenharia de produto, engenharia de processo, planejamento da produção, programas de gestão da produção); integração da empresa montadora com seus fornecedores; integração da empresa montadora com seus sistemas de distribuição e comercialização, por exemplo. Com a digitalização, será possível receber demandas diferenciadas dos clientes, as quais irão requerer insumos e componentes diferenciados dos fornecedores; as empresas programarão a produção da forma mais eficiente possível, dada a integração das máquinas, dos equipamentos e dos sistemas de alimentação e de distribuição de produtos.

Essas possibilidades são maiores na indústria de montagem do que na indústria de processo contínuo na qual a programação e reprogramação de toda a planta industrial pode demandar um tempo incompatível com as vantagens obtidas com a customização. Mais do que isso, os processos de produção adotados podem conter uma rigidez muito grande não viabilizando a diferenciação de produtos segundo demandas dos clientes.

Portanto, a flexibilidade da produção tende a aumentar com a digitalização, contudo com maior intensidade nos setores da indústria de montagem do que nos setores de processos contínuos de produção. Além disso, no caso do Brasil, os segmentos industriais que empregam processos contínuos estão relativamente mais atualizados, sob o ponto de vista tecnológico, porque receberam investimentos mais recentemente.

Os impactos da adoção das tecnologias da Indústria 4.0 são os mais variados. A eficiência dos processos irá melhorar. Como as tecnologias digitais utilizam sensores espalhados por toda a planta industrial e as variáveis do processo de produção são controladas automaticamente por unidades computacionais, é possível aumentar a eficiência dos processos produtivos.

Muito relevante será a economia de energia, seja porque as máquinas e os equipamentos empregados tendem a ser mais inteligentes, seja porque os programas de controle da produção possibilitarão economizar energia em diferentes momentos da produção.

Também melhorará a qualidade dos produtos, com a redução de imperfeições dos processos de produção. Máquinas e equipamentos mais inteligentes dotados de sensores e atuadores serão capazes de prevenir e de tomar decisões autonomamente diante de defeitos observados ao longo do processo de produção.

A redução de custos de produção constituirá outro impacto porque as máquinas e os equipamentos trabalharão de forma integrada, comandados por computadores que otimizarão a produção. Haverá redução do tempo para *setup* das máquinas e dos equipamentos a partir da maior automação, que pode já prever, no próprio equipamento, os parâmetros e a decisão de reprogramação das operações industriais. Haverá redução de custos de manutenção das máquinas e dos equipamentos, porque eles serão controlados por programas mais sofisticados, que já incluem o acompanhamento de parâmetros para a definição da manutenção. A inteligência artificial, por outro lado, viabilizará a manutenção preditiva, reduzindo assim os custos com a manutenção e reduzindo a parada da produção decorrente da necessidade de manutenção.

A digitalização da produção, a internet das coisas e as tecnologias de comunicação integrarão diferentes departamentos das empresas, plantas industriais de uma mesma empresa e a empresa com seus fornecedores, prestadores de serviços e clientes. Dessa forma, será possível diminuir custos administrativos, reduzir estoques de partes, peças e componentes e de produtos acabados, aumentar a eficiência dos processos produtivos, diminuindo os custos de transação e otimizando a logística.

Ademais, esta integração viabilizará a redução do tempo investido no desenvolvimento de novos produtos, e a inteligência artificial, aplicada a processos de pesquisa e desenvolvimento (P&D), poderá contribuir para a redução do tempo no lançamento de novos produtos e no desenho de novos processos de produção. Além dos programas de gestão da produção, serão difundidos programas que simularão ambientes produtivos, que testarão alternativas para identificar o processo mais eficiente. De forma análoga, programas de simulação e de realidade aumentada serão empregados no desenvolvimento de novos produtos.

As tecnologias da Indústria 4.0 possibilitam também a geração de novos modelos de negócio. Basicamente, aumenta-se a venda de serviços atrelados ou não à venda de

produtos. As empresas produtoras de bens de capital poderão optar pela venda dos serviços desses produtos, mediante negociação de parâmetros de desempenho. O mesmo poderá ocorrer com a substituição da venda de bens de consumo duráveis pelos serviços por eles prestados.

Novas gerações de produtos surgirão com a maior difusão de sensores e atuadores nos produtos e com a utilização da inteligência artificial; ou seja, os produtos serão mais conectados. Isto vale tanto para os bens de consumo como para os bens de capital.

Enfim, os pontos relacionados acima dão uma ideia da extensão dos impactos esperados com a difusão das tecnologias da Indústria 4.0. Em linhas gerais, as mudanças irão gerar redução de custos de produção, maior flexibilidade dos processos produtivos, aceleração do ritmo de desenvolvimento tecnológico, seja de produtos ou de processos produtivos ou ainda de novas gerações de produtos e novos modelos de negócio.

O baixo estágio de difusão das tecnologias 4.0 no brasil

Dado esse cenário, torna-se estratégico para a indústria brasileira acelerar o ritmo de difusão das tecnologias da Indústria 4.0 assim como intensificar as inovações aproveitando a nova onda tecnológica. Por outro lado, o estágio atual de difusão dessas tecnologias ainda está muito pouco desenvolvido. Duas pesquisas empíricas recentes atestam esse fato.

Em abril de 2016, a Confederação Nacional da Indústria (CNI) publicou uma Sondagem Especial sobre a Indústria 4.0 no Brasil[10]. Foram consideradas 10 tecnologias digitais para se obter informações como: adoção dessas tecnologias pelas empresas; objetivos da adoção das tecnologias; importância delas para a competitividade industrial; principais dificuldades para a sua aplicação etc. Essas questões foram submetidas a 2.225 empresas do setor industrial brasileiro, sendo 910 pequenas, 815 médias e 500 grandes empresas. O período de coleta de dados foi de 4 a 13 de janeiro de 2016.

Uma das constatações mais relevantes do levantamento foi o baixo conhecimento das empresas da importância das tecnologias digitais para a competitividade: “43% não identificaram quais tecnologias digitais, em uma lista com 10 opções, têm o maior potencial para impulsionar a competitividade da indústria. O desconhecimento é significativamente maior entre as pequenas empresas (57%). Entre as grandes

[10] CNI. Sondagem Especial Indústria 4.0. Indicadores CNI, ano 17, número 2, abril de 2016.

empresas, o percentual de empresas que não identificaram alguma das 10 tecnologias digitais apresentadas como importantes para a competitividade cai para 32%"[11]. Esses dados demonstram o distanciamento da indústria brasileira das tecnologias digitais.

A pesquisa mostra ainda que as empresas pouco se utilizam das tecnologias digitais: 52% das empresas entrevistadas manifestaram que não empregam nenhuma das tecnologias selecionadas. As que utilizam o fazem em atividades dos processos de produção com o objetivo de redução de custos operacionais e aumento da produtividade.

Por fim, o alto custo de implantação das tecnologias digitais é apontado como a principal barreira à incorporação dessas tecnologias, mesmo entre as empresas que as utilizam. Outros fatores como falta de clareza na definição do retorno sobre o investimento e a estrutura e cultura da empresa também foram apontados como barreiras.

A pesquisa atesta que a difusão das tecnologias na indústria é bastante baixa, o que coloca a necessidade de um grande esforço de modernização nos próximos anos para não se consolidar a defasagem tecnológica da indústria brasileira e dificultar sua inserção internacional.

Outro levantamento também relativo à adoção das tecnologias da Indústria 4.0 foi realizado pelo projeto Indústria 2027, encomendado pela CNI à Universidade Federal do Rio de Janeiro em conjunto com a Universidade de Campinas[12]. A pesquisa de campo foi realizada entre 01 de junho e 31 de outubro de 2017, junto a médias e grandes empresas industriais, tendo obtido retorno de 759 estabelecimentos industriais.

Em relação à situação atual, a pesquisa constatou que 1,6% das empresas encontravam-se na Geração 4, a mais avançada em termos da adoção de tecnologias digitais. "Mais do que isso, 77,8% das empresas encontravam-se nas Gerações 1 e 2, não tendo ainda alcançado a Geração 3, equivalente à "Produção Integrada", com uso relativamente intensivo de TICs [tecnologias da informação e comunicação] nas diversas áreas organizacionais"[13]. O dado que mais chama a atenção é que 3/4 das empresas estão nos estágios iniciais do que seria a digitalização da indústria.

Tomando apenas a Geração Digital 1, tem-se 38,7% das empresas nesse estágio. Lembrando que o painel é constituído por grandes e médias empresas, e considerando que a Geração 1 se caracteriza por processos administrativos e comerciais realizados

[11] CNI (2016), pag. 03.
[12] IEL/NC Instituto Euvaldo Lodi. Núcleo Central. Indústria 2027. Relatório Síntese da Pesquisa de Campo. Análise Agregada dos Resultados. Brasília, 2017.
[13] IEL/NC (2017), pag. 24.

manualmente, e a produção é efetivada com máquinas não conectadas, pode-se ter uma ideia de como a indústria brasileira está defasada e distante da adoção das tecnologias que tendem a predominar com a difusão da Indústria 4.0. Se as médias e grandes empresas estão tão distantes desse paradigma, o que dizer das empresas de menor porte, tradicionalmente com menos condições de acessar novas tecnologias?

Quase dois terços das empresas (64%) consideram ser alta ou muito alta a probabilidade da Geração Digital 4 de tecnologias digitais ser dominante em 2027. Apesar disso, poucas estão de fato trabalhando para essa incorporação. Somente 15% das empresas possuem alguma ação para incorporar a Geração 4 das tecnologias digitais e 39,4% não estão agindo e nem mesmo executam ou executaram estudos iniciais com esse objetivo.

Enfim, as duas pesquisas recentes sobre a adoção das tecnologias digitais na indústria brasileira demonstram que o risco de a defasagem conduzir à perda de competitividade da indústria brasileira existe e é elevado. Procurando alterar esse quadro, o setor público e entidades empresariais têm procurado lançar propostas e ações voltadas ao desenvolvimento da Indústria 4.0 no Brasil. O próximo item resume algumas dessas iniciativas.

Recentes propostas de políticas para a Indústria 4.0 no Brasil

Cada vez mais o tema da Indústria 4.0 tem estado presente nas agendas de instituições públicas, entidades empresariais, academia e das agências de fomento. Algumas instituições têm implementado ações de promoção da Indústria 4.0 no Brasil, enquanto outras têm proposto políticas públicas. Na maior parte dos casos tem predominado a temática da difusão e da adoção dessas tecnologias por parte das empresas industriais instaladas no país. Mas ainda é muito recente esse movimento para que se possa avaliar a efetividade das iniciativas.

Neste item do trabalho o foco está no tema de propostas de políticas. A seguir serão apresentadas e comentadas algumas das mais recentes proposições de políticas voltadas para a Indústria 4.0 no Brasil.

Inovação, manufatura avançada e o futuro da indústria – ABDI Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial, 2017[14]

O documento encomendado pela ABDI ao Centro Brasileiro de Análise e Planejamento (Cebrap) propõe para o Brasil um programa para a Indústria do Futuro. Suas recomendações destacam quatro grandes temas: Governança, Integração Internacional, Laboratórios e Rede Testbeds.

No tema Governança a proposta é de instituição do programa sob responsabilidade de um Comitê de Liderança dirigido pelo Presidente da República e composto por representantes do governo, dos empresários e da academia, com representação empresarial majoritária, porque o tema é muito novo e existem várias tecnologias para serem desenvolvidas com graus diferenciados de incerteza. A maior representação empresarial concederia um mosaico de possibilidades para a tomada de decisão do Comitê. A este Comitê caberiam as decisões estratégicas: diretrizes do Programa, principais iniciativas e mobilização de instrumentos de ação.

Abaixo do Comitê de Liderança é proposta uma Secretaria Executiva com participação majoritária de empresários. O documento não indica qual seria a instituição líder dessa Secretaria Executiva ou a quem caberia a coordenação geral dos trabalhos. Por fim, propõe-se a formação de Grupos de Trabalho, de natureza técnica, sem especificar se seriam representantes institucionais ou não; o destaque aqui foi dado para a competência técnica na realização de estudos e proposição de ações. Inicialmente sugere-se a criação dos seguintes Grupos de Trabalho: Robótica e Automação; Sensores e Inteligência Artificial; Infraestrutura; Regulação; e Recursos Humanos.

Persistem algumas dúvidas sobre essas recomendações. Em primeiro lugar, atribuir a direção do Comitê de Liderança ao Presidente da República a nosso ver é adequado, mas não assegura a prioridade e importância estratégica que se espera para o Programa. Em segundo, sobre o Comitê ser majoritariamente composto por representantes do meio empresarial, a questão é como serão selecionados esses representantes. A criação do Movimento Empresarial pela Inovação (MEI) é uma demonstração de que a representação tradicional dos industriais é insuficiente no tema da inovação. Pode também não se revelar efetiva uma Secretaria Executiva com formação colegiada, se prevalecer a dispersão das ações e a falta de coordenação objetiva. Em suma, a proposta ABDI/Cebrap tem o mérito de ressaltar a necessidade de que seja concedida prioridade

[14] ABDI/Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. Inovação, Manufatura Avançada e o Futuro da Indústria. Uma Contribuição ao Debate sobre as Políticas de Desenvolvimento Produtivo. Brasília, 2017.

estratégica para as políticas da Indústria 4.0, mas a proposta de Governança ainda pode ser aperfeiçoada.

O segundo tema é o da Internacionalização. Como as tecnologias da Indústria 4.0 ainda são muito recentes há a necessidade de cooperação internacional, seja para acelerar o processo interno de capacitação, seja para acompanhamento das novidades que estão sendo desenvolvidas em todo o mundo. Nesse sentido, o trabalho propõe a intensificação de acordos internacionais envolvendo tanto empresas como instituições de pesquisa tecnológica. São propostos alguns instrumentos de política: financiamento para a internacionalização; apoio financeiro à participação acionária e à aquisição de empresa de tecnologia no exterior; atração de investidores estrangeiros para as empresas de base tecnológica no Brasil; difusão de informação sobre integração internacional para empresas, sobretudo para as de menor porte etc.

Sobre o tema de Laboratórios o documento menciona a existência no Brasil de instalações em universidades e institutos de pesquisa, mas a apreciação é de que eles nem sempre atuam de forma articulada com empresas, e os projetos são considerados de baixo valor e de pouca ambição. A recomendação é de constituir uma rede de laboratórios de inovação dedicada às tecnologias de suporte da Indústria 4.0. O pressuposto é de que esta rede garantiria toda a articulação necessária entre as instituições e as empresas e conseguiria mobilizar recursos para projetos de maior fôlego.

Por fim, a rede de testbeds. O testbed é uma infraestrutura que agrega empresas e grupos de pesquisa. Segundo o documento, "em resumo, os testbeds possuem infraestrutura básica para a simulação de sistemas de produção recebem, por período de tempo determinado, tecnologias adicionais de empresas e ICTs [Instituições Científicas e Tecnológicas] interessadas na realização de testes e podem, nesse caminho, ser utilizados para fins de demonstração para eventuais interessados"[15]. A proposta é de constituição da rede, financiamento dos trabalhos através de editais e auxílio na organização administrativa e jurídica dessa infraestrutura.

Portanto, as recomendações do estudo focam em algumas questões consideradas fundamentais para o futuro da indústria no Brasil. É dado grande destaque para iniciativas de inovação tecnológica e de articulação das instituições de pesquisa tecnológica com as empresas industriais. Todavia, algumas dessas propostas estão desenhadas de tal forma que não asseguram o seu êxito ou ainda carecem de detalhamento. Nos temas de Laboratórios e de Testbeds, por seu turno, não se tem

[15] ABDI/Cebrap (2017), pag. 681.

detalhamento de como mobilizar o setor empresarial para essas prioridades. Ademais, é necessário que se procure trabalhar mais a questão de como direcionar as empresas para a pesquisa e para a difusão das tecnologias da Indústria 4.0.

Oportunidades para a Indústria 4.0 – Aspectos da demanda e da oferta no Brasil – CNI Confederação Nacional da Indústria, 2017[16]

O trabalho da CNI reconhece que o tema da Indústria 4.0 abrange diferentes dimensões: aplicações nas cadeias produtivas e desenvolvimento de fornecedores; mecanismos para adoção das tecnologias da Indústria 4.0; desenvolvimento tecnológico; recursos humanos; infraestrutura; regulação; e articulação institucional. Apesar desse reconhecimento, o documento aqui citado procura trabalhar apenas a difusão das tecnologias da Indústria 4.0.

Para tanto, se debruça sobre o mercado de soluções digitais. Entende que a demanda está em toda a atividade industrial, embora ressalte que as indústrias de processo contínuo apresentam uma situação e uma dinâmica diferentes da indústria de montagem. De outra parte, tem-se a oferta de soluções digitais, que está analisada em quatro segmentos: grandes empresas produtoras de tecnologias habilitadoras; empresas integradoras; *startups* e pequenas empresas de base tecnológica; empresas de consultorias especializadas. Nesse conjunto de empresas é concedido destaque para as integradoras, as quais prestam serviços de concepção ou desenho de soluções para as empresas industriais segundo suas demandas. Elas podem ser entendidas como empresas agentes da difusão de tecnologias da Indústria 4.0.

As propostas do trabalho estão voltadas para a oferta e para a demanda de tecnologias habilitadoras. As recomendações para o lado da demanda são as seguintes:

1. Programa Nacional para Elaboração e Implementação de Plano Empresarial Estratégico de Digitalização. O trabalho parte do pressuposto de que cada empresa industrial tem uma realidade particular, porque é detentora de um estoque de capital específico, possui uma capacitação que lhe é própria, conta com recursos humanos determinados, tem uma trajetória tecnológica peculiar e, sobretudo, define uma estratégia empresarial para seu posicionamento nos mercados em que atua. Diante dessas condições, cada empresa deve definir um Plano Estratégico de Digitalização que é customizado. A recomendação é de se estruturar uma rede de instituições capacitadas para a elaboração desses planos. A princípio, o próprio Senai (Serviço Nacional de

[16] CNI/Confederação Nacional da Indústria. Oportunidades para a Indústria 4.0: Aspectos da Demanda e Oferta no Brasil. Brasília, 2017.

Aprendizagem Industrial), que constitui o Sistema Indústria, poderia chamar para si a responsabilidade de estruturar essa rede.

2. Financiamento para Implementação do Plano Empresarial Estratégico de Digitalização. Para executar seu plano estratégico a empresa industrial pode necessitar de financiamento das soluções definidas. Alguns bens já contam com financiamento das linhas tradicionais das agências de fomento, mas haveria necessidade de adaptar algumas linhas para cobrir os serviços tecnológicos não convencionais que serão agregados na composição da solução digital a ser implementada.

3. Programas de Compras Públicas. O trabalho sustenta que ”por meio do mecanismo de compras públicas, o governo pode incentivar a geração e adoção de soluções digitais, ainda que as suas compras não necessariamente se caracterizem como aquisição de produtos industrializados”[17]. As áreas de transporte, energia e segurança são citadas como exemplos. Na mesma linha, cita que as compras públicas deveriam incentivar a fabricação de bens mais inteligentes de uma forma em geral. Destaca que a área da saúde deve ser considerada separadamente pelo potencial dos impactos que as tecnologias digitais podem ter tanto na prestação dos serviços de saúde, como na produção de bens para a área médica, quanto na gestão dos serviços de saúde. O estudo sublinha que poderiam ser mobilizados recursos já existentes das obrigações de investimento em P&D em setores regulados - petróleo, energia e informática – para viabilizar encomendas tecnológicas demandadas pelo governo federal através das suas agências.

De outra parte, para estimular a oferta de soluções digitais, são sugeridas as seguintes medidas:

4. Estímulos às Empresas Integradoras. As empresas integradoras são consideradas estratégicas, pois se colocam no mercado como transmissoras de progresso técnico para o conjunto da atividade industrial. As propostas nesse caso abrangem a capacitação de recursos humanos para empreender e trabalhar nas integradoras, assessoramento para as novas empresas integradoras se inserirem nos mercados e financiamento para capacitação das integradoras. No financiamento, a sugestão é que o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) e a Financiadora de Estudos e Projetos (Finep) “ofereçam linha específica às integradoras, com condições mais favoráveis de custo, para a aquisição de programas de automação industrial e ativo fixo, capital de giro e capacitação de recursos humanos. Para reduzir custos para o tomador final,

[17] CNI (2017), pag. 43.

sugere-se que a Lei de Informática seja modificada e inclua disposição que permita utilizar uma parcela dos recursos para equalizar juros"[18].

5. Programas de Incentivos à Constituição de *Startups*. As *startups* podem ter papel relevante na disseminação das tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0. Todavia, necessitam de recursos financeiros e assessoramento de mercado. No primeiro caso, como são empresas novas, não possuem condições de oferecer garantias para empréstimos. Assim, o mecanismo financeiro mais adequado seria o de instituição de fundos de investimento. O BNDES e a Finep poderiam instituir fundos específicos para *startups* que se dediquem às tecnologias da Indústria 4.0. Também é recomendada a constituição de um fundo de investimento fechado utilizando recursos da Lei de Informática. O governo poderia ainda mobilizar recursos da subvenção econômica do FNDCT e do Fundo Tecnológico (Funtec/BNDES) para empresas novas e de pequeno porte de base tecnológica na área das tecnologias da Indústria 4.0. Quanto à gestão empresarial, são recomendados programas específicos de mentoria e de incubação de empresas com recursos das fundações estaduais de pesquisa.

6. Linhas de Financiamento para Inovações de Produtos Inteligentes. Para financiamento ao desenvolvimento de produtos inteligentes, a proposta é utilizar os recursos da Lei de Informática e do FNDCT/Fundo Verde e Amarelo para a equalização de juros para as empresas. No caso de as empresas desenvolverem projetos de desenvolvimento com instituições de pesquisa tecnológica, abre-se a possibilidade de uma chamada pública com recursos financeiros da Lei de Informática e a utilização das unidades Embrapii (Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial) credenciadas. Cabe observar que além do documento aqui citado, o Sistema Indústria, através do Sistema Senai, promove ações diretas de difusão e de capacitação de recursos humanos na área da Indústria 4.0 e possui alguns Institutos de Inovação nessa área, com destaque para o Centro Integrado de Manufatura e Tecnologia (Cimatec), que é a unidade Senai no Estado da Bahia.

Centro de Pesquisa em Engenharia em Manufatura Avançada – FAPESP, 2017

Em 2017, a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp) publicou um edital para que empresas ou consórcios de empresas manifestassem interesse em participar de centros de engenharia em manufatura avançada (centros de inovação) a serem criados em instituições de ensino e pesquisa no Estado de São Paulo. Em uma

[18] CNI (2017), pag. 46.

segunda etapa, devem ser decididos os institutos de pesquisa e as universidades parceiros na realização das pesquisas.

Inicialmente a negociação deverá ocorrer entre empresas e Fapesp para definir o escopo geral dos trabalhos dos centros de engenharia e a ambição dos projetos a serem executados. A Fapesp se comprometerá a conceder apoio às pesquisas durante um período de 10 anos.

A Fapesp recebeu 12 manifestações de interesse de empresas ou de consórcios de empresas na criação dos centros de engenharia em manufatura avançada. Cada centro terá um foco de atuação definido a partir dos seguintes temas selecionados pelo edital: manufatura aditiva; sistemas ciber-físicos (tecnologias de informação e comunicação, sistemas mecatrônicos para monitorar processos industriais em toda a cadeia de valor); redes de comunicações e segurança cibernética; sensores e rastreadores; virtualização, modelagem e simulação; digitalização (hardware e software para levantamento de dados na cadeia produtiva e sua posterior utilização em processos industriais e empresariais); tecnologias de apoio (para apoiar os processos, operações, pessoas e equipamentos, incluindo a realidade aumentada, nanotecnologia e *wearables*); inteligência artificial, computação ubíqua, *analytics* e *big data*; novos materiais e materiais inteligentes; e fotônica, ótica avançada, lasers, displays, optoeletrônica e eletrônica flexível.

Ainda não houve a definição do montante de recursos que serão aplicados nesta iniciativa. Mas, está definido que eles serão exclusivamente destinados às atividades do centro de engenharia, ficando excluídas as despesas administrativas e os recursos destinados à pesquisa nas empresas.

Esta iniciativa é interessante por vários de seus pontos: financiamento a programa de pesquisa em manufatura avançada; definição de um foco de atuação; financiamento de longo prazo; apoio às atividades decorrentes de cooperação de empresas com instituições de ensino e pesquisa. Estes são alguns ingredientes mencionados em várias propostas de políticas para o desenvolvimento da Indústria 4.0 no Brasil.

Indústria 4.0: Desafios e Oportunidades para o Brasil- IEDI, 2017[19]

[19] IEDI. Indústria 4.0: Desafios e Oportunidades para o Brasil. Carta IEDI, Edição 797, publicado em 21/07/2017.

O IEDI/ Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial publicou, em 2017, um trabalho com algumas sugestões de política para a Indústria 4.0 no Brasil. Em resumo, essas sugestões abordam os pontos que se seguem.

1. A vinculação da obtenção de empréstimos do Finame (Financiamento de Máquinas e Equipamentos) e para capital de giro, do BNDES, à contratação de consultoria visando o aumento da produtividade com a adoção de técnicas da produção enxuta. O Sistema Senai e os institutos de pesquisa tecnológica deveriam ser envolvidos nessa iniciativa.

2. A difusão de tecnologias digitais em arranjos produtivos locais relevantes.

3. O financiamento à inovação no campo das tecnologias digitais através das agências de fomento BNDES e Finep juntamente com subvenção econômica. A Fapesp e a Finep já possuem uma ação conjunta nesse sentido, voltada para empresas de menor porte.

4. A criação de laboratórios de testbeds, embora não se denominem assim, com recursos de empresas interessadas e dos governos federal e estaduais.

5. A capacitação de recursos humanos em diferentes níveis de formação, nas tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0, em instituições de pesquisa e de transferência de tecnologias para as empresas.

6. A atração de empreendedores de base tecnológica para o Brasil, com apoio governamental.

7. A intensificação e multiplicação de programas de participação em investimentos do BNDES, da Finep e de outras agências de fomento, para gerar uma onda de criação de novas empresas de base tecnológica.

8. O aporte de capital das agências de fomento para empresas nascentes que queiram desenvolver projetos ambiciosos de tecnologias digitais.

9. O apoio financeiro para aquisição de ativos tecnológicos no exterior.

10. A concessão de financiamento não reembolsável a consórcios formados com participação de empresas para desenvolver soluções digitais de natureza setorial. A proposta do IEDI não deixa claro se os consórcios seriam também constituídos por instituições de pesquisa, todavia, como utiliza o financiamento não reembolsável, depreende-se que os consórcios seriam formados por empresas e por instituições de pesquisa tecnológica sem fins lucrativos.

Há uma grande concordância das propostas do IEDI com outras realizadas por diferentes instituições, principalmente no que diz respeito à difusão de tecnologias, à formação de recursos humanos, ao apoio à criação de *startups* e empresas de base tecnológica e à criação de laboratórios que simulam unidades produtivas projetadas com as tecnologias da Indústria 4.0.

Os principais instrumentos de política pública propostos estão no campo do apoio financeiro, através da concessão de empréstimos, de financiamento não reembolsável, de subvenção econômica e de participação em investimentos. No que diz respeito aos financiamentos, dois problemas precisam ser resolvidos: custos elevados e restrição de acesso das empresas ao financiamento; no caso da subvenção econômica e do financiamento não reembolsável há que se mobilizar novos recursos. Essas dificuldades precisam ser superadas para viabilizar o desenvolvimento da Indústria 4.0 no Brasil.

Agenda Brasileira para a Indústria 4.0 – MDIC/ABDI, março de 2018[20]

A Agenda Brasileira para a Indústria 4.0 foi uma iniciativa do Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC) e da ABDI. A Agenda Brasileira é constituída por dez medidas:

1) Difusão do Conteúdo da Indústria 4.0. O primeiro elemento da agenda é a difusão no setor industrial do significado da Indústria 4.0 e das possibilidades abertas por essa nova onda tecnológica. Trata-se, portanto, de uma medida de disseminação de informação.

2) Autoavaliação. O governo desenvolveu uma plataforma que permite às empresas estimarem o seu grau de maturidade em relação às tecnologias digitais.

3) HUB 4.0. É outra plataforma desenvolvida pelo governo federal para conectar empresas do setor industrial com provedores de tecnologias digitais. É mais uma informação para as empresas, mas não há nenhum incentivo ou instrumento de política associado. A meta governamental é de atender 3 mil empresas no biênio 2018/19.

4) Brasil Mais Produtivo 4.0. É uma iniciativa voltada para as empresas de menor porte. A proposta é ampliar o seu programa Brasil Mais Produtivo (consultoria para produção enxuta) para incluir ações de digitalização. A meta do governo é atender 1.500 empresas em 2018 e 2019.

[20] MDIC/Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços e ABDI/Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. Agenda Brasileira para a Indústria 4.0. O Brasil Preparado para os Desafios do Futuro. Brasília, 2018. (industria40.gov.br).

5) Fábricas do Futuro e Testbeds. O governo se dispõe a destinar recursos federais para a instalação de 20 fábricas do futuro e laboratórios de testes de demonstração no biênio 2018/19. O objetivo é contribuir para a instalação de uma infraestrutura necessária para a realização de testes de demonstração de alternativas tecnológicas. Concretamente, em meados de março de 2018, o governo federal, através do MDIC e da ABDI, lançou um edital para selecionar 10 projetos para a realização de testbeds. As áreas de interesse são desenvolvimento e conhecimento tecnológico; mecanismos de inserção e adoção de tecnologias; habilidades sistêmicas e formação educacional 4.0; teste e validação de modelos de fomento e financiamento para a adoção e geração de tecnologias para a indústria 4.0. O proponente deverá oferecer contrapartida financeira mínima de 10% do valor do projeto e contrapartida econômica mínima também de 10% do valor total do projeto. A contribuição do governo federal será de no máximo R$ 300 mil. Dessa forma, os valores de projeto poderiam estar próximos a R$ 400 mil, que pode ser considerado um montante modesto. Além de modesto, o montante é incerto porque o edital condiciona a participação do governo à disponibilidade de recursos financeiros.

6) Conexão *Startup*-Indústria 4.0. Através da ABDI, o governo objetiva criar e fomentar um ambiente para aproximar e viabilizar a conexão de *startups* com empresas industriais de maior porte. Em 2018/19 pretende envolver 50 empresas industriais e 100 *startups*.

7) Mercado de Trabalho e Educação 4.0. Basicamente a proposta é identificar competências necessárias para a Indústria 4.0 e contribuir para a formação de recursos humanos atendendo às demandas das empresas industriais.

8) Regras do Jogo 4.0. O governo apresentou uma agenda de reformas legais e infralegais objetivando a aceleração da robotização – que envolve a definição de normativos para viabilizar a colaboração de robôs e força de trabalho -, ajustes no marco regulatório da Zona Franca de Manaus e regulação da privacidade e proteção de dados.

9) Financiabilidade para uma Indústria 4.0. Esta é uma medida voltada para o financiamento da Indústria 4.0. O MDIC anunciou as seguintes ações: i) redução do spread do BNDES de 1,7% ao ano para 0,9% ao ano; o montante de crédito destinado para a modernização industrial é de R$ 5 bilhões em três anos; ii) concessão, pela Finep, de R$ 3 bilhões de crédito em três anos com juros de TJLP (Taxa de Juros de Longo Prazo) menos 1,5% ao ano até TJLP mais 6,25% ao ano, dependendo do grau de inovação dos projetos; iii) definição de R$ 1,1 bilhão de recursos do Banco da Amazônia S/A (Basa) para financiamento para a indústria 4.0 na região norte do Brasil. Cabe observar que, na

realidade, esses financiamentos não se diferenciam das linhas tradicionais oferecidas pelas agências de fomento.

10) Comércio Internacional 4.0. Neste tema foram anunciadas as seguintes ações: i) redução de 14% para 0% das alíquotas do imposto de importação para robôs industriais e robôs colaborativos; ii) redução de 14% para 0% das alíquotas do imposto de importação para impressoras 3D e equipamentos para manufatura aditiva; iii) inclusão do tema da Indústria 4.0 em todos os acordos bilaterais de comércio entre o Mercosul e outros países ou blocos; iv) cooperação e projetos bilaterais em Indústria 4.0 com diferentes países. As medidas são positivas, mas o seu impacto relativo pode ser pequeno. Merece destaque que as duas primeiras simplificam processos, mas, por outro lado, deveria ser mais bem estudado se essas novas alíquotas não dificultam a produção nacional desses bens.

O MDIC e a ABDI também propuseram uma estrutura de governança para a Agenda Brasileira para a Indústria 4.0, composta por um Conselho Governamental formado por oito ministérios e comandada pelo MDIC, com atuação de natureza estratégica. A ABDI seria a Entidade Gestora da Agenda e um Comitê de Monitoramento seria constituído por entidades convidadas. Finalmente, é sugerida a formação de Grupos de Trabalho e Comunidades de Especialistas com o objetivo da prestação de assessoria técnica.

Conclusões

A seção anterior resumiu alguns documentos propostos como políticas para a Indústria 4.0. Existem outras iniciativas e também ações concretas voltadas à disseminação da Indústria 4.0, tais como sensibilização e esclarecimento para o meio empresarial, testes de demonstração de algumas das tecnologias da Indústria 4.0, ações de fomento para o desenvolvimento tecnológico etc. O conjunto dessas iniciativas poderia estar confirmando que o Brasil finalmente definiu uma estratégia nacional para o desenvolvimento da Indústria 4.0 e que as ações empreendidas encontram-se articuladas entre si.

Infelizmente não é isto o que parece, a despeito dos esforços e do inquestionável mérito das instituições envolvidas. A análise das iniciativas mostra a carência de um Plano Nacional e a falta de coordenação entre as instituições públicas entre si e entre elas e o setor privado. Os documentos comentados apresentam propostas às vezes divergentes, e a falta de coordenação e de definição política fica evidenciada, enquanto outros países

bastante citados como exemplos, Estados Unidos, Alemanha e China formularam estratégias nacionais de longo prazo.

No caso do Brasil, no tema da política industrial e tecnológica, um grande problema é a institucionalidade frágil, o que se reflete em documentos e mesmo em decisões que não são efetivamente implementados; políticas sem definição de prioridades; proposição de políticas sem estabelecimento de instrumentos de ação; falta de articulação entre instituições do setor público; falta de cooperação efetiva entre governo e empresariado industrial etc.

Convém sublinhar que o estudo da ABDI/Cebrap propôs a institucionalização de um Plano Nacional para a Indústria 4.0, embora não tenha abordado as distintas dimensões envolvidas em uma estratégia com essa ambição. Além de propor um plano estratégico, definiu a Presidência da República como responsável pelo Plano. Já foi comentado que apenas uma definição formal de comando no mais alto nível, não necessariamente garante a identificação de estratégicas e implementação de políticas consequentes. A definição de uma política nacional para o desenvolvimento da Indústria 4.0 deverá de fato ocupar lugar privilegiado num programa de governo, e o ano eleitoral abre espaço político para os agentes assumirem compromissos.

Assumindo-se o compromisso dos agentes públicos e de lideranças empresariais com a agenda 4.0, é imprescindível a elaboração de um plano nacional para a Indústria 4.0 sob o comando no mais alto nível. Os seguintes fatores justificam tal conclusão:

1) Os impactos da difusão e da geração de tecnologias do paradigma da Indústria 4.0 são potencialmente muito grandes, afetando não apenas a atividade industrial, mas também padrões de consumo e de relacionamentos sociais. Nesse sentido, os impactos potenciais definem a posição estratégica da Indústria 4.0 no desenvolvimento econômico e social de uma Nação.

2) Como já foi observado, a Indústria 4.0 é um estágio de desenvolvimento do setor industrial que envolve um conjunto de tecnologias digitais que se integram e formam um leque de possibilidades de alternativas tecnológicas, muitas delas não exclusivamente dedicadas ao setor industrial. Assim, as tecnologias da Indústria 4.0 abrangem um conjunto de conhecimento técnico e científico, impossível de ser dominado por apenas uma instituição. Os conhecimentos requeridos e as áreas de aplicação dessas tecnologias são missões de várias instâncias de poder e de suas entidades subordinadas.

3) Os instrumentos de ação de um plano nacional são de natureza complexa. De fato, devem ser mobilizados instrumentos financeiros, fiscais, regulatórios, de comércio exterior, de formação de recursos humanos, poder de compra estatal, encomendas tecnológicas etc, que não são detidos, todos eles, por uma única instância de poder ou instituição pública. A articulação e o manejo de diferentes instrumentos podem garantir o sucesso de uma política, daí a necessidade de comando único sobre as políticas descentralizadas em um país no qual o aparelho de Estado tem sido muito dividido, desrespeitado nas suas atribuições e comandado por interesses contraditórios.

4) Um plano nacional para a Indústria 4.0 no Brasil engloba definições gerais em campos distintos. Por exemplo, são imprescindíveis mudanças no sistema de ensino e de formação de recursos humanos; são necessárias revisões na regulação em vários setores, tais como telecomunicações, segurança e proteção de dados, relações trabalhistas, definição de padrões de conectividade e acompanhamento de padronização internacional etc. Essas pautas são muito abrangentes e afetam não apenas a atividade industrial, requerendo uma definição política estratégica nacional.

5) A intensidade de conhecimento envolvido nas tecnologias da Indústria 4.0 e, ainda, a velocidade de mudança técnica e a possibilidade de comunicação e tomada de decisão empresarial à distância recomendam que empresas e instituições de pesquisa intensifiquem seu relacionamento com outras instituições e empresas estabelecidas no exterior.

6) A necessidade de articulação do governo com o empresariado também recomenda que esta relação se estabeleça no mais elevado nível de governo e de representação empresarial para que sejam evitadas ações e definições de política contraditórias e para que o meio empresarial não questione a autoridade e a legitimidade de seus interlocutores.

Enfim, recomenda-se que seja definido um Plano Nacional para a Indústria 4.0 de responsabilidade da Presidência da República e que seja um programa de longo prazo, como 10 anos.

A política para a Indústria 4.0 deve estar voltada tanto para ações de inovação quanto de difusão de tecnologias. Nos documentos referidos neste trabalho, a difusão é mais citada do que as iniciativas de inovação tecnológica propriamente ditas. A questão da difusão é muito importante porque várias das tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0 já são conhecidas e podem ser adotadas pelas empresas com impactos relevantes sobre sua produtividade no curto prazo. Mas um plano nacional não pode se restringir à

difusão sob o risco de apresentar um horizonte curto para a estratégia de desenvolvimento.

Por outro lado, as dificuldades a serem enfrentadas no campo da inovação tecnológica são maiores e o grau de incerteza é relevante na medida em que algumas das tecnologias ainda são pouco conhecidas. Nesse quadro, as proposições de políticas para inovação acabam sendo mais tímidas do que as de difusão. Mesmo assim, é importante que o Brasil defina sua estratégia no campo da inovação tecnológica para a Indústria 4.0 na medida em que novas janelas de oportunidade estão sendo abertas. Todas as propostas sobre inovação ressaltam a importância da cooperação entre empresas e instituições científicas e tecnológicas como uma imposição.

Sob o ponto de vista do foco da política industrial e de inovação, alguns estudos e documentos chamam a atenção para a necessidade de definições setoriais, enquanto outros tratam a indústria como se fosse uma unidade. O documento da CNI ressalta a importância de políticas industriais setoriais. Tratar a indústria como se fosse um único campo de aplicação pode não ser o procedimento mais adequado, pois sabe-se que as especificidades setoriais são importantes em uma política para a Indústria 4.0. Apenas a título de exemplo, já chamamos a atenção de que as indústrias de processo contínuo de produção encontram-se em estágios diferentes de digitalização relativamente às indústrias de montagem.

Já a estrutura e a dinâmica dos setores produtores de bens de consumo são distintas das empresas de bens de capital mesmo que ambos sejam segmentos industriais montadores de partes, peças e componentes, mas a relação com os elos da cadeia para frente difere se o cliente for um consumidor final ou uma empresa industrial. Enfim, o estágio e a dinâmica dos processos de digitalização industrial são diferenciados entre os setores industriais e eles precisam ser considerados em um plano.

No que diz respeito à manufatura, deve ser ressaltado que as tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0 não estarão impactando somente processos de produção, mas também produtos, o que deve acontecer em menor medida com as indústrias de processos contínuos. Isto significa que além das tecnologias de processo, também são importantes as tecnologias digitais aplicadas sobre os produtos, conferindo características diferenciadas aos produtos industriais, agora conectados e inteligentes.

Alguns trabalhos vão mais além da dimensão setorial e destacam a relevância dessas tecnologias para as empresas. Ao considerar que as possibilidades de soluções digitais são numerosas e estratégicas, a proposta da CNI ressalta a importância dos chamados

Planos Empresariais Estratégicos de Digitalização. Esta é uma questão relevante porque a difusão customizada das tecnologias vai exigir uma estrutura institucional pulverizada.

Ainda na dimensão analítica da difusão tecnológica, o papel das empresas integradoras pode ser considerado estratégico. Diante dos planos empresariais de digitalização, ou mesmo sem eles, as empresas do setor industrial demandam alternativas tecnológicas. As empresas integradoras desempenham o papel de levar as melhores soluções tecnológicas para as corporações do setor industrial, especificando dispositivos, equipamentos, componentes e máquinas necessários, além dos programas de automação mais apropriados para a gestão e a produção da empresa industrial, atendendo às suas demandas específicas. Algumas empresas integradoras também são produtoras de bens ou prestadoras de serviços de automação e são responsáveis pelo projeto e pela instalação do sistema de automação digital.

Independente da configuração e das características das integradoras, o fato é que elas desempenham papel estratégico, como chamou atenção a CNI. Dada a relevância desse segmento empresarial, justifica-se um conjunto de medidas de política para viabilizar e fortalecer esses empreendimentos.

Como infraestruturas relevantes para o desenvolvimento tecnológico da indústria brasileira no padrão da Indústria 4.0, vários estudos apontam a estruturação de testbeds e redes de inovação. Podendo assumir configurações muito distintas, a infraestrutura de testbeds pode variar bastante dependendo da complexidade dos serviços prestados pelas instituições responsáveis. Genericamente, essas infraestruturas são destinadas à demonstração de alternativas tecnológicas, à realização de testes de soluções digitais em condições muito próximas das operacionais em uma unidade fabril.

Apesar da concordância com essa definição, concretamente, os laboratórios para demonstração de tecnologias podem ser muito simples, especializados em algumas plataformas de testes, ou podem até simular uma unidade fabril completa. Todavia, a mesma infraestrutura não é adequada para qualquer tipo de prestação de serviço tecnológico. Assim, esses laboratórios devem possuir foco de atuação bem definido o que implica em dizer que são necessários vários laboratórios desse tipo para atender a toda a demanda potencial do setor industrial. Segundo o estudo ABDI/Cebrap, em 2016, na Alemanha eram 33 laboratórios de testbeds em operação.

A princípio esses laboratórios se dedicam ao teste e demonstração de tecnologias, mas podem se aproximar de trabalhos de desenvolvimento de tecnologias inovadoras propriamente ditas, tudo dependerá da missão definida para o laboratório e da sua correspondente infraestrutura física e de recursos humanos disponíveis. Tanto no

exterior como no caso do Brasil, as empresas de menor porte seriam as maiores demandantes de serviços de testbeds.

Os estudos mencionados recomendam a estruturação de laboratórios de testbeds localizados em instituições de pesquisa tecnológica. Outra infraestrutura recomendada são as redes de inovação congregando empresas demandantes e ofertantes de alternativas de tecnologias da Indústria 4.0 e instituições de ensino e pesquisa.

Os objetivos dessas instituições são o desenvolvimento de tecnologias e a formação de recursos humanos. Algumas propostas não pressupõem a criação de uma nova instituição, mas o fortalecimento de instituições de pesquisa que já trabalham com empresas. O fortalecimento pressupõe a definição de projetos mais ambiciosos e o aporte de recursos financeiros mais volumosos para dar conta da ambição operacional e a constituição de redes organizadas por temas. Portanto, as instituições de pesquisa tecnológica devem definir foco para seu trabalho. Nesse ambiente também devem ser formados recursos humanos qualificados nas tecnologias da Indústria 4.0.

As propostas de laboratórios de demonstração ou de inovação sempre mencionam a necessidade de articulação das empresas com as instituições de pesquisa. Com base na experiência de outros países, com destaque para Alemanha e Estados Unidos, as propostas são de criação de redes de laboratórios com foco específico. Duas observações a esse respeito.

Em primeiro lugar, a experiência no Brasil é bastante distinta daqueles países tomados como referência. Inicialmente, porque no Brasil se inova pouco e muito menos ainda se realiza de pesquisa e desenvolvimento. Entre as empresas que possuem atividades de P&D a cooperação com universidades, institutos de pesquisa e mesmo com outras empresas é bastante rara.

A criação de instituições de pesquisa com infraestrutura adequada e gente competente não parece ser suficiente para atrair as empresas para o desenvolvimento compartilhado. As propostas de criação de laboratórios parecem supor que dada a infraestrutura haverá demanda empresarial para projetos de pesquisa, como se a oferta de serviços das instituições de pesquisa tecnológica fosse suficiente para criar sua própria demanda. Esta é uma visão parcial, ofertista, já adotada no passado no Brasil sem bons resultados sob o ponto de vista do engajamento das empresas industriais em trabalhos de desenvolvimento tecnológico inovador.

Em segundo lugar, as instituições de pesquisa no Brasil geralmente não trabalham com foco bem delimitado em decorrência da grande instabilidade orçamentária na qual

operam. Como os recursos para pesquisa são bastante reduzidos no Brasil, seja por parte do governo, seja por parte das empresas, e como a instabilidade desses parcos recursos é grande, a abrangência temática das instituições de pesquisa é bastante aberta porque elas precisam captar recursos financeiros para sua sobrevivência. São raros os casos de instituições de pesquisa com área de competência bem definida. A experiência da Embrapii é uma tentativa de apoiar iniciativas focadas das instituições, mas ainda não se dispõe de avaliações dos impactos do fomento realizado.

Considerando as duas observações, propostas de estruturação de redes de laboratórios para demonstração e para inovação podem ser inoportunas. Talvez seja mais aconselhável a criação de uma única infraestrutura com alguns departamentos específicos definidos por conjuntos de competências necessárias para o desenvolvimento da Indústria 4.0. Essa instituição haveria que aprovar um programa de pesquisa de longo prazo nessas áreas e a gestão necessariamente deveria seguir um modelo privado, para não se subordinar às regras da gestão pública e da administração orçamentária. É necessário que essa instituição tenha agilidade e graus de liberdade suficientes para viabilizar a evolução rápida em direção à fronteira do conhecimento técnico e científico.

Nesse modelo, empresas industriais deveriam estar na constituição dessa iniciativa e, ao mesmo tempo, deveriam ter incentivos para demandar trabalhos de pesquisa e de prestação de serviços tecnológicos. Para tanto, será necessário desenhar mecanismos de política para atrair empresas para essa iniciativa. Sem dúvida nenhuma, caberá ao Estado brasileiro esse papel de fomentar a participação empresarial, atuando diretamente ou através de mecanismos de incentivos.

Diretamente, o governo deve se utilizar tanto de compras de bens e de serviços quanto de encomendas tecnológicas. No caso das compras em vários campos da intervenção estatal como saúde, segurança, defesa, mobilidade, administração geral etc., há a possibilidade de aquisição de bens e serviços que demandarão o desenvolvimento e a aplicação das tecnologias da Indústria 4.0. Assim, o governo estaria garantindo um montante de demanda para que os desenvolvimentos realizados tenham menor risco e incerteza quanto ao seu sucesso comercial. O mesmo vale para as encomendas tecnológicas, na medida em que o governo pode encomendar, para os laboratórios de inovação e de demonstração, o desenvolvimento de determinadas tecnologias com características específicas que sejam de interesse público.

Indiretamente, o governo pode utilizar seus mecanismos tradicionais de redução de custo e de risco da pesquisa tecnológica. Nesse sentido pode se utilizar dos incentivos

fiscais à P&D, subsídios financeiros na concessão de empréstimos com retorno, concessão de financiamento não reembolsável para institutos de pesquisa que desenvolvam tecnologias em parceria com empresas industriais, subvenção econômica etc. A subvenção econômica é um dos instrumentos mais poderosos na medida em que transfere recursos financeiros líquidos para a empresa desenvolver tecnologias. No caso do Brasil, o pressuposto é que o Tesouro Nacional libere recursos para o Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT) que tem essa possibilidade instrumental.

Na concessão de financiamento reembolsável, o governo poderia se utilizar dos fundos já existentes para promover a equalização de juros e assim reduzir os custos do financiamento para as empresas industriais tomadoras de empréstimos destinados à atividade de P&D. Em outras palavras, recursos do Fundo Verde Amarelo, recursos das obrigatoriedades de investimento em P&D em setores regulados – petróleo e gás; energia elétrica, informática e telecomunicações – poderiam também ser utilizados para reduzir os custos financeiros dos empréstimos. Para tanto há que se introduzir modificações no marco regulatório dessas obrigações. Estima-se que as obrigações de investimento em P&D nas áreas de petróleo, energia e informática em conjunto alcancem cerca de R$ 3 bilhões por ano. Uma parcela desse montante poderia ser redirecionada para a equalização de juros.

Outra parcela desse mesmo montante poderia ser alocada em fundos de investimento para participar do capital de empresas de base tecnológica. Este tipo de empresa, de pequeno porte, tem maior dificuldade de acessar financiamentos porque não dispõe de garantias suficientes. O fomento estatal através da participação no capital das empresas é uma forma de financiamento barata e acessível para essas empresas. Os fundos de capital de risco e as participações diretas das agências de fomento do governo federal podem intensificar as operações envolvendo estes mecanismos de renda variável. O trabalho do IEDI reitera a importância dos instrumentos de natureza financeira para estimular a inovação e a difusão de tecnologias, visando a modernização da indústria brasileira. Entre suas sugestões destaca-se a proposta de apoio financeiro para a aquisição de ativos tecnológicos no exterior.

A utilização de quaisquer desses instrumentos tem por pressuposto a seletividade. Eles devem ser mobilizados para programas de pesquisa e de difusão de tecnologias considerados estratégicos e prioritários no contexto de um plano nacional para o desenvolvimento da Indústria 4.0 no Brasil. Este é um outro problema da política industrial e tecnológica brasileira que não tem a tradição de definir prioridades e nem de exigir contrapartidas dos agentes beneficiados. Essa prática necessita mudar e uma

ação estratégica no nível da Presidência da República parece ser o caminho mais recomendado.

Por fim, cabe destacar o tema das *startups*, mencionado por todas as propostas de política utilizadas neste trabalho. Dada a intensidade de conhecimento das tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0 e a intensidade de serviços embutidos nessas tecnologias, as *startups* se tornaram importantes como desenvolvedores de tecnologias e suas aplicações. Políticas específicas para esse segmento se justificam, abrangendo formação de recursos humanos, financiamento e gestão empresarial. A proposta da CNI menciona essas três áreas como norteadoras de uma política específica.

Vários outros temas foram tratados pelos documentos analisados. Alguns desses temas são bem mais específicos, tais como regulação e marco legal; interoperabilidade e definição de padrões; segurança de dados; padronizações etc. Outros temas são mais gerais como formação de recursos humanos e internacionalização. Tudo isso demonstra que a questão do desenvolvimento da Indústria 4.0 de fato é multidimensional e somente um plano nacional estratégico será capaz de organizar as políticas públicas e articular essas ações com as do setor empresarial.

3.2. Indústria 4.0: A Quarta Revolução Industrial e os Desafios para o Brasil[21]

João Furtado[22]
Henrique Pinheiro[23]
Eduardo Urias[24]
Diego Muñoz[25]

Introdução

Inovações tecnológicas e novos conceitos de organização das cadeias de valores, com o apoio de políticas de desenvolvimento produtivo dos principais países desenvolvidos, estão em vias de estabelecer um novo paradigma industrial. Os termos Indústria 4.0 e Manufatura Avançada são frequentemente empregados para sintetizar o conjunto de transformações referentes à Quarta Revolução Industrial.

Um espectro relativamente diversificado de tecnologias aplicadas à produção manufatureira é o pré-requisito da Indústria 4.0. Dentre elas estão: Sistemas ciber-físicos (CPS), *Big Data Analytics*, Computação em nuvem, Internet das Coisas (IoT) e Internet dos serviços (IoS), Impressão 3D e outras formas de manufatura aditiva, Inteligência artificial, Digitalização, Colheita de energia (*Energy harvesting*) e Realidade aumentada.

Mas o conceito não se limita à aplicação combinada dessas tecnologias. A Indústria 4.0 cria e articula fábricas inteligentes em um sistema produtivo e de comercialização substancialmente diferentes. Nas fábricas inteligentes, produtos também inteligentes possuem uma identidade única e a sua história de produção e consumo pode ser rastreada a qualquer momento, permitindo mudanças importantes ou ajustes pontuais ao longo dos processos de produção envolvidos. Os sistemas de fabricação estão conectados verticalmente, ao longo da cadeia produtiva, e horizontalmente, com outras redes de valor, podendo ser geridos em tempo real.

Uma consequência de alto impacto é a drástica redução de estoques e das escalas mínimas de produção (no limite, o lote mínimo é a unidade). Além disso, a Indústria 4.0 cria fábricas e sistemas industriais inteligentes de tal forma que afeta profundamente as

[21] Trabalho divulgado como Carta IEDI n. 797. Disponível em https://iedi.org.br/cartas/carta_iedi_n_797
[22] Economista, professor na Escola Politécnica da USP.
[23] Engenheiro do setor automotivo.
[24] Economista, pesquisador na UV Amsterdam e UNU-MERIT.
[25] Engenheiro do setor de meios de pagamento.

qualificações profissionais e as relações de trabalho, cria novos mercados e modelos de negócio, e pode alterar significativamente a dinâmica econômica do mundo moderno.

Países como Alemanha e Estados Unidos, entre outros, por meio de políticas industriais e de ciência, tecnologia e inovação, não só têm apoiado o desenvolvimento das diferentes tecnologias envolvidas, mas se esforçam para articulá-las de maneira a retirar o maior potencial possível delas, contribuindo deliberadamente para a constituição daquilo que se entende por Indústria 4.0 ou Manufatura Avançada.

Este estudo confere especial atenção aos desafios que o Brasil deve enfrentar para que sua indústria seja parte integrante deste novo paradigma que se avizinha. Neste sentido, são apresentadas dez medidas que poderiam auxiliar o país a não perder as janelas de oportunidade que se abrem com o advento da Indústria 4.0.

Um primeiro conjunto de ações não se refere diretamente à Indústria 4.0, mas sim à criação das condições para que a indústria de diversos segmentos e estratos de empresas possa se preparar para esse segundo esforço que será o padrão industrial emergente, em definição nos países líderes. Foram também propostas medidas para a formação de recursos humanos e competências tecnológicas necessários à Indústria 4.0, bem como para a transformação do tecido industrial, seja o de pequenas empresas, seja o de empresas de base tecnológica, seja ainda o das grandes empresas e das cadeias industriais em que o Brasil possui posição de protagonismo global.

O Conceito de Indústria 4.0

O termo Indústria 4.0 é utilizado para denominar o projeto alemão de promover um grande salto de competitividade por meio da aplicação de novas tecnologias no mundo da manufatura. Por meio da Indústria 4.0, a Alemanha tem como objetivo o revigoramento do seu tecido industrial e o fortalecimento das suas exportações de equipamentos e soluções "inteligentes". O conceito encontra, contudo, equivalentes fora do contexto alemão como "*Advanced Manufacturing*", no caso dos EUA.

Estes termos são empregados para descrever um novo paradigma industrial, referente à Quarta Revolução Industrial, decorrente de inovações tecnológicas e novos conceitos de organização da cadeia de valor. Como sintetizam os pesquisadores da Technische Universität Dortmund, Hermann, Pentek e Otto, "no interior das fábricas inteligentes e modulares da Indústria 4.0, sistemas ciber-físicos (CPS) monitoram processos, criam uma cópia virtual da realidade e tomam decisões descentralizadas. Através da Internet

das Coisas (IoT) os CPS se comunicam e cooperam entre si e com seres humanos em tempo real, e através da Internet dos Serviços (IoS) são oferecidos serviços organizacionais internos e externos, utilizados por participantes desta cadeia de valor" (Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review, 2015).

Do ponto de vista das tecnologias essenciais para o pleno desenvolvimento da Indústria 4.0 é difícil obter um consenso entre os analistas. Dentre aquelas que são citadas com mais frequência estão: Sistemas ciber-físicos (CPS), Big Data Analytics, Computação em nuvem, Internet das Coisas (IoT) e Internet dos serviços (IoS), Impressão 3D e outras formas de manufatura aditiva, Inteligência artificial, Digitalização, Colheita de energia (Energy harvesting) e Realidade aumentada. Cada uma destas tecnologias viabilizadoras do modelo industrial emergente será analisada mais à frente.

A aplicação dessas tecnologias à produção manufatureira é pré-requisito da Indústria 4.0, mas o conceito não se limita à aplicação combinada dessas tecnologias. Indústria 4.0 cria e articula fábricas inteligentes em um sistema produtivo e de comercialização substancialmente diferentes. No entanto, essas mudanças não esgotam o novo modelo industrial. Na Indústria 4.0, como argumentam Hermann, Pentek e Otto, "as empresas irão estabelecer redes globais com os seus equipamentos, depósitos e unidades de produção articulados por sistemas ciber-físicos. No ambiente industrial (manufatureiro), estes sistemas ciber-físicos incluem máquinas, sistemas de armazenagem e unidades de produção inteligentes, capazes de trocarem informações de forma autônoma, desencadeando ações e controles mútuos de modo independente".

Quanto às fábricas inteligentes, já existem elementos que permitem caracterizá-las e elas empregam uma abordagem completamente diferente da produção. Os seus produtos, também inteligentes, possuem uma identidade única e a sua história de produção e consumo pode ser rastreada a qualquer momento, permitindo mudanças importantes ou ajustes pontuais ao longo dos processos de produção envolvidos. Os sistemas de fabricação estão conectados verticalmente com os processos das fábricas e das empresas e estão horizontalmente conectados com outras redes de valor, podendo ser geridos em tempo real - desde o momento em que um pedido é feito até a logística da expedição. Uma consequência de alto impacto desta transformação envolve a possibilidade de eliminação de estoques e a fabricação sob demanda de lotes mínimos - no limite, lotes unitários.

A Indústria 4.0 cria fábricas inteligentes e um sistema industrial inteligente de tal forma que afeta profundamente as qualificações profissionais e as relações de trabalho, cria

novos mercados e modelos de negócio, e pode alterar significativamente a dinâmica econômica do mundo moderno, temas que serão abordados nas próximas seções.

Em paralelo às grandes transformações propriamente industriais que se avizinham com a Indústria 4.0, várias outras importantes mudanças prometem transformar a face das economias: avanço substancial das novas fontes de energia renováveis (e mais limpas), smart grid e veículos autônomos, para ficar em três dimensões que possuem grandes repercussões tanto nas estruturas econômicas como na ordem econômica internacional. O avanço das energias renováveis e mais limpas modifica a natureza das relações entre países industrializados avançados e os pólos mundiais de produção de energia. De modo complementar, o avanço dos conceitos relacionados com a chamada economia circular também deverá reduzir a dependência dos países industrializados mais avançados com relação aos fluxos de matérias-primas dos produtores de commodities básicas, tais como o Brasil.

Parece evidente que estas múltiplas mudanças nas estruturas e na dinâmica nos padrões de produção material e de serviços terão profundas consequências sobre a geografia da economia mundial e sobre os fluxos de comércio e de investimento. No entanto, nem todas as empresas, os setores e os países são impactados da mesma forma, podendo haver por isso alterações profundas nas posições competitivas.

Uma diferença crucial entre a Indústria 4.0 e as revoluções industriais que a precederam é que o novo paradigma dos meios de produção não foi constatado após seu desenvolvimento e impacto no mercado, mas previsto e anunciado a priori. Mais do que isso, a direção de desenvolvimento vem sendo moldada e sua velocidade aprimorada pela aplicação de políticas públicas. Este fato muda substancialmente a dinâmica da transformação, uma vez que empresas e países têm a chance de traçar estratégias e se preparar para as mudanças que se anunciam, em um primeiro momento como ameaça, mas também como fonte de oportunidades de transformação estrutural e desenvolvimento.

Pode-se argumentar, inclusive, que a Quarta Revolução Industrial é, em alguma medida, fruto de estratégia dos países desenvolvidos de articulação coesa de estratégias empresariais e ações públicas de suporte para combater as ameaças ao protagonismo ocidental advindas do crescimento industrial no oriente. Com efeito, as mudanças promovidas pela Indústria 4.0 apresentam um potencial bastante promissor para combater o modelo de produção em larga escala e baixo custo dos países emergentes, bem como os seus efeitos nos fluxos de comércio (os déficits comerciais de muitos

países ocidentais com a China, por exemplo) e, ao menos parcialmente, na desindustrialização.

No mundo vislumbrado por especialistas da manufatura e da concepção da nova manufatura, a criação de pequenas fábricas modulares, flexíveis e ultra-conectadas possibilita reduzir drasticamente a escala sem afetar de modo substancial o custo final dos produtos. O modelo possui as vantagens adicionais de permitir a customização extrema da produção e reduzir os custos logísticos ao dispersar a produção e aproximá-la dos mercados consumidores. Com isso, o modelo dos grandes complexos industriais especializados típicos de países como a China estaria ameaçado por uma forma mais ágil, distribuída e conectada de produção.

Os princípios e as tecnologias essenciais para a Indústria 4.0

A tecnologia tem papel essencial na vida das pessoas, e sua evolução em velocidade acelerada promove mudanças e disrupções nas trajetórias conhecidas e no modo como vivemos. Desde o início da era digital assistimos a uma evolução rápida e consistente de fatores de desempenho, como poder de processamento, acompanhado da redução de custos e miniaturização de componentes, seguindo o ritmo previsto na Lei de Moore, uma proposição do universo informático segundo a qual a capacidade de processamento computacional derivada dos avanços da microeletrônica ocorre numa velocidade que permite duplicar o seu poder em ciclos de 18 meses. Essa evolução promove e possibilita o surgimento de diversas outras tecnologias e aplicações, algumas delas diretamente relacionadas à Indústria 4.0.

Os princípios básicos para a aplicação bem sucedida de iniciativas de Indústria 4.0 identificados na literatura compreendem:

- **Interoperabilidade:** baseia-se na capacidade de comunicação entre produtos, sistemas de produção e de transporte através da rede, independentemente da natureza do elemento inteligente e de seu fabricante. Para isso, é necessária a definição e implantação abrangente de protocolos e padrões internacionais.

- **Virtualização:** refere-se à capacidade dos sistemas de monitorar processos e, utilizando dados provenientes de sensores, criar uma versão digital que espelha o mundo físico por meio de modelos matemáticos.

- **Descentralização: a** tomada de decisão descentralização é um fator essencial no desenvolvimento de soluções para a Indústria 4.0, dado o aumento na complexidade e individualização na produção.

- **Capacidade de Resposta em Tempo Real:** para garantir a capacidade de reação do sistema a mudanças de demandas ou problemas de operação, é necessário que haja coleta e análise dos dados gerados pelos sistemas inteligentes para propiciar respostas em tempo real. Somente com aquisição permanente do estado dos processos é possível redirecionar produtos para linhas alternativas e adaptar a fábrica inteligente de forma eficiente.

- **Orientação ao Serviço:** trata-se da disponibilização das funcionalidades de empresas, sistemas inteligentes e operadores humanos encapsulados sob a forma de serviços prestados em plataformas da Internet dos Serviços (IoS).

- **Modularidade:** sistemas modulares têm a capacidade de se ajustar e reorganizar *pari passu* com mudanças na demanda ou necessidade de customização de produtos. Com princípios de padronização e protocolos universais de comunicação esses sistemas modulares flexíveis podem ser facilmente incorporados a instalações industriais já existentes, oferecendo suas funcionalidades via IoS.

Sob a ótica dos princípios necessários para a implantação da Indústria 4.0, podem ser identificadas algumas das tendências tecnológicas emergentes que, quando plenamente desenvolvidas, serão capazes de prover funcionalidades aos novos processos de produção. São elas:

- **Sistemas ciber-físicos** (CPS) combinam atuação no mundo físico com conexão com o mundo virtual, empregando sensores que permitem capturar informações sobre a realidade, transformá-las em dados e utilizá-los na tomada de decisão e atuação com algum grau de automatismo.

- **Big Data Analytics** compreendem um conjunto de técnicas e ferramentas computacionais para extrair valor (analisar e utilizar esses dados de forma estratégica) de grandes volumes de dados gerados pela aplicação de CPS e demais equipamentos conectados no sistema produtivo, além do grande volume que já circula na Internet. Técnicas anteriores utilizadas na indústria, como análises estatísticas por amostragem, mostram-se ineficazes frente a projeção de mais de 35 zettabytes anuais gerados para 2020. Algoritmos de identificação de padrões e aprendizado de máquina, aliados a grandes bancos de dados e

métodos de mineração aplicados diretamente aos sensores geradores de informação (Smart Sensors), compõem o estado da arte atual.

- **Computação em nuvem**, cujo conceito se baseia na transferência de dados e realização de processos computacionais em instalações externas à empresa e posterior recuperação destes dados e resultados, por meio da internet. Esse tipo de tecnologia permite a redução dos gastos em infraestrutura de TI, que em geral exige investimentos significativos, custos de manutenção e com funcionários especializados. Servidores externos têm grande poder computacional, altas capacidades de armazenamento e nível de segurança dos dados superior aos presentes em empresas, especialmente de pequeno e médio porte, e já é prática comum do mercado disponibilizá-los como serviços.

- **Internet das Coisas** (IoT) trata-se do meio digital por onde as versões virtuais de sistemas inteligentes e integrados se comunicam. Com a redução de custos de sensores e miniaturização de componentes eletrônicos cresce o número de objetos conectados à Internet (Smart Objects) gerando dados obtidos por eles sobre a realidade, dando origem ao termo que descreve sua interação e dinâmica de comunicação. Em certa extensão os objetos inteligentes conectados através da IoT podem ser considerados sistemas ciber-físicos, e então no contexto industrial a Internet das coisas é a rede de colaboração desses CPS buscando alcançar objetivos produtivos comuns.

- **Internet dos serviços** (IoS) é o meio digital por onde empresas, pessoas ou sistemas inteligentes podem se comunicar com o objetivo de disponibilizar e obter serviços. Esse tipo de plataforma pode ser utilizado para troca de informações através da cadeia de valor, uma vez que os processos de desenvolvimento, produção e transporte de produtos e materiais sejam encarados como serviços prestados de forma interna ou externa à companhia. Nesse sentido, a IoS é a aplicação da Internet para a criação de uma rede flexível e adaptável de planejamento e controle de processos.

- **Impressão 3D** e outras formas de Manufatura Aditiva se referem a processos produtivos que, diferentemente dos métodos clássicos de fabricação, adicionam camadas de material como forma de traduzir uma geometria virtual em objeto físico. A Impressão 3D é a técnica mais comum de Manufatura Aditiva e traz grandes vantagens em relação aos processos de manufatura subtrativa (como torneamento e fresagem) pois permite maior liberdade de forma para o produto, diminui o desperdício de material e reduz o tempo de produção em pequena

escala. Com isso, vem sendo muito aplicada à fabricação rápida de protótipos e em algumas indústrias específicas, como a aeronáutica, na manufatura de componentes complexos. Como ocorre em muitas novas tecnologias, as aplicações iniciais ocorrem em áreas em que o custo de produção é menos relevante e a concorrência direta com as tecnologias consolidadas não ocorre principalmente em termos de custos e preços. Mas uma vez que as essas aplicações iniciais vão gerando aprendizado e propiciam uma progressiva redução dos custos de produção, a competição entre as velhas e as novas tecnologias vai se estendendo aos mercados de maiores volumes e o processo de aprendizado vai definindo a competição em favor das novas tecnologias. Ao transportar esse tipo de processo produtivo para a Indústria 4.0 adiciona-se flexibilidade à produção, garantindo a eficiente customização de produtos com grande liberdade.

- **Inteligência artificial** é definida pela capacidade de computadores de realizar tarefas tipicamente associadas exclusivamente a seres dotados de inteligência. Idealmente, um elemento que exiba inteligência artificial será capaz de avaliar seu ambiente, processar informações de forma flexível, aprender com novas experiências e maximizar suas chances de sucesso em seus objetivos. Alguns exemplos de objetivos de curto e médio prazo associados ao desenvolvimento de inteligência artificial são: processamento e reconhecimento de imagens; compreensão e criação de discurso com linguagem natural; navegar por e manipular elementos físicos em espaço desconhecido de forma autônoma; e aprender regras e estratégias de vitória em jogos complexos. Objetivos de longo prazo também são definidos: gerar ideias novas de forma criativa; entender, interagir e demonstrar reações sociais, de empatia e emocionais etc.

- **Colheita de energia** (Energy harvesting), que reúne um conjunto de técnicas e mecanismos que buscam aproveitar pequenas quantidades de energia de processos físicos e mecânicos ou do ambiente (como energia solar, do vento, gradientes de salinidade, campos eletromagnéticos e gradientes de temperatura) e transformá-las em energia útil. Esse tipo de tecnologia permite aumentar a eficiência energética de equipamentos e garantir a autonomia de sensores e transmissores dispersos através das plantas industriais. Com cada vez mais componentes eletrônicos, a geração distribuída de energia se torna fator decisivo para a viabilização e robustez de produtos e equipamentos inteligentes. Paralelamente ao desenvolvimento de formas de colher a energia é necessário possuir formas eficientes de armazenamento e equipamentos eletrônicos especialmente projetados para poupar energia em seus processos.

- **Realidade aumentada** (AR) é a sobreposição computacional de elementos virtuais sobre o ambiente físico do usuário em tempo real, modificando ou incluindo elementos visuais e/ou auditivos que complementam sua experiência. Em contraposição à realidade virtual que cria um ambiente totalmente novo e não conectado com elementos reais, a AR captura informações, cria um modelo virtual da realidade e usa como base para a geração de elementos gráficos, de vídeo, sonoros ou de localização. Aplicada ao ambiente industrial essa tecnologia pode ser muito útil para incluir de forma eficiente operadores humanos em uma fábrica inteligente. Com dados e modelos já disponíveis sobre diversos processos via IoT, equipamentos de AR poderiam fornecer informações importantes aos humanos na execução de processos.

Durante o desenvolvimento de tecnologias disruptivas é comum que haja distorções em prever seus impactos, exagerando ou menosprezando possíveis efeitos de sua aplicação ao longo do tempo. Nota-se também nesse esquema que, de acordo com o estudo do IEC de 2015, o tempo para atingir o estado de maturidade das tecnologias citadas como essenciais para o desenvolvimento da Indústria 4.0 varia na faixa de 2 a 10 anos, com exemplos de tecnologias já bastante evoluídas – como a Impressão 3D – e outras ainda em fase de maturação – como a Internet das Coisas.

Emprego e Indústria 4.0

Os impactos da Indústria 4.0 sobre o emprego, a criação e a distribuição de riqueza não são, por ora, bem conhecidos e ainda demandam estudos adicionais, mas desafios importantes são esperados. Uma crescente automação da produção e a substituição de trabalhadores por máquinas podem eliminar trabalhos "rotineiros", diminuir a demanda por trabalho barato, aumentar a desigualdade e causar migração de trabalhadores. Em países em desenvolvimento, esta dinâmica tende a ser ainda mais desafiadora, já que nestes países há milhões de jovens adentrando o mercado de trabalho todos os anos (UNIDO 2016 Industry 4.0 Opportunities and Challenges of the New Industrial Revolution for Developing Countries and Economies in Transition).

Outro grande desafio para os países em desenvolvimento, com impactos expressivos sobre o emprego e a distribuição de renda, é a reversão de fluxos externos de capital. As diferenças de custo do trabalho deixarão de ser um aspecto relevante na atração de investimento estrangeiro direto no âmbito da Indústria 4.0. Desafios adicionais para economias em desenvolvimento incluem, segundo a UNIDO, o aumento na defasagem

tecnológica e de conhecimento em relação aos países desenvolvidos e suas implicações sobre a construção de novas capacidades, o aumento da desigualdade e sobre a igualdade de gênero.

As transformações nas ocupações serão graduais, porém profundas. O trabalho digital, como o uso de drones inteligentes, robôs e assistência hiper-customizada, será incorporado à força de trabalho. Novos setores industriais irão emergir, como a medicina digital, a agricultura de precisão, o design de robôs para a medicina e a gestão de modernização de redes. Haverá também alterações nos trabalhos existentes. Como exemplo, a realidade virtual e a realidade aumentada auxiliarão os trabalhadores "tradicionais" a elevarem a sua produtividade e a tornarem suas atividades mais seguras. É necessário então preparar o sistema educacional para lidar com estes desafios de adicionar novas habilidades à força de trabalho. Incentivos de políticas públicas serão necessários para o treinamento dos trabalhadores e será preciso que os trabalhadores aprendam a colaborar e a coexistir com máquinas inteligentes.

Embora os resultados globais sobre o emprego possam ser discutidos e a resultante final entre destruição e criação de empregos possa ser desconhecida, não existem dúvidas de que a composição dos empregos vai mudar de modo substancial; e não há ainda muita clareza sobre a natureza de todas as ocupações em que haverá perda de postos de trabalho, ainda mais porque muitas funções que são consideradas de elevada qualificação podem efetivamente ser desempenhadas – em diferentes níveis – por equipamentos ou sistemas munidos de inteligência artificial.

O impacto destas tendências tende a ser devastador para as economias que adotarem aceleradamente os modelos produtivos típicos da Indústria 4.0 sem conseguirem produzir ou participar da produção dos seus componentes materiais e de serviços: perderão os empregos destruídos pela Indústria 4.0 e não ganharão aqueles que serão criados para a criação da nova base produtiva.

Estratégias nacionais e tecnologia

No caso da Alemanha, há um duplo interesse ao colocar em prática sua estratégia ofensiva-defensiva de desenvolvimento da Indústria 4.0: manutenção da liderança no fornecimento de equipamentos de produção, ao se tornar pioneira na definição dos padrões de comunicação e integração do novo modelo industrial; e aumento da competitividade de seu setor industrial, em geral com saltos de produtividade e protagonismo na proposição de novos modelos de negócio.

Além do interesse, a Alemanha possui condições importantes para a sua ambição em direção a uma nova indústria, revigorada por novas tecnologias e com demanda reforçada por exportações dos seus equipamentos e soluções avançados. A principal dessas condições é uma indústria de máquinas e equipamentos sem paralelo entre as outras grandes economias (EUA e Japão, por exemplo), alicerçada em um tecido de empresas que formam um sistema integrado.

Há, entretanto, uma grande ameaça às aspirações alemãs: as grandes empresas de tecnologia. O grupo de companhias do mundo digital emergente, representadas por empresas novas e muito novas: Google, Apple, Facebook, Amazon, Netflix, Airbnb, Twitter e Uber, todas com sede no Vale do Silício. Elas são a referência absoluta no aproveitamento das tecnologias digitais como forma de interagir com o usuário e capturar valor definindo novos padrões de consumo. Essa relação direta com o mercado consumidor, através da captação e análise de dados, é parte importante da cadeia de valor da Indústria 4.0, e os gigantes digitais têm boas chances de absorver uma fatia considerável do valor agregado em toda a cadeia industrial, ou até mesmo se tornarem participantes ativos do mercado, a exemplo do caso do veículo autônomo, em que o veículo Google tem a pretensão de enfrentar o modelo alternativo de uma dezena de montadoras tradicionais e com posições dominantes no mercado automobilístico.

Com isso em mente, é possível imaginar uma posição de fragilidade do sistema produtivo manufatureiro, caso este não seja eficiente em incorporar a prestação de serviços e a comunicação com o mercado digital em novos modelos de negócios. Sugere-se, portanto, que, sendo referência em tecnologia e inovação, os Estados Unidos estão em posição estratégica - superior à Alemanha - para a migração rumo ao novo paradigma industrial.

As empresas do mundo digital e dos novos modelos de negócio de escala global viabilizados pela conectividade em tempo real possuem - é certo - boas vantagens no novo mundo que se anuncia. Mas também as empresas industriais podem beneficiar-se de algumas das características emergentes do novo modelo. Essa é uma equação não resolvida. Mas muitas empresas que fabricam e fornecem equipamentos para os mais diversos setores de atividade, uma vez os equipamentos vendidos e entregues, possuem hoje acesso muito restrito às condições de uso e ao desempenho real dos seus produtos. O novo modelo fornece as condições para que um equipamento ou um sistema produza permanentemente, por toda a sua vida, em tempo real, informações que permitem ao fabricante original prestar continuamente serviços associados ao seu desempenho.

Os efeitos dessa mudança são substanciais, incluindo a coleta de dados que permitem alimentar os processos de engenharia e de P&D e a manutenção que pode, assim, tornar-se preditiva. É impressionante que os sistemas de gestão hoje existentes, e abaixo deles muitos sistemas parcialmente integrados ou não integrados, bem como equipamentos de produção e outros, já produzam grandes volumes de informações que repousam em bancos de dados sem nenhuma utilidade, quando poderiam servir a muitos modelos de análise, predição e gerar ações de melhoria e mudança.

A dinâmica de inovação e produção resultante das tendências apontadas está longe de ser evidente. Por um lado, a informação da ponta comercial ganha importância e pode ter funções reforçadas de comando sobre as cadeias produtivas, seja pela capacidade de interpretar grandes volumes de informações, seja pela oportunidade de comandar a reorganização das cadeias de produção. Por outro lado, em sentido inverso, é possível que os grandes fabricantes de equipamentos e soluções integradas possam, com ajustes em seus hardwares, evoluir substancialmente em termos de informações produzidas, habilitando-se tão bem ou melhor do que os usuários dos equipamentos, a capturar informações e transformando-as em base para novo conteúdo tecnológico e nova capacidade industrial.

A Quarta Revolução Industrial está sendo gestada por estratégias empresariais autônomas e promovida por articulações de instituições públicas com empresas e organizações privadas, e promete causar grandes impactos no setor industrial e na economia como um todo. Tendo sido anunciada *a priori*, permite a empresas e países prever suas consequências e se preparar para seus impactos; e de fato há grandes mobilizações em diversas partes do mundo. Para tanto, é preciso tratar o tema de forma séria e imediata, reunindo esforços do setor privado, governo e academia, de forma a mitigar riscos e aproveitar ao máximo as oportunidades relacionadas a essa tendência. Mais do que nunca a presença de políticas industriais consistentes e decisões estratégicas poderá afetar a dinâmica econômica e o lugar de cada país no novo ambiente.

Desafios da Indústria 4.0 para o Brasil

A indústria brasileira encontra-se, já há muitos anos, em busca de um novo modelo. O II PND pode ser considerado o último plano estruturado para a indústria nacional, estruturando novos setores industriais e aumentando substancialmente suas capacidades e escalas de produção. Seus resultados, contudo, envolvem muito mais o

completamento do padrão metalomecânico e químico do que qualquer iniciativa mais ambiciosa em termos das indústrias à época emergentes – a microeletrônica e a informática.

A partir de então, ao longo dos anos 1980, a indústria prosseguiu em sua trajetória tardia de completar os investimentos dos projetos do II PND e de digerir as capacidades produtivas que foram criadas. Mas esse prosseguimento, que ajudou a sustentar a economia e a balança comercial brasileira, também mascarou o fato de que o mundo se encontrava àquele momento em plena migração para um novo padrão de produção industrial, de desenvolvimento tecnológico acelerado e de competitividade em bases cada vez mais globalizadas. Foi esse o momento em que o Brasil e a sua indústria perderam o passo.

Em que pesem os notáveis avanços que a indústria brasileira alcançou no meio século de industrialização acelerada, sobretudo entre o início dos anos 1950 e o final dos anos 1970, é forçoso reconhecer algumas características limitadoras de seu potencial dinamizador sobre o conjunto da economia (e do território) brasileiro, que tendem, no presente, a impor desafios ao desenvolvimento da Indústria 4.0 no país. Tais características são elencadas abaixo:

- O tecido industrial constituído até o final dos anos 1970 reproduziu aquele que existia nos países mais avançados, com predomínio dos mesmos setores (metalmecânico e químico, bases da indústria típica da Segunda Revolução Industrial), mas as empresas estatais e as empresas multinacionais ocupavam nessa estrutura as posições mais destacadas, e as empresas nacionais estavam em muitas áreas relegadas a posições secundárias. A indústria de petróleo (incluindo o refino, que foi durante muito tempo o segmento mais importante) constitui uma ilustração da importância do setor produtivo estatal. O exemplo da indústria automobilística é eloquente quanto ao papel complementar, mas secundário, das empresas privadas nacionais em setores de grande dinamismo, e ele se repete em vários outros setores, cobrindo vastas áreas da indústria (eletrônicos).

- Uma segunda característica, quando o mundo iniciava a sua transição para um novo padrão industrial no final dos anos 1970, foi a abertura relativamente modesta da indústria nacional aos fluxos comerciais. Embora seja impreciso afirmar que a indústria era fechada, uma vez que desde os anos 1950 investimentos de todos os tipos e origens internacionalizaram a base industrial brasileira, os fluxos comerciais de importação e de exportação eram

relativamente modestos. É compreensível que o modelo de industrialização brasileiro, às voltas com uma severa restrição de divisas, estivesse voltado para o preenchimento do mercado interno e para o aproveitamento das crescentes oportunidades que ele ia oferecendo, com o crescimento da base econômica e o avanço da urbanização e da industrialização. Mas essa característica representou uma limitação e ela teve implicações importantes quando, nos anos 1980 e 1990, a projeção internacional das economias nacionais se deu com maior intensidade, com exportações, investimentos e redes empresariais que vão de parcerias pontuais a fusões e aquisições.

- Um terceiro elemento a se considerar é a modéstia dos esforços tecnológicos, um fato que muitas vezes é confundido, pelos observadores pouco familiarizados com o setor industrial, com improdutividade ou incompetência industrial. A indústria brasileira realizou um trabalho notável de constituição de uma base abrangente e diversificada, mas os sinais que a orientaram – e, a rigor, a dinâmica que a mobilizou – foram os da reprodução de processos e de produtos que existiam anteriormente e que, em muitos casos, se tornavam visíveis na pauta de importações. Este processo de industrialização foi capaz de produzir um "emparelhamento" em termos daquilo que era produzido e em muitos casos também como era produzido, mas faltavam os elementos de dinamismo tecnológico que foram se tornando crescentemente importantes nos anos 1980 e 1990.

Aceitando ou refutando a expressão Terceira Revolução Industrial como um fenômeno relevante para caracterizar o movimento industrial desde os anos 1970, é fato que ocorreu uma notável aceleração do progresso tecnológico e numerosas oportunidades foram sendo exploradas pelas empresas mais preparadas, fossem elas herdeiras de longos históricos de desenvolvimento empresarial (a grande maioria) ou empresas emergentes que souberam aproveitar as novas oportunidades para crescerem aceleradamente e se posicionarem em pontos de grande dinamismo e relevância do sistema industrial em mutação.

Quase todos os países relevantes na cena industrial internacional implantaram políticas para promoverem a inserção de suas empresas e de seus sistemas industriais no novo ambiente, muito embora existam importantes diferenças entre os objetivos imaginados por esses esforços nacionais e os resultados alcançados efetivamente.

A percepção de que a microeletrônica era um setor estratégico percorreu as políticas nacionais em muitos países relevantes em termos industriais, mas poucos foram aqueles

que conseguiram posicionar-se como fabricantes qualificados dos elementos básicos da eletrônica. Todos buscaram, poucos alcançaram. Entretanto, quase todos esses países, incluindo aqueles que não alcançaram os resultados almejados, foram capazes de absorver os elementos fundamentais da revolução microeletrônica, incluindo processos produtivos dotados de graus elevados de automação e eficiência. Esta herança da revolução microeletrônica é um alicerce fundamental para informar a reflexão sobre a nova fase de desenvolvimento produtivo – a Indústria 4.0.

Diferentemente do que ocorreu na química e na metalomecânica, as duas bases da indústria do século XX, o Brasil não foi capaz de constituir um sistema industrial eletrônico. O país chegou a instalar, a partir de recursos próprios e aportes externos significativos, as indústrias metalmecânicas e eletromecânicas e indústrias químicas de produtos de alto volume (as grandes commodities), mas não foi capaz de fazer o mesmo com a microeletrônica e a química fina. Ambos possuem, em comum, uma importância elevada da tecnologia e do ritmo de mudança tecnológica.

No caso da microeletrônica, a despeito de medidas de política industrial, quatro conjuntos de dificuldades bloquearam seu desenvolvimento. Em primeiro lugar, a base de mercado mais importante para essa indústria é a de eletroeletrônicos de consumo, que à época (anos 1980) já havia se tornado, em grande medida, uma indústria importadora-montadora após sua transferência para Manaus. Em segundo lugar, o eixo ligado à indústria de telecomunicações ensejou estratégias de cumprimento da lei com espaços apenas muito limitados para desenvolvimentos tecnológicos por parte de empresas locais. Em terceiro lugar, nos segmentos que seriam hoje considerados propriamente de informática, os equipamentos de grande porte, os minicomputadores e os computadores pessoais, ensejaram vertentes de política muito díspares e dificilmente integráveis de modo consistente. Por último, mas não menos importante, vários dos setores usuários de produtos de microeletrônica em nenhum momento viram as suas demandas contempladas e ofereceram grande resistência à política adotada.

Na medida em que se considere que a Indústria 4.0, sendo ou não uma ruptura, arranca das bases anteriores, das quais aproveita condições estruturais, elementos humanos e ligações funcionais, o grau de desenvolvimento alcançado na etapa anterior representa uma alavanca ou uma trava para o aproveitamento das novas oportunidades que se descortinam.

O perfil de consumo também é uma dimensão fundamental da Indústria 4.0 – e o consumo em bases contemporâneas, em um modelo típico de sociedades que alcançaram elevado grau de desenvolvimento social e material, se traduz em padrões

de diferenciação muito elevados. Entre as promessas da Indústria 4.0 está o alcance de uma produção de "lotes unitários" (cada produto é único) a custos competitivos. Esse modelo produtivo está em sintonia com os padrões de consumo. Consumo totalmente diferenciado (produtos únicos) corresponde a uma produção que necessariamente precisa lidar com produção para cada demanda.

O exame da realidade brasileira revela uma importante dificuldade também neste plano do consumo. O nível de renda médio brasileiro permitiria pensar que as diferenciações de consumo possíveis estariam em medida suficiente para oferecer estímulos para o avanço da Indústria 4.0. Entretanto, o padrão distributivo brasileiro, extremamente concentrado, com amplas camadas das famílias brasileiras confinadas em espaços de consumo em que o elemento preço é o determinante principal – quando não o único – das decisões de compra. É difícil imaginar um obstáculo maior do que esse para a implantação de modelos produtivos de Indústria 4.0 de forma ampla no Brasil.

A evolução das estruturas econômica e social brasileiras desde os anos em que se rompeu o crescimento baseado na indústria como articuladora das trajetórias do sistema econômico não favorece, assim, bases nacionais para a Indústria 4.0, seja no âmbito industrial e tecnológico, de um lado, seja, de outro lado, na esfera das ocupações, da renda e do consumo.

As análises que têm sido feitas sobre a Indústria 4.0 e as oportunidades e os desafios que ela coloca para o Brasil têm se dedicado sobretudo aos temas tecnológicos e industriais. Essa abordagem coloca em evidência, sobretudo, a questão de saber se a indústria brasileira possui os meios técnicos e econômicos para desenvolver ou assimilar as novas tecnologias típicas da manufatura avançada. Sem pretender diminuir a importância desta abordagem, é necessário colocá-la ao lado de outras, que envolvem implicações para os diferentes espaços geo-econômicos do novo modelo industrial que se avizinha.

Um desafio ainda pouco discutido que a Indústria 4.0 impõe ao Brasil envolve a China. Diferentemente de muitos outros analistas, o sucesso industrial chinês deve-se sobretudo à sua capacidade de manter taxas de investimento – industriais e urbanas – muito elevadas, por um longo período de tempo. Os salários baixos, se algum dia cumpriram um papel relevante para o crescimento industrial e o desenvolvimento econômico chinês, não cumprem atualmente uma função relevante equivalente. Pode-se afirmar que o crescimento econômico da China está primordialmente vinculado à expansão da demanda e sobretudo do investimento.

O crescimento e o investimento da China, associados como estão a uma acelerada renovação da estrutura de capital fixo da economia, com rápido aprendizado, poderão alçar a China a uma condição superior na Indústria 4.0? A pergunta procede, pois, afinal, os chineses surpreenderam a quase todos até aqui com um percurso que, em termos econômicos, pode ser considerado "sem falhas". Estaria a China, que hoje é a manufatura do mundo, vocacionada para assumir, na Indústria 4.0, a liderança industrial também em termos tecnológicos? A resposta a essa pergunta, por enquanto, parece ser negativa: as vantagens que constituiu até aqui são largamente dependentes de volumes elevados de produção e custos baixos, enquanto a Indústria 4.0 promete custos relativamente baixos para produtos costumizados. Promete, também, eliminar as eventuais vantagens que o custo de trabalho reduzido possa oferecer em alguns processos industriais – mesmo que esta vantagem seja muito questionável e tenha que ser relativizada quando se tem em vista que uma das mariores potências industriais ocidentais é precisamente a Alemanha, cujos salários estão entre os mais elevados no plano internacional.

São dois os elementos decisivos para o argumento de que a China não poderá ocupar, no modelo da Indústria 4.0, o lugar de destaque (crescente) que vem ocupando ao longo dos últimos 25 anos: a reintegração espacial da produção e do consumo e a importância da diversificação produtiva e dos padrões mais sofisticados (individualizados) de consumo. Ao permitir a relocalização espacial entre produção e consumo, a gigantesca máquina fabril chinesa perde inevitavelmente competitividade e importância, e a existência de padrões de consumo cada vez mais individualizados e costumizados fragiliza ainda mais a posição manufatureira das empresas, das indústrias e dos países baseados no *binômio escala-custo*, como é o caso da China.

Existe uma implicação desta possível trajetória da Indústria 4.0 da China para o Brasil: para onde dirigirá a China a sua crescente sobrecapacidade, à medida que os mercados centrais, para onde ela destina hoje os seus grandes volumes de produção, se tornem menos acessíveis em razão da reintegração espacial produção-consumo propiciada pelo novo modelo industrial em construção tanto na Europa como nos EUA? A resposta a essa pergunta não pode ignorar que os mercados de menor poder aquisitivo ou empobrecidos das periferias do sistema global possuem padrões de consumo dependentes muito mais dos elementos ligados a preços do que dos elementos de qualidade e diferenciação. Tais mercados, como o brasileiro, são, por isso, alvos adequados para o redirecionamento que a indústria chinesa terá que fazer para ocupar suas sobrecapacidades.

Recomendações para uma estratégia nacional 4.0

A estrutura industrial brasileira é considerada bastante diversificada. Essa proposição era certamente mais fiel à realidade ao final do longo período de expansão industrial que se encerrou entre o final dos anos 1970 e o início dos anos 1980 do que é hoje, após os dois movimentos – simultâneos – que provocaram o seu retardo: o avanço acelerado dos processos de transformação dos sistemas industriais nacionais e global e a prolongada crise doméstica, que tem impedido a sustentação dos investimentos industriais, envelhecendo o parque produtivo. Em que pesem os efeitos desses dois fatores, não são eles que representam o principal obstáculo para que o Brasil possa participar de modo ativo do movimento em direção à Indústria 4.0.

O Brasil possui certamente uma das mais internacionalizadas de todas as indústrias existentes no mundo. Desde os anos 1950, muito antes que os países asiáticos se tornassem receptores de fluxos relevantes de investimento direto estrangeiro, empresas de todas as origens geográficas implantaram no Brasil unidades de produção relevantes, precedidas ou não por fluxos comerciais de importação. Em muitos casos, a unidade brasileira é, ou foi durante muito tempo, a principal unidade implantada fora do país de origem da empresa. Este é um fator que joga a favor das possibilidades de o Brasil se tornar um *locus* para a Indústria 4.0, uma afirmação que se revela mais realista ainda se considerarmos o fato de que algumas das principais empresas que participam em posições de liderança das articulações em prol da nova indústria possuem unidades no Brasil.

A questão mais relevante, portanto, não é sobre as possibilidades que o Brasil tem ou não tem de participar da Indústria 4.0, mas sobre as modalidades dessa participação. É evidente que o modelo da Indústria 4.0 impõe um patamar mínimo muito elevado em termos de difusão das modernas tecnologias que a compõem, e que isso representa um desafio importante para muitas das empresas que compõem um sistema industrial combalido por muitos anos de instabilidade crônica e subinvestimento, como é o caso do Brasil. Entretanto, muitas das empresas transnacionais que compõem esse sistema estão em condições de internalizar para as suas filiais brasileiras os desenvolvimentos concebidos e implantados em seus centros principais – mesmo que o façam com defasagens. O mesmo pode ser dito das grandes empresas nacionais cujo porte as tornará clientes cobiçados por todos os principais provedores das soluções da Indústria 4.0. O quadro mais provável é que as empresas dos principais segmentos industriais consigam acompanhar a transição para o novo modelo industrial sem sobressaltos ameaçadores.

Mas a aspiração industrial brasileira pode se resumir a acompanhar – com defasagem menor ou maior – o movimento global, na condição de importador de tecnologias, soluções, bens e serviços associados à Indústria 4.0? Uma tal solução certamente pode contribuir para a modernização de plantas, empresas e segmentos industriais variados, mas ela está longe de aproveitar o potencial associado a um conjunto de novas tecnologias transformadoras do sistema industrial.

Existem pelo menos duas perspectivas para examinarmos o potencial dessas tecnologias transformadoras: mercado e indústria. Quando se discutem as perspectivas do Brasil na Indústria 4.0 com profissionais ou equipes de grandes empresas provedoras de soluções 4.0, o mais comum é que elas revelem a percepção de que o Brasil é um *mercado* com grande potencial para as suas soluções, mas é muito raro que associem o sistema industrial brasileiro ao *desenvolvimento dessas soluções* ou que se vejam partícipes do processo de criação de soluções no Brasil. Dito de outro modo: na Indústria 4.0 o Brasil é mercado, não é indústria; é cliente, não é produtor. E assim poderá permanecer se nada for feito para potencializar as oportunidades industriais existentes no mercado brasileiro e em outros mercados ao alcance das empresas brasileiras e das unidades locais de outras empresas.

Mas quais são as diferenças entre uma e outra solução? Que vantagens e que desvantagens possui a abordagem mercado com relação à abordagem industrial?

São duas as vantagens imediatas da opção pelas soluções prontas, disponíveis globalmente uma vez que elas sejam viabilizadas pelas empresas e pelos consórcios que lideram o seu desenvolvimento: tempo e custo. Se uma configuração industrial e econômica foi concebida, implantada, testada e comprovada em um determinado ambiente (Alemanha, Estados Unidos, Japão, por exemplo), ela poderá ser estendida a outros espaços, e reproduzida com eventuais adaptações. Tal solução terá, também, a vantagem de seus componentes estarem regulados por preços internacionais, mesmo que no caso de países não cêntricos esses preços devam ser acrescidos dos custos adicionais típicos dessa condição.

A opção por um desenvolvimento local mais forte envolve o ganho da produção local e o da mobilização de recursos existentes e da criação de novos. É mais do que trocar importações por produção local, por mais que ela envolva ganhos consideráveis. Trata-se de desenvolver novas competências, mobilizando conhecimentos existentes e produzindo novos, articulando essa produção com empresas existentes e novas. É evidente que o caminho da construção pode envolver custos de desenvolvimento, mas resulta também no desenvolvimento de competências tecnológicas e industriais.

A disjuntiva entre uma opção e outra pode ser resumida em duplo binômio: prazo e custo mais favoráveis, de um lado, aprendizado e novas competências, de outro lado. Os parâmetros precisos desta decisão são desconhecidos e a rigor são muito difíceis de serem determinados. As vantagens associadas à solução externa podem desaparecer ao longo do tempo, se as curvas de aprendizado da opção pelo desenvolvimento local de soluções se mostrarem efetivas, mas esse resultado não está assegurado a priori e a experiência mostra que ele pode estar associado a fracassos importantes (como foi o caso do nosso Programa Nuclear), ao lado de sucessos dignos de nota (como no da Aeronáutica). Por outro lado, é também necessário considerar que as promessas de curvas de aprendizado muito ambiciosas e velozes podem esbarrar em dificuldades intransponíveis que as frustrem, seja por razões internas (ao setor ou às empresas), seja por razões externas (estruturais e sistêmicas).

Um elemento importante associado à opção mais autônoma envolve o conjunto de transbordamentos (*spill-overs*) decorrentes do desenvolvimento de novas competências. A chamada reinvenção da roda é uma expressão caricatural que não descreve a riqueza envolvida no aprendizado, esteja ele associado a simples mimetismo ou exija doses de engenharia reversa. Os caminhos do aprendizado são longos e eles envolvem etapas de reprodução deficiente e de reprodução proficiente antes que possam atingir estágios de autonomia e criatividade. O reconhecimento do potencial dessa trajetória, entretanto, não deve levar à escolha automática da opção mais autônoma, pois ela envolve custos que demandam dimensionamento (tentativo) *ex ante* e acompanhamento sistemático ao longo do percurso.

É crucial que a escolha entre as duas opções seja informada. As vantagens e desvantagens de cada uma das opções – e das combinações possíveis entre elas – precisam ser consideradas por todas as partes envolvidas, incluídas aquelas que são os ganhadores diretos da opção “pacote pronto” e não têm ganhos diretos na opção do desenvolvimento de curvas de aprendizado coletivas pelo sistema industrial local. É possível sustentar que existem ganhos indiretos associados ao enriquecimento da estrutura produtiva e aos fluxos de renda e consumo decorrentes, mas dificilmente uma estratégia empresarial individual pode sobrepor esses ganhos difusos àqueles que são decorrentes de vantagens diretas e imediatas (como as decorrentes da opção “pacote pronto” testado e com riscos mínimos). Os ganhos diretos podem prevalecer nas opções empresariais dos setores que não são fornecedores, mas usuários.

A persuasão desses interesses usuários por empresas e segmentos industriais beneficiários diretos da opção mais autônoma envolve o reconhecimento liminar de que as vantagens desta opção são tudo menos automáticas; e que elas só podem ser

efetivamente construídas se a estratégia a ser implantada for capaz de explicitar o enfrentamento dos custos associados, a sua diluição no sistema e a sua superação ao longo do tempo. Os exemplos das dificuldades brasileiras em tratar esta matéria de modo apropriado têm contribuído sobremaneira para criar, no empresariado, nos poderes públicos e na sociedade de uma maneira geral, anticorpos mais ou menos automáticos contra toda e qualquer proposta que possa ser considerada um custo imediato, mesmo que ela possa, sob outra perspectiva, ser um investimento de retorno potencialmente muito favorável. O maior fracasso possível de uma política de desenvolvimento ou de uma política industrial é a perda de sua legitimidade perante a sociedade e, mais grave ainda, perante amplos segmentos do empresariado, mesmo quando esses segmentos são produto – consciente ou não – de políticas análogas que foram adotadas no passado.

Em que pesem estas dificuldades, há espaço para avanços e para a constituição de uma estratégia brasileira para a Indústria 4.0. O Brasil possui empresas e instituições com condições de construir uma estratégia consistente e vigorosa em direção à Indústria 4.0. O seu sistema de ciência dá sinais de vitalidade importantes. No âmbito da tecnologia, apesar de tantos observadores continuarem a ver apenas a metade vazia do copo, os sinais de vigor são crescentes e cada vez mais promissores, com resultados que mostram o longo caminho já percorrido e resultados cada vez mais robustos. Existem pelo menos dois grandes avanços cuja importância não é devidamente apreciada. O primeiro refere-se à demografia da inovação: mais e mais atores, privados e públicos, das mais diversas áreas, estão mobilizados pela e para a inovação. O segundo é de natureza institucional: para além das barreiras que tantos transtornos causam aos atores (empresas, instituições, indivíduos), o aprendizado tem ajudado as empresas a identificarem os caminhos mais apropriados para a viabilização de seus projetos e das suas estratégias. Nesse espaço destaca-se a iniciativa da Confederação Nacional da Indústria de promover, com o apoio financeiro do BNDES, a criação dos Institutos SENAI de Inovação, distribuídos pelo território nacional e vocacionados para competências específicas. O tecido empresarial, mesmo após tantos anos de instabilidades e crises, possui uma elevada diversidade e um grau de integração muito apreciável. Ao seu lado, atuando de forma muito complementar e integrada, a Embrapii vem também propiciando o aumento do número e da qualidade dos projetos de desenvolvimento tecnológico da indústria, em produtos e processos. Existem cadeias produtivas muito dinâmicas e mesmo nos segmentos mais rarefeitos do complexo eletrônico-informático existem competências e esforços que já produziram resultados concretos e promissores para o futuro.

A mobilização deste conjunto de elementos para a construção de uma estratégia nacional para a Indústria 4.0 exige como preliminar a viabilização de uma agenda compartilhada: o Brasil quer mesmo ter um sistema industrial ou podemos nos contentar com as nossas vocações – as naturais e as remanescentes daquelas que foram construídas por ações deliberadas de empresas e programas públicos – que se traduzem em ilhas de excelência?

Um sistema industrial é muito mais do que algumas áreas de excelência, mesmo que elas sejam numerosas. Um sistema industrial possui encadeamentos múltiplos ao longo de cadeias e vetores transversais que perpassam várias cadeias. Quando um destes vetores, articulado em um nó específico, gera progresso tecnológico, ele gera também a capacidade de transmitir esse efeito a outros segmentos, a outras cadeias. Avanços pontuais alimentam avanços gerais. Fortalecem-se as cadeias e fortalecem-se os vetores transversais. O sistema industrial ganha vigor e solidez. Uma estratégia articulada para a Indústria 4.0 pode ser um caminho promissor para que o Brasil reencontre o caminho do seu desenvolvimento e de uma estabilidade alicerçada no crescimento da produção e dos investimentos.

Dez propostas de ações para uma estratégia nacional 4.0

São apresentadas a seguir algumas medidas que poderão auxiliar o desenvolvimento da Indústria 4.0 no País. Um primeiro conjunto de ações não se refere diretamente à Indústria 4.0, mas sim à criação das condições para que a indústria de diversos segmentos e estratos de empresas possa se preparar para esse segundo esforço que será o padrão industrial emergente, em definição nos países líderes. Foram também propostas medidas para a formação de recursos humanos e competências tecnológicas que serão necessários à Indústria 4.0, bem como para a transformação do tecido industrial, seja o de pequenas empresas, seja o de empresas de base tecnológica, seja ainda o das grandes empresas e das cadeias industriais em que o Brasil possui posição de protagonismo global. As sugestões incluem:

1. A vinculação dos programas de financiamento público para a compra de máquinas (Finame) ou o acesso aos programas de crédito de capital de giro (como o Cartão BNDES) à contratação de serviços de consultoria em programas de alto impacto em melhoria de qualidade e produtividade baseados na difusão de práticas de manufatura enxuta e congêneres. Os Institutos Senai de Inovação, as Escolas Técnicas do Senai, os Institutos de Pesquisa Tecnológica deveriam

tornar-se as agências promotoras em larga escala desse processo de difusão, aproveitando-se de experiências bem sucedidas, como a Indústria Mais Produtiva.

2. Uma ação análoga, porém mais direcionada, deveria ser realizada em todos os APLs – Arranjos Produtivos Locais – relevantes. As atividades de formação e capacitação das unidades locais do Senai ou escolas técnicas locais também podem constituir mecanismos de difusão, alçando essas aglomerações industriais a novos patamares de produtividade e eficiência, preparando-as para modelos mais avançados de organização da produção por meio de tecnologias de base microeletrônica e outras formas de automação.

3. A demanda da base industrial por tecnologias e métodos de produção mais avançados deveria ser completada por estímulos ao desenvolvimento de soluções tecnológicas baseadas em artefatos e tecnologias de base microeletrônica. Os programas federais e estaduais de desenvolvimento tecnológico possuem os recursos de financiamento necessários para a criação e a ampliação das competências empresariais nessas áreas. Programas como o Pappe – Subvenção, da Finep, seus congêneres estaduais (incluindo com destaque o Pipe da Fapesp) e as linhas de financiamento à inovação do BNDES possuem o arcabouço adequado para a formulação e a execução de programas bem adaptados às necessidades.

4. Um possível desdobramento destas ações elencadas poderia ser a constituição de protótipos de unidades de produção com elevados índices de automação a partir dos Institutos Senai de Inovação, com financiamento compartilhado entre o próprio Instituto, as empresas interessadas (por exemplo, um consórcio de empresas do setor beneficiário da solução em desenvolvimento), o Governo Federal (com recursos orçamentários alocados à Embrapii) e o governo do Estado onde a solução seria desenvolvida e implementada.

5. A formação de cursos técnicos, de graduação e de pós-graduação nas áreas que representam os alicerces da Indústria 4.0 deveria ser uma construção articulada entre os entes federais e as unidades da federação, evitando redundâncias e sobreposições das iniciativas. A ideia norteadora deveria ser a de reunir em alguns dos principais centros de formação de recursos humanos brasileiros as competências fundamentais que formam a base da Indústria 4.0. Cada um dos principais alicerces tecnológicos da Indústria 4.0 desenvolver-se-ia a partir de um centro que disponha de algumas das competências básicas e um projeto de

reunir as demais e avançar consistentemente em direção à fronteira do conhecimento em termos científicos, tecnológicos, didático-pedagógicos e de alianças industriais abrangentes, com os principais setores industriais interessados. A partir desse "vetor avançado", duas ações seriam desdobradas posteriormente: uma de integração, entre as diversas competências, e uma de difusão, para outras unidades da federação e outras instituições.

6. Outra ação incluiria a atração de recursos humanos altamente capacitados. A "importação de cérebros", sejam eles jovens talentos ou experientes, deveria ser reforçada por um programa de apoio à vinda de empreendedores de base tecnológica com apoio de programas públicos.

7. A formação de recursos humanos deve estar articulada à formação de bases tecnológicas adequadas à construção e à difusão de soluções. O BNDES e a Finep, para não falar das demais instituições públicas de fomento, têm sido tímidos frente aos riscos tecnológicos nos setores vitais para a indústria e a economia do futuro. A criação de programas como o Criatec pode ser considerada apenas como um protótipo daquilo que o Brasil efetivamente precisa: uma sementeira numerosa, de iniciativas múltiplas, capazes de preencher com redundâncias o leque de oportunidades tecnológicas, filtradas seletivamente em processos competitivos promovidos por soluções diversas e por suas respectivas capacidades de construírem modelos de negócios e alianças empresariais viáveis.

8. O BNDES e a Finep, em articulação com as instituições estaduais análogas e com as unidades do Sistema S, deveriam tomar para si a responsabilidade de promoverem a criação anual de centenas de empresas de base tecnológica para a Indústria 4.0. Um instrumento factível para essa trajetória poderia ser um bônus de subscrição de duas etapas: numa primeira etapa o banco subscreve um aporte de até R$ 500 mil para um projeto de 12 a 24 meses destinado ao desenvolvimento de alguma solução, idealmente com risco elevado, associado a planos de negócio ousados. Havendo sucesso nessa primeira etapa, o aporte na segunda etapa seria de até R$ 2 milhões, para planos de 24 a 36 meses, necessariamente vinculados a planos de comercialização de escala global. Não se espera que a empresa seja capaz, na primeira etapa, de atrair investidores privados, mas é desejável que eles já possam estar presentes na segunda etapa.

9. A constituição de um tecido de empresas detentoras de tecnologias estruturantes da Indústria 4.0 pode se beneficiar do apoio de empresas nascidas

em outros ambientes e portadoras de soluções ou de elementos constituintes de soluções apropriadas. Em vários sentidos, a Indústria 4.0 é um mosaico que pode ser composto com elementos locais e elementos vindos de outros ecossistemas de inovação, mas detentores de tecnologias capazes de interagir e enriquecer o sistema local. Um instrumento apropriado para enfrentar esse desafio é o apoio financeiro à aquisição de ativos tecnológicos no exterior. Essa compra, que hoje é penalizada, deveria ser incentivada, desde que ela passe a integrar uma solução de natureza local e com potencial de projeção internacional (uma vez integrada).

10. Como as estratégias das grandes empresas devem orientá-las em direção a constituírem seus próprios caminhos para o modelo 4.0, por meio de soluções globais aplicadas localmente, a formação e a consolidação de uma base industrial fabricante de soluções 4.0 têm que contar com estímulos públicos capazes de reorientar as estratégias empresariais privadas para os caminhos que são, em curto prazo, mais arriscados e custosos, mas geram retornos de médio e longo prazo mais vantajosos. Em linhas gerais, um modelo possível seria: os entes federais (incluindo os principais ministérios e os seus organismos de execução de políticas) lançam um edital de chamamento de propostas setoriais para a formação de consórcios industriais e tecnológicos de Indústria 4.0. Cada um dos consórcios recebe um aporte (não reembolsável) de até R$ 5 milhões para o detalhamento de uma proposta técnica de desenvolvimento de uma solução setorial para a Indústria 4.0, sendo apoiáveis todas as propostas que reúnam ao menos 5 empresas com faturamentos superiores a um patamar mínimo (elevado) ou ao menos 100 empresas de qualquer tamanho. Os dois modelos destinam-se a promover soluções para setores concentrados e para setores pulverizados. As cinco propostas mais ousadas e mais consistentes serão apoiadas com recursos não reembolsáveis de R$ 100 milhões. Não deveriam ser premiadas propostas de um mesmo setor industrial. Todas as propostas teriam como contrapartida o apoio a empresas de base tecnológica portadoras de soluções promissoras e o compartilhamento não oneroso da propriedade intelectual das soluções geradas para outras indústrias não concorrentes.

Conclusões

Qual o lugar do Brasil e de sua indústria no “novo mundo industrial”? Esta é a questão relevante que o país precisa responder se quiser fazer parte da Quarta Revolução

Industrial. Os desafios não são desprezíveis e surgem, em boa medida, em decorrência de limitações que herdamos do passado. Três ordens de limitações complicam muito o pleno desenvolvimento da Indústria 4.0 no país.

Em primeiro lugar, estão aquelas limitações referentes à própria estrutura industrial. Vale lembrar que o Brasil não foi capaz de acompanhar o avaço do restante do mundo em setores fundamentais para o desenvolvimento das tecnologias da Industria 4.0, como é o caso da microeletrônica. Encontramo-nos, então, desde o ponto de partida, em desvantagem. Além disso, pela própria natureza do processo de industrialização do país, dois outros aspectos tornaram-se deficiências cada vez mais importantes: pequena integração no comércio internacional e esforços tecnológicos relativamente modestos.

Em segundo lugar, com as características do consumo do Brasil, ao contrário dos países desenvolvidos, não favorece uma forte diferenciação dos produtos a qual viria ao encontro da Indústria 4.0. Em terceiro lugar, devido a essas deficiências, o Brasil corre o risco de se transformar, ainda mais, em mercado-alvo da produção chinesa, que deve acompanhar com atraso o avanço industrial dos países desenvolvidos, que hoje compreendem os principais mercados consumidos de produtos chineses.

A despeito disso, as janelas de oportunidade de um novo paradigma industrial existem, mas não de maneira incondicional. Elas envolvem algum tipo de compromisso de vários segmentos – produtores e usuários das soluções da Indústria 4.0 – para o estabelecimento de trajetórias factíveis, com custos e benefícios distribuídos ao longo do tempo de forma equânime entre as partes interessadas. O maior desafio da Indústria 4.0 para o Brasil é o da construção de uma estratégia consensual entre os principais interessados, sejam usuários do modelo ou produtores dos seus componentes materiais e de serviços.

A escolha do modelo de incorporação rápida dos componentes da Indústria 4.0 por meio de importações assegura ilhas de modernidade, mas desperdiça oportunidades industriais e sua difusão pelo sistema produtivo. Em oposição, a opção pelo modelo de produção nacional de soluções 4.0 pode ampliar o desenvolvimento tecnológico e as oportunidades industriais, com difusão mais ampla do novo padrão industrial. Apesar dos riscos que acompanham esta última opção, ela deveria estar no centro da futura política industrial do país. A hesitação entre uma estratégia rápida de assimilação dos componentes do modelo por meio de importações e uma de produção local estimulada por políticas pode criar o pior das duas fórmulas.

Com o objetivo de avançar o debate do desenvolvimento da Indústria 4.0 no Brasil, foram apresentadas dez medidas que poderiam auxiliar muito o país nesta direção.

Algumas se referem à criação de pré-condições para que a indústria brasileira possa se preparar para a indústria 4.0 propriamente dita. Também foram propostas ações para a formação de recursos humanos e competências tecnológicas necessárias, bem como para a transformação do tecido industrial, seja o de pequenas empresas, seja o de empresas de base tecnológica, seja ainda o das grandes empresas e das cadeias industriais em que o Brasil possui posição de protagonismo global.

3.3. Iniciativas para avançar a inovação no Brasil[26]

Paulo Bastos Tigre[27]

Introdução

É praticamente um consenso entre empresários, gestores públicos e especialistas que a capacidade de inovar é determinante para a competitividade das empresas e das nações. Entretanto, a inovação pode não só estimular o crescimento econômico, mas também ajudar a solucionar problemas políticos e sociais complexos em áreas como saúde, educação, segurança, mobilidade urbana, gestão pública, equidade e sustentabilidade.

Direcionar esforços de inovação para solucionar os grandes desafios defrontados pelo Brasil requer compromissos de longo prazo e o envolvimento de diferentes atores, disciplinas e instrumentos. Uma forma de dirigir inovações é desenvolver políticas orientadas para missões, que podem ser definidas como ações públicas baseadas em conhecimentos tecnológicos para alcançar objetivos específicos. Missões tecnológicas objetivas e mensuráveis vêm sendo adotadas por países como Estados Unidos e China e mais recentemente pela União Europeia[28].

Para discutir iniciativas para avançar a inovação no Brasil, vamos inicialmente rever o papel da inovação no desenvolvimento econômico e social e as principais tendências disruptivas nas tecnologias da informação e comunicação (TIC) que estão afetando as formas de produzir e distribuir bens e serviços. Em seguida, vamos examinar o processo de inovação tecnológica nas empresas brasileiras com base na pesquisa Pintec/IBGE e rever criticamente as principais políticas públicas para a inovação adotadas nas últimas décadas no país. Por fim, faremos sugestões sobre iniciativas para avançar a inovação no Brasil com base em três linhas de ação: maior foco nas atividades que apresentam

[26] Trabalho divulgado como Carta IEDI n. 863. Disponível em https://iedi.org.br/cartas/carta_iedi_n_863.html

[27] PhD em Política Científica e Tecnológica pela Universidade de Sussex (Inglaterra), Professor Titular (aposentado) do Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ e Autor de "*Gestão da Inovação: a Economia da Tecnologia no Brasil*", Ed. Elsevier, 2014.

[28] MAZZUCATO, M. Mission-Oriented Research & Innovation in the European Union: A problem-solving approach to fuel innovation-led growth. European Commission, Directorate-General for Research and Innovation, 2018.

potencial competitivo, fortalecimento da educação básica e tecnológica e desenvolvimento de políticas orientadas para missões.

O papel da inovação no desenvolvimento

A importância da tecnologia é reconhecida desde os tempos Alfred Marshall e Karl Marx que entenderam pioneiramente que a inovação constituía a base da dinâmica econômica e social. No início do século XX, Joseph Schumpeter[29] aprimorou essa hipótese ao mostrar que o impulso fundamental que coloca e mantém o motor capitalista em movimento não advém de fenômenos naturais ou sociais como guerras e revoluções, mas sim dos novos bens de consumo, novos métodos de produção e transportes, novos mercados e novas formas de organização industrial que a empresa capitalista cria e destrói. Para ele, o processo de desenvolvimento econômico deve ser entendido como um fenômeno qualitativamente novo e não como mero crescimento derivado do aumento da população e da riqueza. Schumpeter se contrapunha às teorias econômicas que consideravam o desenvolvimento como um simples aumento da oferta nacional de poupança e meios produtivos. Produzir mais do mesmo seria para ele um simples crescimento, pois o desenvolvimento somente ocorreria com inovações transformadoras[30].

A partir da segunda metade do século passado, o advento da microeletrônica, a corrida aeroespacial e o poder nuclear evidenciaram a importância da tecnologia no quadro geopolítico internacional. No campo industrial, o Japão e depois a Coreia, Taiwan e China, passaram a liderar vários segmentos da indústria global com estratégias arrojadas de inovação em processos produtivos, na organização da produção e no lançamento de novos produtos. Em consequência, observou-se um crescimento sistemático dos investimentos públicos e privados de pesquisa e desenvolvimento (P&D).

Nos anos 1980, a Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) passou a elaborar diretrizes e a realizar pesquisas sistemáticas para quantificar e comparar atividades de inovação nos países membros. Tais referências conceituais e metodológicas vêm sendo continuamente aperfeiçoadas e o documento mais utilizado atualmente para medir inovações é o Manual de Oslo. No Brasil, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) realiza pesquisas de inovação desde 2000 utilizando os mesmos critérios da OCDE para permitir a comparabilidade internacional. Realizada a cada três anos, a Pesquisa de Inovação (Pintec), monitora inovações de produtos,

[29] SCHUMPETER, J. (1911). Teoria do desenvolvimento econômico (Die Theorie der Wirschaftlichen Entwicklung). São Paulo: Abril Cultural, 1982.

[30] TIGRE, Paulo (2014). Gestão da Inovação: a economia da tecnologia no Brasil. Editora Elsevier, 2ª edição.

processos e mudanças organizacionais. As informações coletadas abordam o comportamento inovador das empresas, os tipos de atividades empreendidas, os impactos percebidos e os incentivos e obstáculos à inovação. Seu corte setorial e regional permite diagnosticar oportunidades e desafios e informar políticas públicas e privadas de inovação como veremos adiante.

Cabe esclarecer desde pronto que o conceito de inovação não se refere necessariamente a coisas inéditas para o mundo ou para o país, mas apenas para a empresa ou organização que a adota. Um produto tecnologicamente novo é aquele cujas características fundamentais diferem significativamente de todos os produtos previamente produzidos pela empresa. Já as inovações de processos referem-se a formas de operação tecnologicamente novas ou substancialmente aprimoradas, obtidas pela introdução de novas tecnologias de produção, assim como de métodos novos ou substancialmente aprimorados de manuseio e entrega de produtos. As inovações organizacionais, por sua vez, referem-se a mudanças que ocorrem na estrutura gerencial da empresa, na forma de articulação entre suas diferentes áreas, na especialização dos trabalhadores, no relacionamento com fornecedores e clientes e nas formas de organização dos processos e modelos de negócios.

As políticas públicas exercem uma considerável influência na decisão de inovar. O Estado pode estimular a inovação no setor produtivo por meio de financiamentos e incentivos fiscais para inovação, pela criação de um clima favorável ao investimento, celebrando acordos internacionais de comércio e investimento e promovendo o desenvolvimento de capital humano e instituições de apoio.

Além de apoiar o investimento privado em inovação é preciso também inovar na gestão de serviços públicos. Problemas complexos relacionados à mobilidade urbana, segurança pública, infraestrutura logística, geração e distribuição de energia elétrica, entre outras, não conseguem ser resolvidos apenas com políticas tradicionais e exigem inovações tecnológicas e organizacionais que poupem recursos e aumentem a transparência, a qualidade e a produtividade do setor público. O Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) e a Escola Nacional de Serviços Públicos publicaram recentemente um livro[31] contendo novas abordagens e estratégias metodológicas para sistematizar o conhecimento acerca das teorias, tendências e casos de inovação de

[31] IPEA - Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas. Inovação no Setor Público: teoria, tendências e casos no Brasil. Organizadores: Pedro Cavalcanti, Marizaura Camões, Bruno Cunha e Willber Severo. Brasília: Enap: Ipea, 2017.

sucesso no governo federal brasileiro. O livro explora o desafio cada vez mais estratégico de construir uma cultura de inovação na administração pública brasileira.

A revolução tecnológica do século XXI

O desenvolvimento de uma economia cada vez mais intensiva em informações e conhecimentos se apoia no tripé digital formado pelo aumento da velocidade de processamento de dados, pela expansão da capacidade de armazenamento e pela crescente largura de banda. A combinação desses vetores vem possibilitando o desenvolvimento de inovações na qualidade, eficiência e escopo dos bens e serviços. A evolução tecnológica proporcionou uma queda contínua nos preços de equipamentos e *softwares* permitindo que profissionais independentes e micro e pequenas empresas ganhassem acesso a recursos que até pouco tempo eram exclusivos de grandes organizações. A geração de conteúdo se tornou mais descentralizada, abrindo oportunidades para novos empreendedores. Também aumentou a facilidade com que qualquer produtor independente acessa o mercado para seus produtos e serviços. No mundo físico, distribuir um produto pode exigir pesados investimentos em lojas e estoques, enquanto que por meio digital isso pode ser feito mais facilmente. Ferramentas de busca e filtragem de informações permitem que o consumidor encontre aquilo que deseja de forma mais rápida e precisa.

Atualmente o processo de transformação vem se acelerando em função da interligação de tecnologias que vinham se desenvolvendo há várias décadas de forma independente, mas que agora encontraram a sinergia necessária para promover inovações disruptivas em processos, produtos e modelos de negócios. Tais inovações estão abrindo espaço para aplicações ainda mais abrangentes das tecnologias da informação e da comunicação (TICs). Podemos destacar as tecnologias da Internet das Coisas (IoT), Inteligência Artificial (IA), *blockchain*, e plataformas tecnológicas na Internet pela magnitude de seus impactos existentes e potenciais para o Brasil.

A IoT permite que objetos como máquinas, veículos, equipamentos, dispositivos e outros objetos interajam e cooperem entre si utilizando sensores, atuadores e esquemas exclusivos de endereçamento. Tais tecnologias apresentam grande potencial para a otimização de rotinas, melhor gerenciamento de recursos, redução do consumo de energia e prestação de serviços remotos. Estima-se que quase tudo poderá ser conectado em redes. Objetos poderão se tornar autônomos e solicitar serviços. No Brasil

a IoT encontra grande potencial de aplicação na agricultura, indústria manufatureira, logística e serviços de coleta de dados, transmissão e análise de múltiplas variáveis.

A IA é outro vetor de inovações que oferece aos computadores a capacidade de aprender com os seres humanos sem serem explicitamente programados. Ela simula o raciocínio, monitora indicadores, toma decisões e resolve problemas. Embora venha sendo pesquisada há décadas, essa área do conhecimento foi recentemente impulsionada por inovações disruptivas em computação quântica que proporcionam mais recursos para lidar com grandes volumes de dados. Aplicações da IA estão apenas no início, mas prometem transformar a forma como os serviços são prestados.

O *blockchain* é uma tecnologia disruptiva com potencial de provocar uma revolução na forma como bens e serviços são autenticados e transacionados. Idealizado como um código aberto para dar suporte à moeda virtual *bitcoin*, o *blockchain* vem ganhando aplicações muito mais amplas. As "cadeias de blocos" constituem um sistema de escrituração que permite esclarecer e validar um registro ou uma transação. O registro gerado pelo *blockchain* é distribuído (ou "publicado") para milhares de computadores, não existindo um único banco, cartório ou entidade de fiscalização que seja dono de informações, garantindo mais transparência. A verificação da transação é feita com criptografia avançada, proporcionando segurança às aplicações. Tal tecnologia tem potencial para transformar a forma como as transações são feitas e monitoradas, reduzindo os custos e aumentando o controle de atividades públicas e privadas.

Cabe mencionar ainda o papel das redes sociais como plataformas habilitadoras de novos negócios e de inovações em serviços. Plataformas como Google, *Facebook*, Mercado Livre, *Airbnb*, Uber, entre outras, constituem a base tecnológica utilizada por milhares de empreendedores para oferecer produtos e serviços, testar inovações, encontrar parceiros de negócios e alcançar maior visibilidade no mercado. As TICs estão transformando a forma como os negócios são idealizados, formatados e operacionalizados, gerando oportunidades para empreendedores e, ao mesmo tempo, depreciando negócios estruturados de forma mais tradicional. Lojas físicas estão em declínio, pois é possível comprar bens e serviços online de forma mais prática e barata. Nos Estados Unidos, há mais de seis anos não se inicia a construção de um grande shopping center pois muitos negócios estão migrando para a Internet.

A difusão de tecnologias disruptivas na economia brasileira depende da capacidade de empresas especializadas em diferentes ramos da atividade econômica de oferecer soluções integradas que incorporem *hardware*, *software* e serviços de forma a dar suporte à inovação e reconfigurar modelos operacionais e de negócios. A capacidade de

entender as necessidades locais é crucial, pois nem sempre soluções genéricas oferecidas por empresas multinacionais atendem necessidades de customização. Isso abre possibilidades para empresas e centros de pesquisas locais com maior flexibilidade para desenvolver soluções específicas para os setores mais dinâmicos da economia brasileira. A capacidade de configurar pacotes reunindo componentes nacionais e importados, de forma a atender setores que apresentam particularidades institucionais, geográficas e estratégicas constitui o principal ativo a ser desenvolvido. O conhecimento do negócio e parceria com cliente são críticos para uma indústria que oferece bens não rivais cuja oferta é praticamente ilimitada.

Inovação tecnológica nas empresas brasileiras

A inovação está muito associada aos investimentos produtivos realizados por empresas e organizações. Quando uma empresa decide ampliar a produção por meio da compra de novos equipamentos ou da construção de uma nova planta, ela terá a oportunidade de incorporar as melhores tecnologias disponíveis. Já empresas cuja demanda se encontra estagnada terão menos oportunidades para inovar, pois darão prioridade para a ocupação da capacidade instalada. Em consequência, os países que mais crescem e investem no aumento produção são também os mais inovadores. Na China, por exemplo, os investimentos respondem por 40% do produto interno bruto (PIB) enquanto que o consumo representa os demais 60%. No Brasil, em contraste, os investimentos representam apenas 17% do PIB o que indica que equipamentos e processos produtivos são mantidos defasados por mais tempo. A própria taxa de crescimento do PIB é fundamental para estimular a inovação. Um crescimento acelerado impulsiona novos investimentos produtivos, permite o aumento das escalas de produção e estimula a adoção de tecnologias mais avançadas.

Os investimentos em inovação dependem diretamente da situação financeira das empresas. Diante de problemas de caixa, os gastos com inovação são os primeiros a serem cortados, pois são atividades de retorno financeiro incerto e de longo prazo. Isso explica, em parte, o comportamento da taxa de inovação no Brasil. Segundo a última Pintec (2017) referente a dados coletados em 2014, o percentual de empresas que introduziram algum tipo de inovação nos três anos anteriores à pesquisa, cresceu de 33% em 2000 para 39% em 2008 (um período de forte crescimento econômico), mas caíram para 35,9% em 2014 como reflexo da recessão industrial.

As empresas estão cada vez mais conscientes da necessidade de lançar novos produtos, adquirir *software* e equipamentos, aperfeiçoar processos produtivos e organizacionais, abrir novos mercados e obter novas fontes de suprimentos. A Pintec mostra que o principal objetivo dos esforços tecnológicos das empresas brasileiras é acompanhar a dinâmica competitiva por meio do lançamento de novos produtos, assim como pela adaptação de produtos existentes às necessidades do mercado local. Empresas exportadoras inovam buscando maior aderência às normas técnicas e aos padrões de qualidade internacionais. Já a demanda por tecnologias de processos e mudanças organizacionais reflete a necessidade de reduzir custos de produção, de buscar soluções para problemas ambientais e de promover o aumento da produtividade do trabalho.

No Brasil, a fonte de inovação considerada mais importante pelas empresas entrevistadas na Pintec é a aquisição de máquinas e equipamentos, que responde por cerca de 50% dos gastos empresariais com inovação. Entretanto, essa pode ser considerada a parte mais fácil, pois o maior desafio é utilizar eficientemente a tecnologia embutida em equipamentos, de forma a aumentar a produtividade e gerar inovações em produtos e processos. Convergentemente, a segunda fonte mais importante de inovação assinalada pelas empresas é o treinamento de pessoal. Este ranking permanece o mesmo desde a primeira pesquisa. A principal diferença encontrada na última edição da Pintec em relação às pesquisas anteriores foi o terceiro lugar atribuído à aquisição de *software*. Ferramentas de produtividade e processos codificados em programas de computador se tornaram fundamentais para a inovação. A computação em nuvem ampliou o acesso ao conhecimento, pois permite a utilização de aplicativos e serviços especializados a custos mais baixos. A nuvem permite compartilhar *softwares* e equipamentos de processamento e armazenamento de dados.

Observa-se o crescimento das fontes abertas de conhecimento como o *software* livre e a engenharia reversa. Sendo um bem não rival, a informação e o conhecimento podem ser compartilhados por inúmeros usuários sem perda de conteúdo. Empresas de pequeno e médio porte geralmente recorrem a fontes gratuitas de conhecimentos para obter informações e tecnologias. A difusão da banda larga e das redes de conhecimentos vem tornando o acesso a informações tecnológicas mais fáceis e rápidas, permitindo a troca de informações entre fornecedores, clientes, colaboradores, universidades e centros de informação e pesquisa. O processo de democratização do acesso ao conhecimento, entretanto, esbarra na baixa capacitação técnica de muitas empresas para decodificar e colocar em prática as informações disponíveis. Sem uma sólida base de conhecimentos, as informações não têm valor prático para as empresas e organizações. Por isso, a educação e o aprendizado contínuo cumprem um papel

fundamental para a inovação. Quanto mais livre o acesso a informações e mais capacitado o corpo funcional, maior será o potencial de disseminação do conhecimento.

Com relação às atividades internas de pesquisa e desenvolvimento (P&D) houve um aumento do investimento em P&D sobre a receita líquida de 0,6% em 2000 para 0,89% em 2014. Porém, os gastos com P&D interno estão cada vez mais concentrados em grandes empresas e instituições especializadas que respondem hoje por mais de 80% dos gastos totais em P&D no Brasil contra 75% em 2000. O país conta com algumas empresas de classe mundial como Embraer, Petrobras, WEG, Natura, TOTVS, entre outras, que se tornaram multinacionais e investem intensivamente em P&D. Por outro lado, a maioria das empresas não se encontra na fronteira tecnológica e prefere inovar utilizando tecnologias já disponíveis no mercado, mas que ainda não foram introduzidas no país. Os investimentos em P&D no Brasil representam 1,16% do PIB dos quais cerca de 60% são realizados em universidades e instituições públicas de pesquisa. Tal percentual é superior ao de outros países latino-americanos, mas inferior ao de países avançados que superam os 3%. Nesses países, os gastos privados em P&D superam os 70% do total, o que indica uma maior aplicação prática do P&D.

Outras fontes de inovação importantes para as empresas são a contratação de consultores externos, contratos com universidades e centros de P&D, participação em projetos conjuntos de pesquisa e contratos de transferência de tecnologia de produtos, processos, marcas e patentes, denominados genericamente de “tecnologias desincorporadas”. Observa-se, de um modo geral, que as empresas estão inovando de forma diferente, recorrendo cada vez mais a fontes externas de conhecimentos.

O acesso à tecnologia depende também da Tecnologia Industrial Básica (TIB) que inclui serviços de metrologia, qualidade, normas técnicas, sistemas de propriedade industrial e consultoria. As normas são voluntárias enquanto que os regulamentos são obrigatórios, atendendo a questões de segurança e interconectividade. A certificação por entidade independente comprova a adequação do produto e do processo aos parâmetros físicos e químicos convencionais. Laboratórios de metrologia buscam assegurar a confiabilidade e a credibilidade das medições efetuadas na produção, sendo essenciais para empresas exportadoras que atuam em mercados muito regulados e exigentes quanto a requisitos de qualidade, segurança e sustentabilidade.

Os setores industriais que apresentam as maiores taxas de inovação (nos quais mais de 60% das empresas introduziram algum tipo de inovação nos três anos anteriores à pesquisa do IBGE) são a fabricação de produtos intensivos em tecnologia como máquinas para escritório, componentes eletrônicos, aparelhos e equipamentos de

informática e de comunicações, equipamentos de instrumentação médico-hospitalares, instrumentos de precisão e ópticos e equipamentos para automação industrial. Em um nível intermediário estão os produtos farmacêuticos, máquinas e equipamentos, aparelhos e materiais elétricos e equipamentos de transporte, que apresentaram uma taxa de inovação em torno de 45%. Os setores que menos inovaram foram os de produtos de madeira; impressão e reprodução de gravações e; manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos, nos quais menos de 30% das empresas introduziram algum tipo de inovação no período analisado. Cabe lembrar que as estatísticas se referem a uma média setorial e que existem empresas inovadoras mesmo nos setores considerados mais tradicionais.

Com relação ao porte, o segmento que mais vem aumentando sua taxa de inovação é o das pequenas empresas. Equipamentos e serviços de TIC que estavam disponíveis apenas em grandes organizações passaram a ser acessíveis para as pequenas, devido à sistemática redução nos custos de *hardware* e *software*. Pequenas empresas atuando em redes ou cadeias produtivas são geralmente mais inovadoras que as empresas isoladas, pois têm acesso a recursos compartilhados em redes formais e informais de conhecimentos.

Quanto aos problemas e obstáculos enfrentados pelas empresas brasileiras para inovar, sobressaem-se os custos e riscos econômicos, a falta de pessoal qualificado, o acesso à informação e a disponibilidade de infraestrutura tecnológica. Mais de 80% das empresas industriais pesquisadas pela Pintec consideram que os riscos da inovação são excessivos e que envolvem custos elevados. A falta de pessoal qualificado vem a seguir, mas perdeu posições entre os obstáculos na última edição da pesquisa em função da recessão.

Destacam-se ainda como barreiras à inovação a escassez de fontes de financiamento, a rigidez organizacional e a falta de informações sobre tecnologias. Em razão de sua natureza intangível, as atividades de inovação encontram dificuldades de obter recursos no mercado, pois inovações são ativos intangíveis que não são aceitas como garantia real de um financiamento. A grande maioria precisa recorrer a recursos próprios ou buscar apoio em agências governamentais que aceitem financiar atividades inovativas de maior incerteza e risco. A última edição da Pintec revelou que os recursos próprios representam 84% das fontes de financiamento utilizadas pelas empresas para realizar atividades de inovação.

Em síntese, as necessidades da indústria brasileira são muito heterogêneas. Um número relativamente pequeno de empresas inovadoras precisa intensificar investimentos em P&D e adquirir tecnologias no “estado da arte" internacional, ao passo que para a

maioria inovar não requer necessariamente tecnologias avançadas. Diante do hiato tecnológico observado em relação à fronteira internacional, é possível inovar por meio da incorporação de tecnologias já disponíveis, seja por meio da compra de máquinas e equipamentos, do aprendizado contínuo ou da absorção de conhecimentos disponíveis na Internet. Para isso, entretanto, é necessário fomentar a capacitação dos trabalhadores, pois a informação só tem valor para alguém que possa compreendê-la e utilizá-la.

Políticas públicas para a inovação

No Brasil, as preocupações com o desenvolvimento científico e tecnológico deram origem, ainda nos anos 1950, às agências especializadas – ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e mais tarde à Financiadora de Estudos e Projetos (Finep). Elas tiveram como objetivo inicial o apoio à criação de uma infraestrutura científica e tecnológica e a formação de recursos humanos de alto nível. Nas décadas seguintes, os esforços começaram a se direcionar para o apoio à inovação na indústria, principalmente por meio da Lei de Informática e dos Fundos Setoriais. Mais recentemente as políticas públicas ganharam um corte mais horizontal por meio da "Lei do Bem" e de linhas de financiamento à inovação pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES).

Em termos quantitativos, o principal incentivo à inovação atualmente em vigor é a Lei de Informática (Lei 8.248/1991) que permite a redução do Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) em equipamentos produzidos no país. Em contrapartida, a Lei exige a realização do Processo Produtivo Básico (PPB) no país e investimentos mínimos de 4% do faturamento em atividades de P&D. Tal política está, em larga medida, voltada para a substituição das importações, exigindo que processos produtivos específicos, nem sempre os mais relevantes em termos econômicos e tecnológicos, sejam realizados no país. Os incentivos permitem que equipamentos de TIC sejam montados no país, mas a inovação nesse setor deixou de depender apenas do *hardware* para se apoiar principalmente em *software* e serviços. Tais segmentos, entretanto, não são diretamente contemplados pela Lei de Informática.

Os Fundos Setoriais de Ciência e Tecnologia, criados a partir de 1999, são outro importante instrumento de financiamento de projetos de pesquisa, desenvolvimento e inovação no País. Existem 16 fundos cujas receitas são oriundas de contribuições incidentes sobre o resultado da exploração de recursos naturais pertencentes à União,

da Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico (Cide) e renúncias fiscais de IPI. Os Fundos Setoriais são utilizados para realização e atividades de P&D e contratação de universidades e centros de pesquisas independentes.

A chamada "Lei do Bem" (Lei 11.196/2005) concede incentivos fiscais para a realização de atividades de P&D no país, incluindo pesquisa básica, pesquisa aplicada e desenvolvimento experimental. Ela é considerada um instrumento mais aderente às estratégias empresariais de P&D, pois procura não direcionar o tipo de inovação realizada, nem privilegiar setores específicos. Ela permite a dedução de 60% a 100% das despesas com inovação no Imposto de Renda de Pessoa Jurídica (IRPJ) e na Contribuição Social sobre Lucro Líquido (CSLL). Podem ser abatidas também a contratação de pesquisadores, a compra de máquinas e equipamentos nacionais destinados à P&D, as remessas ao exterior para pagamentos de registro e manutenção de marcas, patentes e cultivares. A política não procura alterar a percepção das empresas sobre os riscos e prioridades de inovação, pois constitui uma ação complementar sem potencial para alterar padrões e rotinas de inovação nas empresas.

Em 2014, o governo federal criou a Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial - Embrapii, uma Organização Social, regida por um contrato de gestão com os Ministérios da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações – MCTIC e com o Ministério da Educação - MEC. Baseada no modelo da fundação alemã Fraunhofer, a Embrapii aporta recursos não reembolsáveis para estimular a interação entre empresas e instituições credenciadas de pesquisas (ICTs), apoiando a realização de projetos conjuntos de P&D. Os projetos apoiados devem prever, além dos recursos oriundos da Embrapii, contrapartidas das empresas beneficiadas e das próprias ICTs. A contrapartida das empresas é necessariamente financeira e empregada diretamente na execução dos projetos contratados. A exigência de que a empresa aporte diretamente recursos financeiros ao projeto assegura seu interesse no direcionamento e utilização dos resultados. A principal vantagem do modelo é apoiar tanto a demanda quanto a oferta de inovação por meio de projetos conjuntos de P&D. Ao invés de conceder incentivos fiscais, o governo aporta diretamente recursos financeiros até o limite de 1/3 do valor do projeto de P&D.

Novos bens e serviços desenvolvidos com base nas novas tecnologias precisam ser projetados ou adaptados para as necessidades específicas dos usuários. Trata-se de uma relação muito diferente da prática histórica na qual os equipamentos eram projetados e produzidos em massa para depois buscarem mercado.

A Pintec mostra que as fontes externas de tecnologia estão ganhando força, indicando o aumento da demanda por serviços intensivos em conhecimentos prestados por empresas conhecidas como *knowledge intensive business services* (KIBS). Para essas empresas, tão importante quanto obter capacitação tecnológica é ter acesso ao mercado, ou seja, contar com uma base mínima de clientes fidelizados para desenvolver um relacionamento de longo prazo. Ao avaliar *startups*, investidores de risco geralmente estão mais interessados em saber quais clientes a empresa conquistou do que na tecnologia que elas desenvolveram.

Além dos incentivos e aportes financeiros à inovação, o Estado precisa criar legislações para regular a difusão de novas tecnologias. Muitos dos desafios colocados por inovações disruptivas, como a segurança da informação e a proteção de dados pessoais, já estão sendo tratados por legislações específicas (Marco Civil da Internet e Código de Defesa do Consumidor) ou são motivos de discussão legislativa, como os projetos para a criação de uma Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais. Como a tecnologia e as suas diferentes possibilidades de uso evoluem rapidamente, a imposição de padrões e regulamentações específicas é necessária, mas deve evitar criar restrições prejudiciais à emergência de novas aplicações. A tarefa de conectar bilhões de pessoas e dispositivos é muito complexa, sendo necessário o estímulo à adoção de padrões abertos, tanto em termos de conectividade de dispositivos quanto de redes, por meio do qual se avança rumo à interoperabilidade global, que é a habilidade das “coisas” se comunicarem entre si de maneira concisa e eficiente.

Em resumo, os mecanismos de apoio à Ciência e Tecnologia (C&T) no Brasil são variados, mas aplicados de forma relativamente isolada, privilegiando setores, tecnologias ou etapas do processo inovativo consideradas mais importantes pelas agências governamentais. Falta uma maior articulação, por exemplo, com as políticas sociais, ambientais e de comércio exterior. Uma política baseada em missões poderia contribuir para uma visão mais sistêmica da inovação, reunindo diferentes atores em prol de objetivos comuns, como veremos na próxima seção. Cabe lembrar que a inovação não deve ser vista como um fim em si mesma, mas sim um meio para alcançar outros objetivos de natureza econômica, social e ambiental.

Conclusões

Ao longo das últimas cinco décadas, o Brasil desenvolveu políticas de inovação orientadas para diferentes setores e tecnologias como informática, telecomunicações,

química fina, aeroespacial, energia nuclear, biomassa, petróleo e gás, agricultura, bens de capital etc. Porém, grande parte desses esforços não produziram resultados práticos em termos de aumento da competitividade internacional. De um modo geral, faltou foco nas políticas públicas para direcioná-las a objetivos que pudessem aglutinar atores econômicos e instituições de ensino e pesquisa em torno de missões e projetos consistentes com as necessidades nacionais. Levando em conta a experiência internacional e brasileira, acreditamos que para avançar a inovação deveriam ser priorizadas três modalidades de ação:

1) Estimular a inovação no setor produtivo dando prioridade a atividades inovativas com maior potencial competitivo.

Investimentos públicos devem contar com a coparticipação de empresas inovadoras, de forma a assegurar sua aplicação prática. Apenas apoiar o desenvolvimento de tecnologias promissoras é gerar soluções em busca de problemas. Melhor seria inverter a lógica para desenhar soluções para problemas reais defrontados por empresas e organizações. Conhecer as necessidades tecnológicas das empresas deve constituir uma atividade permanente, assim como o monitoramento da difusão de inovações. Tais necessidades não são necessariamente de alta tecnologia, pois podem simplesmente envolver a adoção de melhores práticas produtivas que já se encontram disponíveis.

O Brasil é reconhecidamente forte em indústrias cuja competitividade se assenta na disponibilidade de recursos naturais como, por exemplo, celulose e papel, siderurgia básica, alimentos processados (sobretudo carnes), petróleo, agricultura e mineração. Na maioria dos casos, tais setores são produtores de commodities relativamente indiferenciadas e, portanto, consideradas atividades de baixo valor adicionado. Entretanto, a cadeia produtiva industrial, agrícola e mineral vem se sofisticando com o uso de técnicas e processos intensivos em tecnologia e não se pode mais afirmar que tais setores prescindem de inovações avançadas. Por exemplo, a biotecnologia molecular passou a ser essencial para a produção de sementes e defensivos, enquanto que as tecnologias da informação e da comunicação são imprescindíveis para o aumento da competitividade em todos os setores.

As cadeias produtivas dos setores agropecuário, mineral, industrial e de serviços abrem muitas oportunidades para atrair fornecedores de soluções inovadoras que precisam ser desenvolvidas e adaptadas ao contexto nacional. Isso inclui a infraestrutura tecnológica, desenvolvimento e operação de redes de comunicação, Internet das Coisas, máquinas e equipamentos especializados, além de *software* e serviços tecnológicos utilizando inteligência artificial. Muitas *startups* estão surgindo trazendo soluções para a produção,

logística e distribuição, contribuindo assim para o aumento da qualidade e produtividade. Apoiar a interação entre usuários e fornecedores de tecnologia tem a vantagem de canalizar recursos e esforços tecnológicos para problemas concretos defrontados por agentes econômicos.

2) Fortalecer a educação básica e tecnológica como também instituições de ensino e pesquisa além de promover sua articulação com o setor produtivo.

As limitações do Brasil na área da educação pública e privada são bem conhecidas, fato que inibe o aprendizado tecnológico e a inovação. O Programa Internacional de Avaliação de Alunos (Pisa), considerado o mais importante exame educacional do mundo, elaborado a cada três anos pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) com o intuito de aferir a qualidade, equidade e eficiência dos sistemas escolares, tem colocado os alunos brasileiros nas últimas posições do ranking. Nas três áreas avaliadas, ciências, leitura e matemática, os estudantes brasileiros apresentaram um desempenho abaixo da média da OCDE. No ensino superior, além das críticas sobre a qualidade e a adequação dos currículos às necessidades do setor produtivo, existem muitas carências quantitativas na área de C&T. Estima-se que o déficit de engenheiros e especialistas em TIC no Brasil seja de 200 mil profissionais, mas isso varia de acordo com a conjuntura econômica.

Políticas públicas para fortalecer a educação básica e técnica, aproximando-as do setor produtivo constitui um dos passos fundamentais para o avanço da inovação no país. Vários são os instrumentos disponíveis para apoiar as instituições de ensino e pesquisa e promover uma maior articulação com o setor produtivo, incluindo a criação de cursos específicos em nível técnico, graduação e pós-graduação; fundos e linhas de financiamento à pesquisa universitária em áreas de interesse social e econômico; programas de qualificação de professores; introdução de novas tecnologias na educação; inserção de pesquisadores na indústria; intercâmbio científico e apoio à participação de estudantes em redes de pesquisas. Algumas dessas políticas já estão em curso, mas é preciso ampliá-las e direcioná-las para melhor atender às missões e desafios nacionais.

As TIC ampliaram muito o acesso a informações técnicas e científicas pelos estudantes, exigindo a reformulação de métodos pedagógicos. Ao invés de apresentar conteúdos considerados de interesse dos alunos, professores precisam ensiná-los a buscar e compreender informações na Internet. O aprendizado cognitivo é considerado um processo contínuo que não se limita ao período escolar e universitário, mas que

prossegue ao longo de toda a vida profissional. “Ensinar a aprender” é hoje o grande desafio defrontado pelos educadores.

3) Políticas orientadas a missões

As missões constituem uma maneira objetiva de pensar as interações dinâmicas entre políticas horizontais (por exemplo, educação, capacitação tecnológica, pesquisa e inovação) e verticais (saúde, meio ambiente, energia etc.). Em vez de usar políticas verticais para selecionar setores ou tecnologias, as missões deverão escolher problemas.

Políticas orientadas para missões contribuem não só para dar maior foco e direcionamento aos esforços de P&D e inovação como também para motivar e mobilizar os agentes que efetivamente irão implementá-las. Ações públicas sistemáticas visando aproveitar oportunidades tecnológicas para buscar soluções aos grandes desafios da economia e da sociedade brasileira e para promover a equidade e a sustentabilidade podem representar um elemento catalizador para mobilizar a ciência e tecnologia brasileira.

As missões podem ter diferentes objetivos e sua definição precisa envolver diferentes atores. Elas não precisam ser exclusivamente nacionais, pois requerem parcerias e colaborações externas. Devem envolver também todos os níveis de governo e não apenas as instituições voltadas para C&T. Mazzucato (2018) aponta cinco critérios para definição de missões:

i. Ter **relevância social** abrangente, visando inspirar atores e influenciar a vida das pessoas. As missões devem abordar os grandes problemas nacionais apontados em pesquisas recentes como segurança pública, saúde, educação, habitação e transportes.

ii. Apresentar **direção clara**, com metas quantificáveis e verificáveis e com etapas e prazos definidos. Os prazos devem ser longos o suficiente para permitir a evolução do processo, para dar tempo aos atores construírem relações e interagirem, e para incluir novos projetos na medida em que os resultados evoluem. Sem metas e prazos específicos não é possível avaliar e medir o progresso dos projetos.

iii. Ter **metas ambiciosas, mas factíveis**. Missões envolvem riscos e o estabelecimento de objetivos ambiciosos pode desafiar pesquisadores e empresários a entrarem em projetos que normalmente não seriam realizados de

forma natural. O risco deve ser calculado de forma realista, tendo em vista os recursos e capacitações mobilizadas dentro do período de tempo determinado.

iv. Ser **multidisciplinar, multissetorial e multiagente**, de forma a ampliar a gama de opções técnicas e estimular o setor privado a investir. Missões devem ser estruturadas de forma a mobilizar múltiplas disciplinas (incluindo ciências humanas e sociais), abranger diferentes setores econômicos (incluindo indústria manufatureira, agricultura e serviços) e tipos de atores (público, privado, terceiro setor e organizações sociais)

v. Ser estabelecida de **baixo para cima** (*botton-up*). Missões não devem seguir um único caminho ou tecnologia, mas estar abertas para testar diferentes tipos de soluções. Para isso, precisa se apoiar em um portfólio de projetos e experiências trazidas por empresas, organizações e instituições de pesquisa.

Um exemplo de missão bem-sucedida foi o projeto Apolo para levar (e trazer de volta) astronautas para a Lua. A missão mobilizou numerosos agentes econômicos e instituições de ensino e pesquisa sob a coordenação da NASA e produziu não apenas *spinoffs* econômicos, mas também projetou a imagem dos Estados Unidos como principal superpotência tecnológica global. No Brasil, o caso da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) para produção de soja no cerrado e o programa de exploração de petróleo em águas profundas são exemplos de missões bem-sucedidas, como exemplifica o box a seguir.

Desenvolvimento de tecnologias de exploração de petróleo *offshore*.

Um exemplo de missão bem-sucedida no Brasil foi o desenvolvimento da tecnologia de exploração de petróleo em águas profundas. Nos anos 1970 a crise do petróleo levou o país a um colapso na balança de pagamentos, pois se importava quase 80% do combustível consumido internamente. A descoberta de novos poços de petróleo em terra no Brasil havia fracassado, mas estudos geológicos mostravam que havia grande potencial no mar. Entretanto, a tecnologia disponível internacionalmente não estava suficientemente desenvolvida para sua exploração, pois os campos petrolíferos *offshore* no Golfo do México e no Mar do Norte situavam-se em águas relativamente rasas. Nos anos 1980 iniciou-se uma missão apoiada não só nos esforços de P&D da Petrobras que criou um grande centro de P&D (Centro de Pesquisas da Petrobras - Cenpes), mas também na constituição de uma ampla rede de empresas nacionais e estrangeiras, universidades e centros de pesquisas, alimentadas por incentivos fiscais e políticas públicas para a capacitação de recursos humanos. O Programa de Capacitação em Águas Profundas (Procap), em suas diferentes fases, foi o eixo organizador dos esforços para capacitar o país para produzir petróleo e gás natural em águas profundas e ultra profundas.

O programa introduziu mudanças importantes na forma de organizar o processo de inovação no país permitindo a articulação de múltiplos projetos por meio de programas envolvendo diferentes tecnologias. A estratégia buscava absorver e dominar tecnologias de forma cooperativa e compartilhá-las com fabricantes locais. Os sucessivos programas (Procap 1000, 2000 e 3000) executados nas décadas de 1980, 1990 e 2000 permitiram que o Brasil desenvolvesse uma tecnologia inédita de exploração em águas profundas que resultou na autossuficiência nacional em petróleo.

PARTE 4 - PROGRAMAS DE SUPORTE À INDÚSTRIA 4.0:

EXPERIÊNCIAS INTERNACIONAIS

4.1. Políticas e estratégias nacionais face à nova revolução produtiva[32]

Introdução

Segundo a OCDE, no trabalho intitulado "The next production revolution: key issues and policy proposals", de autoria de Alistair Nolan (diretor da OCDE para Ciência, Inovação e Tecnologia) está sendo colocada em marcha uma nova revolução produtiva a partir da combinação de transformações tecnológicas em um conjunto amplo de áreas, materializadas em três grandes dimensões: digitalização, novos materiais e novos processos.

Diferentemente do que muitos imaginam, não é em um futuro longínquo que sentiremos os efeitos dessa revolução, mas em um horizonte muito mais curto. A OCDE estima que a maior parte dos impactos ocorrerá entre 10 e 15 anos. Ou seja, um novo mundo bate à nossa porta.

Os conceitos de Manufatura Avançada ou Indústria 4.0 são tratados por Nolan como consequência de um agudo processo de digitalização da produção, tendo por base tecnologias como a impressão em 3D (cujas projeções apontam para um crescimento de mercado de 20% a.a. até 2020), robótica avançada e internet das coisas (IoT).

Destacam-se também a incorporação de novos materiais, sobretudo, a partir dos avanços na biotecnologia e na nanotecnologia, e de novos processos construídos a partir da utilização de Inteligência Artificial e da gestão baseada na análise crítica de uma enorme quantidade de dados (Big Data).

Um aspecto importante destacado pela OCDE é que seus países, que estão entre os mais desenvolvidos e industrializados do mundo, não estão assistindo de braços cruzados o surgimento dessa nova revolução produtiva. Ao contrário, têm direcionado esforços para fomentar o desenvolvimento das tecnologias que estão no centro da revolução, de forma a aumentar a produtividade e a competitividade internacional de sua estrutura produtiva e, assim, viabilizar o crescimento de longo prazo de suas economias.

Dentre essas principais iniciativas são citadas a Plattform Industrie 4.0 da Alemanha, o Manufacturing USA dos Estados Unidos e a Japan´s Robot Strategy do Japão. Mas é

[32] Trabalho divulgado como Análise IEDI em 28/9/2017: "Políticas para a Nova Revolução Produtiva, segundo a OCDE". Disponível em: https://iedi.org.br/artigos/top/analise/analise_iedi_20170928_politica_industrial.html

importante que fique claro que não são apenas os países ricos que se preparam para as transformações que se avizinham, o mesmo é feito pelos emergentes com pretensões de manter sua posição na indústria mundial, a exemplo da China com seu programa Made in China 2025.

Como as tecnologias que viabilizarão a nova revolução produtiva são bastante transversais, ou seja, integram etapas dos processos produtivos de inúmeros e distintos setores, para sua aceleração ou mesmo viabilização, é necessária a superação de diversos desafios na formulação de políticas públicas, principalmente na questão regulatória.

De maneira geral, as políticas públicas de apoio à revolução produtiva deverão criar um ambiente de incentivo de longo prazo aos esforços colaborativos de P&D, viabilizar a formação de capital humano qualificado, estabelecer um marco regulatório adequado à segurança dos diversos agentes do sistema e utilizar incentivos e o poder de compra do Estado para fomentar o desenvolvimento e a difusão das tecnologias-chaves.

Como são esperados elevados impactos na reorganização das cadeias globais de produção, uma vez que a digitalização e a robotização podem reduzir sistematicamente os custos da produção manufatureira, novos desafios serão colocados à competitividade dos países em desenvolvimento.

Por essa razão, países como o Brasil devem assumir uma postura ativa de modo a não ficar para trás das transformações que já estão em processo. A fim de se manterem competitivos, a OCDE sugere que as políticas públicas em economias emergentes devam também incentivar a absorção das novas tecnologias em seus parques produtivos como forma de complementar os demais diferenciais de custos locais, como os baixos salários.

Vale lembrar, entretanto, que quanto mais complexas as tecnologias, mais a capacidade de absorção depende fundamentalmente do desenvolvimento de capacitações prévias – dentro das firmas e na estrutura de capital humano disponível – e do esforço contínuo em atividades de P&D. É neste sentido que não há tempo a se perder, ainda mais para aqueles países que, como o Brasil, se distanciaram de muitas das fronteiras tecnológicas nas últimas décadas.

A nova revolução produtiva

Segundo a OCDE, em seu trabalho intitulado The next production revolution: key issues and policy proposals, de autoria de Alistair Nolan, diretor da OCDE para Ciência, Inovação e Tecnologia (estudo que faz parte de uma extensa publicação sobre o tema: The Next Production Revolution – Implications for Governments and Business), a nova revolução produtiva será resultado da combinação de um conjunto de tecnologias que afetará de maneira substancial as características da indústria mundial em um horizonte de 10 a 15 anos.

Em consequência, tais transformações influenciarão inúmeras outras dimensões da economia como emprego, distribuição de renda, produtividade, comércio internacional, cadeias globais de produção, habilidades e conhecimentos, bem-estar e meio ambiente.

As principais transformações viabilizadoras desta revolução estendem-se por um conjunto de tecnologias com caráter altamente transversal, ou seja, potencialmente presentes em um número elevado de etapas dos processos produtivos de diversos setores. São elas: inteligência artificial, impressão em 3D, robótica avançada, internet das coisas (IoT), big data, desenvolvimento de novos materiais, avanços na nanotecnologia, na biotecnologia e na manipulação genética, entre outros. Ou seja, a próxima revolução na produção concentra-se em um conjunto de áreas muito amplas, indo além, inclusive, daquelas relacionadas ao estabelecimento da Manufatura Avançada, ou Indústria 4.0.

Sendo assim, espera-se que a sinergia no desenvolvimento destas tecnologias e sua incorporação nas estruturas produtivas tenham impactos bastante positivos no incremento da produtividade. Uma vez que este é compreendido como o determinante de longo prazo do crescimento econômico, diversos países, principalmente os pertencentes à OCDE, destacam a centralidade do fomento à nova revolução produtiva como instrumento para a superação de seus desafios internos, dentre os quais a relativa estagnação econômica, a persistência de elevadas taxas desemprego e a redução sistemática da capacidade produtiva manufatureira, decorrente de seu deslocamento em direção aos países asiáticos.

Neste sentido, o relatório da OCDE apresenta vários estudos que mostram que a adoção destas novas tecnologias pode incrementar a produtividade de diversas maneiras como a redução de erros nos processos de produção e o aumento da eficiência nas atividades de montagem (via utilização de robôs industriais e de sistemas inteligentes), a otimização dos processos de design e de prototipagem (via digitalização), a maior

eficiência nas decisões estratégicas (via utilização processos baseados em big data), entre outras. Nesta mesma linha, o relatório sugere uma redução de 18% dos custos industriais de empresas cujos processos utilizam internet das coisas (IoT).

Entretanto, a OCDE ressalta que são esperados impactos importantes na redução de empregos industriais em atividades passíveis de serem automatizadas, notadamente aquelas mais rotineiras e menos intensivas em inteligência criativa e social. Tal fato, por sua vez, poderia trazer novos desafios no que diz respeito à concentração de renda dado que a eliminação destas tarefas ocorreria em paralelo a um crescimento menos que proporcional de empregos em atividades de serviços de alto valor agregado.

Ilustrando tal preocupação o relatório cita que nos EUA apenas 0,5% dos trabalhadores encontram-se atualmente alocados em setores baseados em tecnologias criadas nos anos 2000. Ou seja, apesar dos esperados efeitos positivos de longo prazo da nova revolução produtiva o período de ajustamento traz desafios também com relação a seus impactos no mercado de trabalho, principalmente para empregos de salário de nível médio.

O trabalho da OCDE também descreve as principais características das tecnologias que envolvem a nova revolução produtiva e ilustra alguns de seus atuais avanços. Na área de digitalização, por exemplo, mostra que o Big Data (termo que se refere à geração de volume substancial de dados por meio de processos estruturados e não estruturados, dados estes que são acessados, processados e analisados em grande velocidade) combinado com as estratégias de armazenamento, gestão e utilização de ferramentas de TI nas nuvens (cloud computing) e as estratégias de sensorização de utensílios e integração destes à internet (internet das coisas, IoT) pode transformar os processos de gestão, produção e distribuição industriais, entre outros.

Estas transformações seriam potencializadas a partir da sinergia destas tecnologias com os avanços em inteligência artificial – que permitiria, entre outros avanços, o aprendizado das máquinas de acordo com as contingências dos processos produtivos e decisórios –, a robotização e a utilização de impressão em 3D.

A revolução se complementaria, prossegue o relatório, na medida em que os avanços em biotecnologia e nanotecnologia permitissem a criação de novos materiais. Ao serem em geral mais resistentes, mais leves, com propriedades que seriam adaptáveis aos produtos e processos nos quais se inserem, os novos materiais tornariam possível uma infinidade de reconfigurações de produtos e processos. Apenas como ilustração dos efeitos (ainda bastante iniciais) da nova revolução na produção, a OCDE cita dentre muitas outras possibilidades:

- A substituição de semicondutores de silício por outros substratos, permitindo assim incrementar exponencialmente a capacidade de processamento dos utensílios eletrônicos e o desenvolvimento de novas e mais poderosas soluções de software.

- A redefinição das escalas de produção necessárias para o estabelecimento de uma unidade produtiva comercialmente viável em determinados setores a partir da introdução de técnicas de manufatura baseadas em impressão em 3D.

- O desenvolvimento de novos materiais capazes de potencializar a capacidade de armazenamento das baterias (transformação fundamental para os setores de eletrônica, equipamentos elétricos e automobilística).

- A utilização de utensílios em nano escala para diagnósticos e terapias médicas.

- A viabilização comercial de bio-refinarias, capazes de transformar biomassa em produtos comercializáveis (alimentos, produtos químicos etc) e energia (combustíveis, energia, calor).

Não obstante a grande potencialidade de impactos positivos, como os listados anteriormente, a consolidação da nova revolução produtiva exige esforços importantes de políticas públicas que fomentem um ambiente de aprendizado cooperativo entre governo, empresas, universidades e institutos de pesquisa.

De maneira geral estas políticas deverão contemplar os seguintes objetivos:

- Incentivar esforços de P&D multidisciplinares de longo prazo em um ambiente colaborativo entre empresas, universidades e institutos de pesquisa.

- Impulsionar a formação de recursos humanos qualificados principalmente em áreas de ciência, tecnologia, engenharia e matemática.

- Estabelecer marcos regulatórios adequados à segurança dos diversos agentes do sistema (consumidores, desenvolvedores de tecnologias, empresas), seja com relação ao acesso às informações quanto ao retorno dos investimentos.

- Utilizar incentivos e o poder de compra pública para fomentar a difusão das tecnologias em áreas com retornos sociais maiores que retornos privados (como aquelas voltadas à bioeconomia, por exemplo).

As ações de políticas públicas diante da nova revolução produtiva

A partir da percepção dos desafios colocados pela revolução produtiva em gestação, diversos países têm organizado iniciativas a fim de incrementarem sua competitividade.

De maneira geral os países da OCDE têm se defrontado com problemas internos associados ao baixo crescimento econômico, à redução da competitividade das empresas locais perante concorrentes em outras partes do globo (principalmente asiáticas), taxas de desemprego persistentes e redução sistemática dos empregos manufatureiros. Como resultado destes desafios, em alguns destes países, principalmente nos EUA, tem-se observado um aumento da concentração de renda em prol de ocupações relacionadas a serviços de alta intensidade tecnológica em detrimento das tradicionais ocupações rotineiras de chão de fábrica.

Além dos importantes impactos sociais deste problema, a transferência das atividades produtivas para o exterior tem sido compreendida cada vez mais nestes países como um dos fatores para o baixo crescimento da renda e do investimento.

É em reação a este quadro que surgiram iniciativas como a Plattform Industrie 4.0 da Alemanha, a Japan´s Robot Strategy, o Manufacturing USA, entre outros. Apesar de suas especificidades, de maneira geral todas estas iniciativas têm como objetivo central incrementar a competitividade local em um cenário de revolução produtiva.

Neste sentido, as políticas públicas alemãs têm como driver principal de ação promover a digitalização, incorporando sistemas embarcados em máquinas e equipamentos de modo a criar fábricas inteligentes. De maneira similar, as políticas públicas japonesas têm como eixos centrais da transformação industrial a robotização e a incorporação da inteligência artificial nos processos.

Também merece destaque a iniciativa dos EUA de estabelecer uma extensa rede de 14 institutos de manufatura avançada financiados primordialmente pelos Departamentos de Defesa (8 institutos) e de Estado (5 institutos).

Neste último caso, os referidos institutos recebem individualmente e apenas do Governo Federal recursos entre US$ 70 milhões e US$ 120 milhões para um horizonte de atuação de cinco anos. Esses repasses são condicionados a contrapartidas de empresas, universidades e entidades governamentais estaduais que totalizam, no mínimo, montantes de igual valor daqueles repassados pelo Governo Federal.

Desse modo, conseguem atuar em um amplo leque de tecnologias essenciais para a viabilização da nova revolução produtiva, como aquelas relacionadas à digitalização, à manufatura em 3D, à robotização, à utilização de tecnologias redutoras de emissões, etc. A partir da busca de interação entre empresas, governo e universidades, tais institutos têm o objetivo de serem os vetores do desenvolvimento e da adoção de um conjunto de tecnologias que são vistas como responsáveis por reafirmar a competitividade industrial americana no mundo.

As políticas na China e em economias emergentes

Em paralelo a estas iniciativas de países desenvolvidos, o relatório da OCDE também destaca as diretrizes da política pública chinesa no sentido de garantir a sustentabilidade de sua competitividade industrial em escala global. Por meio de um esforço de planejamento estratégico do qual fazem parte importantes programas como o Made in China 2025 e o Internet Plus estruturam-se um conjunto de ações que se estendem em áreas com o forte incentivo à robotização, ao avanço no desenvolvimento da internet das coisas (IoT), entre outras.

Com relação à primeira área, potencializada por programas como Robots Replace Humans a China já se tornou, em 2013, o maior mercado mundial para robôs industriais, com a expectativa de ter atingido 428 mil unidades destes em operação em 2017. Com relação à área de internet das coisas (bem como cloud computing e big data), vislumbram-se inúmeros avanços tecnológicos em diversos programas desenvolvidos pelas três gigantes chinesas do setor de tecnologia de informação e comunicação: Baidu, Alibaba e Tencent.

Esses esforços, por sua vez, têm como objetivo preparar a estrutura produtiva chinesa para transitar de uma inserção nas redes globais baseada na produção a baixo custo para uma outra inserção alicerçada em atividades de alto valor agregado. O motivo disso é que se espera que setores nos quais a China apresenta elevada competitividade global, como em equipamentos eletrônicos e elétricos, por exemplo, sejam completamente transformados pela revolução produtiva em curso.

Adicionalmente, com o avanço nas técnicas de manufatura avançada em atividades rotineiras, admite-se que as vantagens de custo associadas a baixos salários sejam cada vez menos importantes para determinar a localização da manufatura.

Entretanto, a OCDE destaca que, apesar destes esforços por parte da China, a incorporação das transformações tecnológicas em curso nas estruturas produtivas domésticas traz importantes desafios para os países em desenvolvimento. Esses desafios referem-se fundamentalmente à baixa capacidade de absorção das tecnologias complexas por parte de agentes locais devido aos seguintes aspectos:

- À dificuldade de se financiar investimentos que viabilizem a incorporação destas tecnologias a um parque manufatureiro já estabelecido.

- À debilidade das infraestruturas de TIC e de energia elétrica disponíveis.

- À menor disponibilidade de capital humano apto da utilizar e desenvolver tais tecnologias.

Eis aqui, então, áreas centrais em que a adoção de políticas públicas pode e deve se concentrar para que a nova revolução produtiva também seja uma realidade em países emergentes, com todas as suas potencialidades na promoção da produtividade e da competitividade de suas estruturas produtivas, notadamente de seus parques industriais.

4.2. A iniciativa Indústria 4.0 na Alemanha: Política Industrial para o Futuro[33]

Introdução

Este capítulo procura apresentar os pontos centrais do projeto alemão para a Indústria 4.0. Para isso, recorreu ao documento "Industrie 4.0: Smart manufacturing for the future", publicado em 2014 pela Agência Alemã de Investimento e Comércio (GTAI, na sigla em alemão), que traz o ponto de vista tanto do governo alemão como das principais empresas industriais participantes da iniciativa.

Além deste documento-base dois outros estudos foram analisados pelo IEDI. O primeiro trata-se de um artigo do professor Daniel Burh da Universidade Eberhard Karls, de Tübingen, intitulado "Social Innovation Policy for Industry 4.0" e publicado em 2015. Nele, o autor defende que a Indústria 4.0 trata-se não apenas de uma inovação tecnológica, mas também social, dadas as novas competências requeridas e transformações da esfera do trabalho.

Já o segundo artigo, intitulado "The Challenges of Industry 4.0 for Small and Medium-sized Enterprises", de autoria do pesquisador Christian Schröder, do Institut für Mittelstandsforschung, publicado em 2016, analisa a difusão da Indústria 4.0, apontando os obstáculos e desafios para pequenas e médias empresas alemãs, que compõem boa parte do sistema industrial alemão.

Indústria 4.0 é uma iniciativa estratégica, lançada pelo governo alemão em parceira com a academia e a indústria, para o país assumir um papel pioneiro na produção e utilização de tecnologia de informação industrial, que promete revolucionar a produção industrial, e assim manter sua competitividade industrial. De forma simplificada, Indústria 4.0 é também sinônimo da quarta revolução industrial, viabilizada pela evolução tecnológica de sistemas integrados para os sistemas ciber-físicos (CPS, na sigla em inglês), que permite a crescente digitalização dos processos da indústria de transformação.

De acordo com o GTAI, o mundo atual foi moldado por três importantes revoluções tecnológicas. A primeira revolução industrial iniciada na Grã-Bretanha no final do século XVIII e concluída em meados do século XIX representou uma mudança radical de uma

[33] Trabalho divulgado como Carta IEDI n. 807. Disponível em https://iedi.org.br/cartas/carta_iedi_n_807.html

economia agrária para uma economia definida pela introdução de métodos de produção mecânica. O segundo período de transformação radical, no limiar do século XX, foi marcado pelo nascimento da fábrica e pelo advento da produção industrial de produtos em massa acessíveis para consumo. No final dos anos 1960, o uso de eletrônicos e de tecnologia de informação no processo industrial abriu a porta para uma nova era de produção automatizada.

Hoje o mundo estaria à beira de uma quarta revolução industrial, que promete unir o mundo da produção com as redes de conectividade em uma "internet das coisas, dos dados e dos serviços", tornando possível uma produção manufatureira, descentralizada, autônoma, e em tempo real. A Indústria Inteligente ou Indústria 4.0 representaria, portanto, uma mudança de paradigma de uma produção centralizada para uma produção descentralizada, na qual a comunicação semântica de máquina para máquina revolucionaria as fábricas. O maquinário de produção industrial não mais simplesmente processa os produtos. Esses últimos com memória digitada integrada se comunicam com as máquinas e guiam os fluxos de trabalho flexível nas fábricas inteligentes, de modo que a produção, mesmo em pequeno volume, seja realizada do modo mais eficiente e rentável possível. Ao conectar tecnologias de sistemas integrados de produção e processos de produção inteligentes, a Indústria 4.0 abre o caminho para uma nova era tecnológica, a qual irá transformar radicalmente a indústria, as cadeias de produção de valor e os modelos de negócios.

Da Indústria 1.0 à Indústria 4.0

Extraído de GTAI, 2014, p. 7.

Na visão do governo e dos empresários industriais alemães, a Alemanha reúne as condições necessárias para liderar essa quarta revolução industrial, em razão do papel contínuo da indústria de transformação alemã como uma das mais competitivas e inovadoras do mundo e da liderança tecnológica do país em pesquisa e desenvolvimento de sistemas integrados na produção industrial.

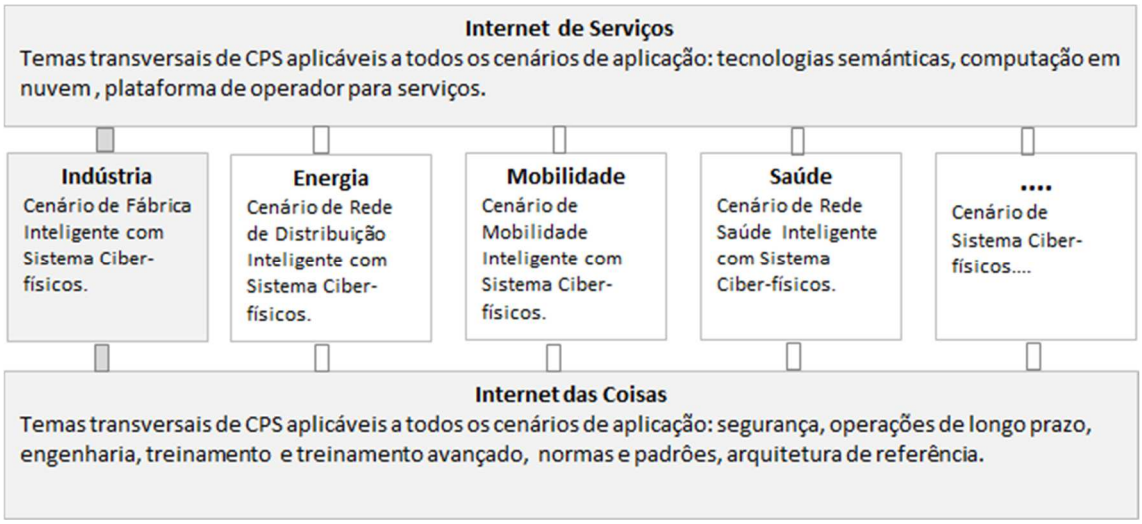
De acordo com o GTAI, a posição de liderança internacional da Alemanha em sistemas integrados, em soluções de segurança e em *software* empresarial, aliada a uma invejável reputação de engenharia em questões relacionadas a soluções de sistemas, tecnologias semânticas e *know-how* de sistemas integrados, tornou possível que o país assumisse um papel pioneiro no desenvolvimento de sistema ciber-físico (CPS). Essas tecnologias, que permitem combinar o virtual e o físico para criar um mundo verdadeiramente em rede, no qual os objetos inteligentes se comunicam e interagem uns com os outros, representam o próximo passo evolutivo dos sistemas integrados existentes.

Os sistemas ciber-físicos fornecem a base para a criação da Internet das Coisas, a qual combinada com a Internet dos Dados e dos Serviços torna possível a Indústria 4.0. São essas "tecnologias habilitadoras" que tornam as múltiplas aplicações e processos inovadores uma realidade à medida que as fronteiras entre os mundos real e virtual desaparecem. Composto por máquinas inteligentes, sistemas logísticos e instalações de produção, o sistema de produção CPS permite integração baseada em tecnologia de informação e comunicação para a produção industrial, verticalmente integrada e em rede.

Os sistemas ciber-físicos representam igualmente uma quebra de paradigma dos modelos existentes de negócios e de mercado, já que as novas aplicações revolucionárias, prestadores de serviços e cadeias de valor tornam-se possíveis. Os setores industriais, incluindo a indústria automotiva, a economia de energia e, pelo menos, a tecnologia de produção, por exemplo, serão transformados por esses novos modelos de cadeia de valor.

As megatendências mundiais de globalização, urbanização, mudança demográfica e a transformação energética são as forças transformadoras que geram o impulso tecnológico para identificar soluções para um mundo em transformação. Porém, o documento do GTAI ressalta que no futuro, os sistemas ciber-físicos contribuirão para a segurança, eficiência, conforto e saúde da humanidade de modos não imagináveis anteriormente. Ao fazê-lo, eles desempenharão uma parte central no enfrentamento dos desafios fundamentais que representam as mudanças demográficas, a escassez de recursos naturais, a mobilidade sustentável e a mudança energética.

Relevância da Internet no Futuro



Extraído de GTAI, 2014, p.9.

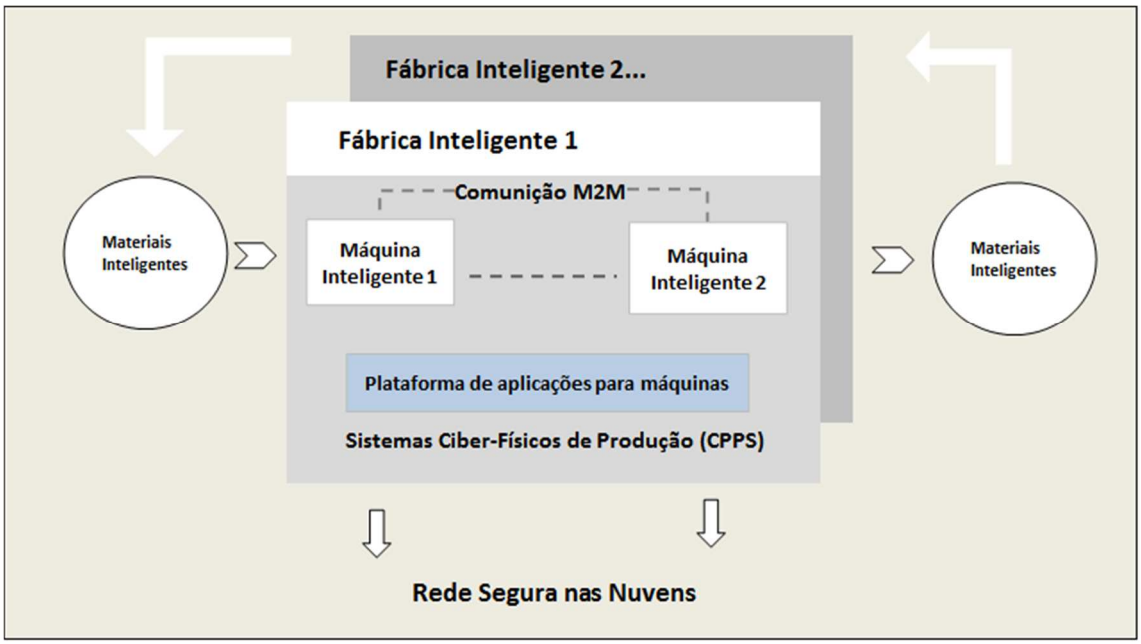
Do ponto de vista tecnológico, a CPS forma o núcleo da Indústria 4.0. A tecnologia básica do CPS compreende os chamados sistemas integrados. Os sistemas integrados como componente-chave do CPS são basicamente minicomputadores, os quais são capazes de medir estados físicos, como temperatura ou pressão, por meio de sensores. Um processador processa essas informações e calcula as medidas apropriadas de acordo com um programa predefinido. Tal medida poderia, por exemplo, desencadear ações físicas dos chamados "atuadores", se uma temperatura ambiental predefinida for atingida. Esta vinculação de componentes de *hardware* e *software* destina-se a governar, regular ou monitorar um sistema previamente definido.

Nos últimos anos, foi possível miniaturizar os sistemas integrados e colocá-los em um chip. O seu desempenho melhorou drasticamente à medida que os custos de produção caíram. A inovação mais significativa, no entanto, é que sistemas integrados equipados com um endereço IP e interfaces de comunicação modernas, integradas na internet, tornaram-se parte de CPS. O CPS funciona de forma sem fio e pode ser construído em praticamente qualquer objeto. Muitas vezes, o CPS obtém seu poder operacional do próprio ambiente, como vibrações leves ou suaves que são convertidas em energia. A tecnologia CPS pode ser incorporada em matérias primas e em produtos intermediários ou finais, que agora são "inteligentes", no sentido de que, por exemplo, eles sabem onde e em que estado estão sendo concluídos. O produto intermediário ou CPS integrado possui informações sobre a máquina na qual será processada na sequência, desde que a máquina possa se comunicar sem fio. Os processos de produção reais agora podem ser mapeados virtualmente. Como resultado, a produção pode ser descentralizada em tempo real e não - como já foi o caso - organizada centralmente.

A fusão dos mundos virtual e físico mediante os sistemas ciber-físicos e a resultante combinação dos processos técnicos e processos empresariais estão liderando o caminho para nova era industrial melhor definida pelo conceito de fábricas inteligentes no projeto Indústria 4.0. Com a digitalização de todos os elementos, que vão desde instalações de produção e produtos industriais até produtos do dia a dia, dotados com recursos integrados de armazenamento e comunicação, sensores de rádio e sistemas de *software* inteligentes, as fronteiras entre os mundos real e virtual estão desaparecendo para criar uma Internet das coisas.

As partes da produção podem, portanto, comunicar-se não apenas umas com as outras e com as fábricas, mas também - através de interfaces homem-máquina - os humanos podem intervir diretamente neste processo de comunicação. Os processos podem ser visualizados, por exemplo, sob a forma de uma apresentação gráfica de dados de produção. As novas redes máquina-máquina são capazes de se aperfeiçoar automaticamente e, em interação com as pessoas, resolvem os próprios problemas. Isto é o que se entende por "fábrica inteligente".

Módulos de Fábrica Inteligente (rede segura baseada em nuvem)



Extraído de GTAI, 2014, p. 11.

Os altos níveis de automação são a norma na fábrica inteligente: isso é possível graças a uma rede flexível de sistema de produção baseado em sistema ciber-físico que, em larga medida, supervisiona automaticamente os processos de produção. O sistema de produção flexível capaz de responder em condições de quase tempo real permite que

os processos internos de produção sejam radicalmente aperfeiçoados. As vantagens da produção não se limitam apenas às condições de produção pontuais, mas também podem ser otimizadas de acordo com uma rede mundial de unidades de produção adaptáveis e auto-organizadas, pertencentes a mais de um operador, que pode ser acessada por meio de computação nas nuvens.

Embora ainda não seja uma realidade, espera-se que no futuro próximo, objetos inteligentes, equipados com atuadores e sensores, com códigos QR e chips RFID, se guiarão pela "fábrica inteligente" e, mesmo, ao longo de toda a cadeia de valor, desde o desenvolvimento de produtos até o serviço. A produção se tornará mais flexível e mais rápida, dado que todas as informações relevantes estarão disponíveis para todos os seres humanos e máquinas envolvidas em tempo real. Uma mesma instalação fabril poderá atender as necessidades de produção em massa ou demandas de produção isoladas ou personalizadas. Paralelamente, ocorrerão ganhos de eficiência e melhorias de produtividade, porque os recursos serão usados de forma muito mais eficiente e sustentável.

A operação da fábrica de acordo com o princípio da Indústria 4.0 requer trabalhadores com produção relevante e conhecimento de tecnologias de informação. Para o futuro, é importante criar cursos certificados de formação para levar a interdisciplinaridade a um nível novo e altamente inovador. Por meio do aprendizado *just-in-time* e do treinamento *just-in-time*, os trabalhadores podem ser equipados para lidar com atividades de trabalho pontuais ***ad hoc*** a curto prazo e a modificar o conteúdo do trabalho, tornando-se assim qualificado para resolver problemas assim que lidam com eles.

Isto representa uma revolução da produção tanto em termos de inovação como de economia de tempo e custo e a criação de um modelo de geração de valor de produção "de baixo para cima", cuja capacidade de operar em rede cria novas e mais oportunidades de mercado. A produção da fábrica inteligente traz consigo inúmeras vantagens em relação à fabricação e produção convencionais. Isso inclui:

- Processo de produção otimizado CPS: unidades de fábrica inteligentes aptas a determinar e identificar seus campos de atividade, opções de configuração e condições de produção bem como comunicar de forma independente e sem fio com outras unidades.

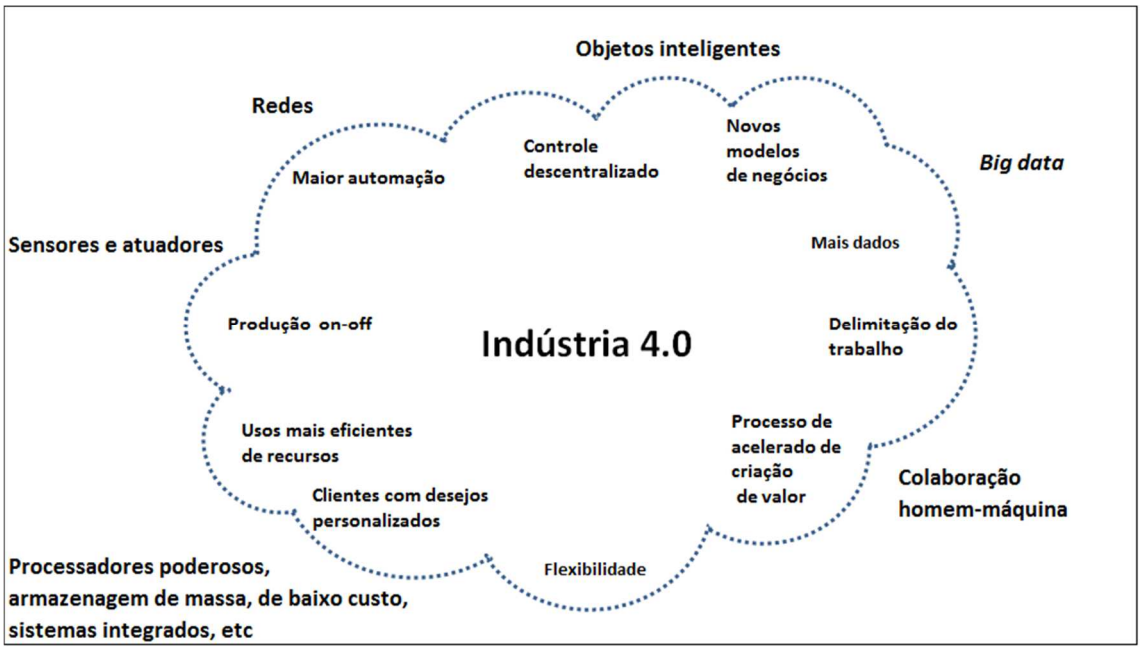
- Fabricação de produtos de consumo individual aperfeiçoado mediante a compilação inteligente do sistema de produção ideal, que tem em conta as

propriedades do produto, custos, logística, segurança, confiabilidade, tempo e considerações de sustentabilidade.

- Produção eficiente em recursos.
- Ajuste personalizado à mão-de obra humana para que a máquina se adapte ao ciclo de trabalho humano.

Esses novos desenvolvimentos trazem não só inúmeras oportunidades, mas também muitos riscos e desafios para as empresas e para sociedade. Alguns deles são a crescente delimitação do trabalho e as questões não resolvidas de privacidade, proteção e segurança dos dados. Além disso, certas ocupações podem ser suprimidas devido à automação, ao mesmo tempo em que irão se multiplicar os requisitos de qualificação e as novas tarefas surgirão.

Impulsionadores da Indústria 4.0 e suas consequências



Extraído de Buhr, 2015, p. 5.

Políticas, Programas e Projetos

A produção manufatureira avançada tem sido uma força da economia alemã. Manter a posição da Alemanha como líder mundial em indústrias e exportações de alta tecnologia continua a ser uma prioridade importante para o governo alemão. O governo federal

apoia e promove a produção industrial avançada, por meio dos seus diferentes ministérios, órgãos e agências, que trabalham em parceria e cooperação com o setor privado. Incentiva também as parceiras e a cooperação entre ciência (universidades e institutos de pesquisa) e indústria.

De acordo com o GATAI, um amplo pacote de políticas, de atividades complementares e programas de financiamento foram introduzidos para tornar a Alemanha líder de mercado e provedor mundial de sistemas ciber-físicos em 2020. Ao mesmo tempo, representantes de inúmeros setores industriais, incluindo construção automotiva, tecnologia de automação, fabricação de máquinas e plantas industriais se comprometeram em gastar mais de 2,5 bilhões de euro em seis áreas de pesquisa ao longo de dez anos.

Lançada em agosto de 2006, a ***Estratégia Alta Tecnologia*** representou o primeiro conceito nacional a reunir os atores-chave em inovação e em tecnologia em torno do objetivo comum de avançar as novas tecnologias. A iniciativa combinou recursos de todos os ministérios governamentais, alocando anualmente bilhões de euro para o desenvolvimento de tecnologias de ponta. Os projetos de P & D também puderam contar com um apoio financeiro generoso sob a forma de bolsas.

Os objetivos estabelecidos na Estratégia Alta Tecnologia de 2006 foram reafirmados e ampliados no marco da nova iniciativa lançada em julho de 2010: a **Estratégia Alta Tecnologia 2020** (HTS 2020, na sigla em inglês). Apoiado nos êxitos iniciais do programa anterior, essa iniciativa pretende criar mercados líderes, intensificar ainda mais as parceiras entre ciência e indústria e melhorar continuamente as condições para inovação no país. O objetivo primordial da HTS 2020 é tornar a Alemanha o principal fornecedor de soluções de base científica e tecnológica nas seguintes áreas ou domínios: Clima/energia; Saúde/nutrição; Mobilidade; Segurança e Comunicação.

Em março de 2012, o governo alemão adotou o ***Plano de Ação da Estratégia Alta Tecnologia 2020***. O Plano identifica 10 Projetos para o Futuro, incluindo o projeto Indústria 4.0, os quais são considerados essenciais para enfrentar e concretizar os objetivos atuais da política de inovações como o foco nas atividades de pesquisa e inovação. Nesses projetos-chave, objetivos de inovações específicos serão perseguidos em horizonte temporal de 10 a 15 anos.

Identificado como uma medida importante na consolidação da liderança tecnológica da Alemanha no setor de engenharia mecânica, o projeto Indústria 4.0 recebeu, no âmbito do Plano de Ação, um financiamento da ordem de 200 milhões de euros. O governo da coalizão que tomou posse em 2013 anunciou intenção de impulsionar a digitalização da

indústria tradicional, com expansão para a área de "Serviços inteligentes", bem como o fortalecimento de projetos e atividades no setor de "TI Verde".

Como parte do projeto nacional Indústria 4.0, A Alemanha pretende assumir, até 2020, a posição de liderança na provisão de sistemas ciber-físicos. Em marcante contraste com outras nações industrializadas, a Alemanha manteve uma força de trabalho industrial estável ao mesmo tempo em que integrou novos desenvolvimentos em produtos e em processos industriais em estágios precoces. Na visão do governo alemão, o sistema integrado superior da Alemanha e o *know-how* no sistema ciber-físico representam uma grande oportunidade para a indústria alemã ajudar a moldar a quarta revolução industrial.

Em nome do Ministério Federal de Educação e Pesquisa (BMBF), a Academia Nacional Alemã de Ciência e Engenharia (acatech) liderou o ***Programa CPS***, cujo objetivo é permitir a Alemanha moldar essa revolução tecnológica como líder de mercado e fornecer em concorrência com outros players industriais e tecnológicos. O Programa CPS identificou quatro principais campos de aplicações da tecnologia CPS até 2015: Energia (sistemas ciber-físico para redes inteligentes de oferta de eletricidade); Mobilidade (sistemas ciber-físico para as redes de mobilidade); Saúde (sistemas ciber-físico para telemedicina e diagnósticos remotos) e, obviamente para a Indústria de Transformação (sistemas ciber-físico para indústria e produção automatizada).

O programa ***ICT 2020 - Pesquisa para Inovação*** do BMBF promove a pesquisa inovadora em tecnologia de informação e comunicação (ICT), incluindo os sistemas de tecnologia de informação para Indústria 4.0. Esse programa se insere no arcabouço da Estratégia Alta Tecnologia 2020 e na estratégia de ICT do governo federal denominada Alemanha Digital 2015. O foco particular do programa está concentrado nas áreas de sistemas complexos (sistemas integrados), novos métodos de produção e processos industriais bem como em Internet das Coisas e Internet dos Serviços.

As atividades de pesquisa conduzidas nas áreas de sistemas de tecnologia de informação para sistemas ciber-fisico, Internet das Coisas, Internet de Serviços e Indústria 4.0 são elegíveis para obtenção de financiamento. O financiamento para pesquisa em sistemas de software e processamento de conhecimento é dividido em três categorias específicas: sistemas integrados, realidade simulada para aplicações de rede e infraestrutura, realidade virtual/ aumentada; Interação homem-máquina com linguagem e tecnologia de mídia. Essas três categorias de pesquisa são complementadas por tecnologias transversais de engenharia de *software*, segurança e confiabilidade devido aos seus focos específicos em prioridades estratégias de sistemas integrados

intensivos em *software*, aplicações de rede e infraestrutura bem como realidade aumentada/virtual. Os projetos de pesquisa apresentados devem ser orientados aos negócios e devem incluir cooperação seja com universidades ou institutos de pesquisas não vinculados a universidades.

Iniciativa do Ministério de Economia e Energia (BMWi), o programa de tecnologia ***Autonomia para Indústria 4.0*** contribui para a execução dos objetivos estabelecidos na Estratégia de Alta Tecnologia 2020. As áreas prioritárias desse programa incluem o desenvolvimento das próximas etapas evolutivas para máquinas, robôs de serviço e outros sistemas capazes de lidar, de forma autônoma, com tarefas complexas, já que a transição de mecanismos de controle baseados em ICT para componentes e sistemas de atuação autônoma inaugura uma nova era que se caracteriza por eficiência, rentabilidade, e aumento de qualidade em infraestruturas de produção novas e flexíveis. Esse programa disponibilizou 40 milhões de euro para empresas e instituições de pesquisa que favorecem o avanço da interação inteligente entre as ICT e a produção industrial nos campos de sistema de produção e logística de produção orientados ao futuro; produtos premium orientados para o futuro (incluindo robôs de serviço); e serviços eletrônicos intensivos em conhecimento orientados para o futuro.

Um consórcio de atores da ciência e da indústria, liderados pela empresa Wittenstein AG, iniciou em 2012, o ***projeto CyProS***, cujo objetivo é pesquisar e desenvolver um espectro representativo de módulos de sistemas ciber-físicos para produção (CPPS) e sistema logístico para uso industrial. Juntamente com a arquitetura de referência subjacente, igualmente desenvolvida no decorrer do projeto de três anos, esses módulos do sistema permitirão à indústria de transformação alemã realizar um aumento significativo de produtividade e de flexibilidade, que também permitirá Alemanha se tornar o principal usuário e provedor líder de tais sistemas.

O projeto CyProS se desenvolve em três etapas de metas distintas:

- Desenvolvimento da arquitetura de referência e do espectro representativo dos módulos dos sistemas ciber-físico para produção e sistemas logísticos
- Provisão de práticas universais, instrumentos de suporte e plataformas para a introdução dos sistemas de produção ciber-físicos.
- Base metodológica e técnica para a operação comercial dos sistemas de produção ciber-físicos e sua introdução no ambiente real de produção de uma fábrica-vitrine.

De acordo com o GTIAI, isso permitirá controlar a complexidade da concorrência crescente, mas também aumentará de modo sustentável e significativo a produtividade e flexibilidade das empresas industriais mediante o desenvolvimento e introdução de sistemas de produção ciber-físicos (CPPS). As tecnologias CPPS resultantes permitirão que a Alemanha aumente sua competitividade como um local de produção internacional, em razão da maior produtividade e flexibilidade, ao mesmo tempo em que permitirão que os CPPS sejam introduzidos no mercado como produtos comercializáveis, estabelecendo assim o país como um provedor líder de CPPS.

Lançado em junho de 2011 e financiado pelo BMBF, o ***projeto RES-COM*** aborda a conservação automatizada de recursos através de sistemas de sensores e atuadores altamente integrados e interconectados em um contexto da Indústria 4.0. Já se estão realizados protótipos de cenários para eficiência de recursos ativados pelo contexto. O RES-COM adota um tipo completamente novo de tecnologia básica baseada em agentes ativos de memória de produtos digitais e serviços de software com sensores e atuadores incorporados. O projeto é supervisionado pelo Centro Alemão de Pesquisa em Inteligência Artificial (DFKI) em parceria com empresas como SAP, Siemens, IS Predict e 7X4 Pharma, entre outras.

Principais Atores na Iniciativa Alemã da Indústria 4.0

Um número importante de instituições e atores das áreas de pesquisa e de negócios está trabalhando em estreita colaboração para viabilizar a visão Indústria 4.0 da Alemanha. O GTAI destaca, entre outros:

Aliança de Pesquisa Indústria-Ciência. Organizado pelo BMBF em 2006, a Aliança de Pesquisa Indústria-Ciência é um grupo consultivo que reúne dezenove representantes da academia e do setor industrial alemão para acompanhar a Estratégia de Alta Tecnologia das iniciativas interministeriais de política de inovação. Em janeiro de 2011, quando o projeto Indústria 4.0 foi anunciado como um Projeto de Futuro pelo governo federal alemão, a Aliança de Pesquisa Indústria-Ciência em parceria com Academia Nacional Alemã de Ciência e Engenharia (acatech), estabeleceu o grupo de trabalho Indústria 4.0. Presidido conjuntamente por um representante do setor industrial e pelo presidente da acatech, esse grupo de trabalho apresentou as recomendações para a execução da iniciativa estratégica Indústria 4.0 no relatório final divulgado em abril de 2013, que estão sendo executadas pelos participantes.

Acatech. A acatech é uma organização autônoma sem fins lucrativos que representa o interesse da comunidade científica e tecnológica alemã no país e no exterior. A acatech apoia os formuladores de política e a sociedade, fornecendo avaliações técnicas qualificadas e recomendações com vistas ao futuro. Além disso, a acatech promove a transferência de conhecimento entre a ciência e a indústria, bem como atua na promoção de crescimento sustentável mediante inovação. Em 2010, a acatech iniciou o projeto de pesquisa sobre os sistemas ciber-físicos, o núcleo técnico da iniciativa Indústria 4.0. As recomendações iniciais para a execução do projeto foram formuladas entre janeiro e outubro de 2012.

DFKI. O Centro Alemão de Inteligência Artificial (DFKI), fundado em 1988, opera em modelo de parceria público e privado, sem fins lucrativos. As atividades do DFKI são financiadas com recursos dos ministérios federais de Educação e Pesquisa (BMBF) e de Economia e Energia (BMWi), pelos estados da federação, pela Fundação Alemã de Pesquisa (DFG), por agências da União Europeia bem como com recursos privados na cooperação com grupos industriais. No campo de inovação comercial de tecnologia de software utilizando inteligência artificial, o DFKI é o principal centro de pesquisa na Alemanha.

Além de ter trabalhado na elaboração do conceito inicial da Indústria 4.0, como integrante do grupo consultivo Aliança de Pesquisa Indústria-Ciência, o DFKI ocupa uma importante posição no projeto de pesquisa Indústria 4.0. Há vários anos, o DFKI opera em conjunto com os principais fabricantes de plantas industriais, o laboratório vivo “Fábrica Inteligente”. Esse laboratório, que serve de referência para a arquitetura da Indústria 4.0, executa operações e testes para as mais recentes tecnologias em engenharia de processo e peças em condições industriais.

O DFKI também trabalha em outros dois projetos, financiados pelo BMBF, com objetivo de tornar a Alemanha um dos líderes pioneiros no campo da Internet das Coisas. Um dos projetos é o já mencionado RES-COM. que investiga a conservação automatizada de recursos mediantes sistemas de sensores e atuadores altamente integrados e conectados. O segundo projeto, o "SmartF-IT" está pesquisando os sistemas ciber-físicos de IT para dominar a complexidade de uma nova geração de fábricas multi-adaptativas, que devido ao uso intensivo de avançada rede de sensores e atuadores, permitirá superar as hierarquias tradicionais de produção centralizada em direção a auto-organização descentralizada da produção.

Fraunhofer-Gesellschaft. Fundada em 1949, essa organização de pesquisa, sem fins lucrativos, composta por 66 institutos e unidades independentes de pesquisa, realiza

pesquisas aplicadas que impulsionam o desenvolvimento econômico e servem aos benefícios mais amplos da sociedade. Os seus serviços são solicitados por clientes e parceiros contratuais na indústria, no setor de serviços e na administração pública. A maioria dos seus mais de 22 mil funcionários é formada por engenheiros e cientistas qualificados, que trabalham com um orçamento anual de pesquisa da ordem de 1,9 bilhão de euros.

Com a sua missão claramente definida de pesquisa orientada à aplicação e o seu foco em tecnologias-chave relevantes para o futuro, o Fraunhofer-Gesellschaft desempenha um papel proeminente no processo de inovação alemão e europeu. Por meio de seu trabalho de pesquisa e desenvolvimento, os institutos Fraunhofer ajudam a reforçar a capacidade concorrencial da economia na sua região de atuação, e por toda parte na Alemanha e na Europa, promovendo a inovação, fortalecendo a base tecnológica, melhorando a aceitação de novas tecnologias e ajudando a formar a geração futura, urgentemente necessária, de cientistas e engenheiros.

O Fraunhofer-IAO, um dos institutos membros da organização, ajudou a dar forma ao projeto Indústria 4.0 desde o início de 2011, como parte integrante do grupo consultivo Aliança de Pesquisa Indústria-Ciência. A partir de 2012, tem trabalhado com parceiros da indústria na área de gestão de capacidade altamente flexível e auto-organizada no projeto piloto KapaflexCy, financiado com recursos públicos, que integra a iniciativa Indústria 4.0. O estudo piloto atual Produção para o Futuro – Indústria 4.0 estabelece as bases da Rede de Inovação Produção 4.0, na qual O Fraunhofer-IAO está desenvolvendo novas aplicações e modelos comerciais da Indústria 4.0 com parceiros da indústria e da associação comercial alemã.

It´s OWL. A estratégia de alta tecnologia It´s OWL (Sistema Técnico Inteligente OstWestfalenLippe), escolhida em 2012 pelo BMBF como um dos vencedores da competição de clusters de tecnologia ponta, é uma rede de ciência e tecnologia industrial que tem como objetivo definir parâmetros internacionais na área de sistemas técnicos inteligentes. Esse cluster é especializado em automação industrial, cooperação homem-máquina e sistemas de produção auto-otimizados.

Dentro da rede de tecnologia It´s OWL, 174 empresas (incluindo vários lideres mundiais) e instituições de pesquisa estão conduzindo um trabalho pioneiro nessa área. Sistemas inteligentes de produção e produtos inteligentes para Indústria 4.0 estão sendo desenvolvidos em 45 projetos, que incluem desde automação e solução de acionamento para maquinarias, autômatos, veículos e equipamentos domésticos até plantas industriais de produção em rede. Exemplos incluem processos autocorretores de

produção industrial, digitalização do plano de trabalho, intralogística eficiente em energia para armazéns, lavanderia industrial recurso-eficiente e gestão energéticas em redes elétricas inteligentes.

Plataforma Indústria 4.0. A Plataforma Indústria 4.0 é uma iniciativa de três organizações industriais alemãs – Associação Federal de Tecnologia de Informação, Telecomunicação e Novas Mídias (BITKOM), Federação Alemã de Engenharia (VDMA) e Associação dos Fabricantes de Elétrico-Eletrônicos (ZVEI) – para atuar com ponto central de contato para as empresas e representantes dos trabalhadores, políticos e cientistas nos assuntos relacionados à Indústria 4.0. Localizada em Frankfurt, a Plataforma funciona como um portal de informação e como um escritório virtual. Lançada oficialmente em abril de 2013, a Plataforma Indústria 4.0 tem como principal objetivo o desenvolvimento de tecnologias, padrões e modelos organizacionais e de negócios, bem como a disseminação do conhecimento e dos resultados das pesquisas e de suas aplicações práticas.

SmartFactory KL. A inciativa tecnológica SmartFactory KL, localizada no Centro Alemão de Inteligência Artificial (DFKI) in Kaiserlauter, é a primeira fábrica europeia de demonstração independente de fornecedores para a aplicação industrial de tecnologias de informação e comunicação de ponta. O empreendimento tem como propósito apoiar o desenvolvimento, aplicação e propagação de tecnologias de automação inovadoras em diferentes setores, bem como fornecer uma base para o seu uso extensivo na ciência e na indústria.

Fundada em 2005, a iniciativa SmartFactory KL é um exemplo bem-sucedido de parceria público privado, sendo um empreendimento cooperativo entre vendedores e compradores (produtores industriais) de moderna tecnologia de automação e representantes do interesse público. Os projetos comuns vão desde o trabalho fundamental em tecnologias básicas ao desenvolvimento de produtos comercializáveis. Os sócios, os patrocinadores e os promotores criam uma parceira intensa para concretizar a visão de um futuro cenário industrial com meios modernos e inovadores.

A SmartFactory KL trabalha como pioneiro na transferência de tecnologia dos aspectos-chave da Indústria 4.0 em prática. Operando diversas plantas-piloto modulares, ambos, estado das artes e resultados da pesquisa ponta podem ser aplicados e avaliados. Nessas plantas, os aspectos-chave da Indústria 4.0 são demostrados de modo intuitivo e acessível.

A Indústria 4.0 na Visão das Grandes Empresas Alemãs

Várias empresas alemãs já estão desenvolvendo e utilizando as tecnologias da Indústria 4.0. O documento publicado pelo GTAI traz a perspectiva de algumas dessas empresas sobre os impactos esperados da iniciativa, bem como o papel que desempenham no projeto Indústria 4.0.

Bosch – Um dos principais fornecedores mundiais de tecnologia e serviços, o Grupo Bosch gastou, em 2012, cerca de 4,8 bilhões de euros em pesquisa e desenvolvimento (equivalente a 9% de suas vendas globais) e solicitou quase 4.800 patentes em todo o mundo. O Grupo desempenha um duplo papel na trajetória em direção à indústria integrada e em rede (Indústria 4.0). A própria empresa utiliza tecnologias e *softwares* para operar em rede sua própria base de produção. Além disso, a empresa também desenvolve soluções nesta área. A Bosch Rexroth oferece, por exemplo, inúmeras soluções para o Fábrica 4.0, enquanto a Bosch Packaging Technology já está construindo equipamentos inteligentes para fábricas inteligentes nas indústrias farmacêuticas e alimentares. O desenvolvimento de um pacote de programa de informática (*software suite*) pela Bosch Software Innovations também aperfeiçoa o processo completo de manutenção de equipamentos.

Na avaliação da Bosch, o advento da Web 3.0, ou seja, a Internet das Coisas e de Serviços, na produção industrial, oferece à Alemanha oportunidades enormes de duas maneiras. Por um lado, as empresas alemãs desenvolverão, venderão e exportarão tecnologias e produtos para a indústria em rede. Por outro lado, o uso dessas tecnologias melhorará a eficiência e, portanto, a competitividade, da indústria alemã.

As empresas alemãs são líderes, apesar da crescente concorrência da Ásia¸ em engenharia e mecânica e de plantas industriais. As empresas alemãs também possuem um *know-how* considerável e uma força de trabalho competente no campo das tecnologias de informação, sistemas integrados e tecnologia de automação. Segundo a Bosch, o marco de referência para uma execução concentrada da produção em rede foi estabelecido com a criação da Plataforma Indústria 4.0, financiada pelo BITKOM, VDMA e ZEI.

As ideias por detrás do projeto Indústria 4.0 mudarão as cadeias de valor existentes, mesmo além das fronteiras nacionais. Irão surgir cadeias de valor em que empresas e processos de negócios são integrados horizontalmente. Isso significa que os processos de negócios, incluindo sua engenharia, serão consistentemente desenhados em toda a cadeia de valor. Os sistemas de produção serão concebidos em redes, desde o

fornecedor até o cliente. Essas redes empresariais altamente dinâmicas oferecem potencial para inovação e novos modelos de negócios. O mesmo se aplica a uma melhor geração e avaliação de dados.

Para o Grupo, a digitalização e a criação de rede ajudam a aperfeiçoar a cadeia de valor: os clientes já não são mais obrigados a escolher um espectro de produtos fixos definido pelo fabricante, mas sim podem combinar individualmente funções e componentes únicos. A gama de variedade se tornará rentável para as empresas. Isto pode, consequentemente, aumentar o tamanho do mercado e o volume de negócios. Ao mesmo tempo, a satisfação do cliente aumenta à medida que os custos operacionais internos se reduzem como resultado do aumento da digitalização da cadeia de valor.

Festo AG – A empresa familiar Festo AG é um dos principais fornecedores internacionais de tecnologia de automação para automação de fábrica e de processos. A empresa estabeleceu-se como líder no setor graças às suas inovações e competências de resolução de problemas na área de sistemas de acionamento pneumático. Atualmente, as empresas fornecem tecnologias de acionamento elétrico e pneumático para automação de fábrica e de processos para mais de 300.000 clientes em 200 setores industriais em todo o mundo.

Juntamente com o parceiro da ciência e da indústria, a Festo está realizando pesquisas sobre a nova solução para a fusão de tecnologias modernas de informação e comunicação com processos clássicos de produção industrial. A tendência para produtos cada vez mais individualizados em quantidades menores e maior variedade exige tecnologias capazes de se adaptar continuamente às mudanças nas condições de produção. O Festo reconhece os componentes inteligentes que se organizam e processam pedidos de sistemas de controle de nível superior como base para o sistema de produção de amanhã. Com esse propósito, está desenvolvendo ativamente tecnologias de engenharia de precisão e microssistema para produzir sistemas globais totalmente em rede, bem como conduzindo pesquisas em soluções que permitam que a força de trabalho humana interaja diretamente com novas tecnologias de máquinas e robôs. Para este fim, a empresa também se preocupa amplamente com a provisão adequada de educação e treinamento para a próxima geração de trabalhadores no novo mundo da produção.

No âmbito da iniciativa Indústria 4.0, a Festo contribuiu para as recomendações efetuadas pelo grupo consultivo Aliança de Pesquisa Indústria-Ciência, com um caso de aplicação: o “Fábrica Resiliente”, cujos sistemas são tolerantes a interrupções. Essas

atividades foram posteriormente transferidas para a Plataforma Indústria 4.0, com a qual a empresa também está ativamente envolvida.

Na avaliação da empresa, do ponto de vista europeu, é importante garantir que a produção em países de alta renda, como é o caso da Alemanha, continue a ser competitiva no longo prazo. As atividades da Indústria 4.0 contribuirão para alcançar isso. A perspectiva da fusão da tecnologia de fabricação industrial com TI pode ser executada de forma eficiente na Alemanha, em particular, uma vez que os fundos públicos também estão participando da operação. Esta situação especial permite que a atratividade da Alemanha como local de produção seja significativamente aumentada com a Indústria 4.0. As arquiteturas padrão contínuas e abertas também são claramente mais vantajosas para as pequenas e médias empresas. Por isso, é do interesse das PME pressionar por soluções não proprietárias dentro do contexto da Indústria 4.0.

No que se refere aos impactos no exterior da iniciativa Indústria 4.0, a Festo destaca que as atividades estão sendo seguidas de perto, por exemplo, na Grã-Bretanha e nos Estados Unidos. A rede horizontal em redes de cadeia de valor não se limita a apenas uma empresa ou país. Os conceitos bem sucedidos que são desenvolvidos também serão aceitos internacionalmente. As empresas internacionais poderão se beneficiar tanto das vantagens tecnológicas como das vantagens comerciais derivadas da aplicação do conceito da Indústria 4.0.

SAP AG – Como líder de mercado em *software* de aplicativos corporativos, a SAP ajuda as empresas de todos os tamanhos e setores industriais a funcionar melhor, capacitando pessoas e organizações para trabalhar de forma mais eficiente e efetivo para se manter à frente da concorrência. Na avaliação da empresa, à medida que os fabricantes enfrentam uma maior pressão de custo e a volatilidade do mercado, os ciclos de vida do produto e os ciclos de teste estão ficando mais curtos. Os produtos estão se tornando mais complexos e personalizados. Os fabricantes consideram que deslocar a produção para países emergentes com baixos custos de mão-de-obra não é mais um caminho para o sucesso, pois precisam equilibrar a personalização com a produção em massa. A produção deve ser cada vez mais local, com utilização de impressora 3D, para atender às rápidas mudanças de demanda. Outros fatores também ganham importância: aproveitamento dos baixos custos de energia, bem como o compartilhamento da localização do P & D e da produção para acelerar o tempo de colocação no mercado.

A SAP participou de vários projetos de pesquisa pública e iniciativas no contexto da Indústria 4.0 e contribuiu para o relatório de recomendação publicado pela acatech. A SAP fornece tecnologias e soluções que ajudam as empresas a adotar as mudanças

crescentes na indústria de transformação. A SAP segue uma abordagem holística denominada "Ideia para Desempenho", que permite às empresas desenvolver novos modelos de negócios e um roteiro para os cenários de introdução da Indústria 4.0.

Atualmente, as indústrias manufatureiras empreendem uma mudança nova e profunda à medida que as tendências dos negócios e da tecnologia convergem de uma maneira sem precedentes. Os produtores podem agora adicionar sensores e microchips a ferramentas, veículos, máquinas, edifícios, e até mesmo matérias-primas, para tornar os produtos mais inteligentes. Esses itens inteligentes fornecerão uma riqueza de dados que podem ser usados para entender melhor os produtos e potenciais problemas em torno deles.

Para a SAP, a digitalização contínua de produtos e serviços também está liberando os produtores e seus clientes de locais fixos. No futuro, as peças sobressalentes podem ser produzidas nos locais onde as peças originais falham, economizando custos significativos relacionados ao transporte e ao estoque. À medida que a tecnologia proporciona uma integração vertical mais forte entre o chão de fábrica e as estratégias globais de negócios (bem como uma maior integração horizontal em todo o projeto, planejamento de produção de produtos e prestação de serviços), os produtores são cada vez mais receptivos e eficientes do que antes. Eles também se beneficiam de redes empresariais ágeis e auto-organizadas que permitem a execução local de planos de negócios globais.

Para os países altamente industrializados, como a Alemanha, a Indústria 4.0 é, na avaliação da SAP, uma ótima oportunidade para manter empregos industriais no país e assegurar força inovadora e crescimento em longo prazo. Os produtores alemães são frequentemente líderes mundiais altamente especializados em seus domínios de atividade. Com a Indústria 4.0, eles podem aumentar ainda mais sua vantagem competitiva, tornando-se mais eficientes e receptivos às mudanças de mercado, introduzindo oferta de novos serviços baseados em uma grande quantidade de dados provenientes de produtos e máquinas inteligentes.

Com a Indústria 4.0, a cadeia de fornecimento irá evoluir para uma rede altamente adaptável. Segundo a SAP, as pequenas e médias empresas desempenharão um papel importante nessa rede de valor adicionado. Ao integrar os conceitos e tecnologias da Indústria 4.0, as PMEs poderão fornecer produtos e serviços individualizados e serão altamente adaptáveis às mudanças de demanda. Os sensores flexíveis fornecem os dados da máquina, que são capturados e analisados enquanto o fabricante está

produzindo, entregando e montando e operando máquinas. Serviços proativos, por exemplo, são acionados em caso de anomalias nos dados da máquina.

Na avaliação da empresa, a Indústria 4.0 é tema mundial, que engloba os mercados de rápido crescimento como China e Índia, bem como os países industrializados tradicionais como Alemanha, Estados Unidos, Coreia do Sul e Japão. Onde quer que estejam baseadas, as empresas podem usar os cenários da Indústria 4.0 para se preparar para as próximas mudanças e liderar a nova revolução industrial.

Trumpf GmbH – Líder mundial em tecnologia nas áreas de negócio de máquinas-ferramentas, tecnologia laser, eletrônicos e tecnologia médica, a Trumpf é, desde 2011, membro do grupo de trabalho Indústria 4.0, iniciado pelo governo, e já forneceu uma contribuição decisiva para a definição da "fábrica inteligente". Além disso, a Trumpf também participa ativamente no conselho diretor e na gerência da Plataforma Indústria 4.0, criada pelas associações industriais VDMA, BITKOM e ZVEI. Além de atuar em projetos como o CyProsS, no qual 20 parceiros estão realizando pesquisas sobre a implementação de sistemas ciber-físicos de produção, a Trumpf também está trabalhando para criar soluções para processos de produção mais produtivos e eficientes.

Para a Trumpf, a Indústria 4.0 é um sistema de redes no qual nenhum estrangulamento de capacidade ou excesso recursos disponíveis passará despercebido. Esses sistemas são transparentes, podem reagir às variações de forma flexível e permitir que os humanos intervenham como tomadores de decisão inteligentes de acordo com a situação. Esses sistemas permitirão fabricar produtos individuais de forma eficiente e rápida, normalmente associadas à produção em massa. O projeto Indústria 4.0 cria as condições para a introdução de tais redes de produção na Alemanha.

A produção em rede prevista no projeto Indústria 4.0 permite que todo o processo de produção seja transparente e facilmente influenciado. As pequenas e médias empresas, em particular, devem estar aptas para reagir rapidamente às mudanças, por exemplo, pedidos de clientes no curto prazo. O projeto Indústria 4.0 fornece a essas empresas a flexibilidade que lhes permite permanecer internacionalmente competitivas.

No que se refere aos impactos da Indústria 4.0 no exterior, a empresa considera que a "Global Facility" é um dos cinco elementos da Fábrica Inteligente. O sistema de produção já opera, frequentemente, em rede internacional, com a Indústria 4.0 essa rede continuará a aumentar. Além disso, as novas oportunidades tecnológicas estão não apenas disponíveis na Alemanha. As vantagens que a Internet das Coisas, por exemplo,

traz para a produção não passam despercebidas em outros países. Os diferentes elementos da Indústria 4.0, portanto, também afetarão sua produção.

Assim como é o caso das empresas alemãs, as empresas internacionais poderão moldar de forma mais eficiente sua própria produção de acordo com os princípios da Indústria 4.0. Para isso, eles podem recorrer aos serviços dos fabricantes alemães de máquinas que há muito se ocuparam das oportunidades viabilizadas pela criação de rede. A Trumpf fornece aos seus clientes, tanto domésticos como internacionais, tecnologia de ponta. A empresa já implantou os primeiros elementos da indústria 4.0 em suas máquinas-ferramentas e lasers por anos.

Wittenstein AG – O Grupo Wittenstein, que atua em oito campos de negócio inovadores: servo redutores, sistemas servo de acionamento, tecnologia de medicina, servo unidades em miniatura, inovadora tecnologia de engrenagens, sistema de atuadores rotativos e lineares, nanotecnologia, bem como componentes eletrônicos e de software para a tecnologia de acionamento, se destaca em inovação, precisão e excelência no mundo das tecnologias de acionamento mecatrônico, tanto no âmbito nacional como internacional.

Juntamente com parceiros da ciência e da indústria, a Wittenstein estabeleceu o caminho para transformar a sua própria produção apta à Indústria 4.0. Sua fábrica-modelo de inovação e instalações de produção "Produção Urbana para o Futuro", estabelecida em Fellbach, perto de Stuttgard, reúne desenvolvimento, venda e produção de diferentes unidades de mecatrônicas da empresa em um único local.

O presidente da Wittenstein considera que a Indústria 4.0 provavelmente só se tornará uma realidade na próxima década. No entanto, as empresas que desejam se beneficiar internacionalmente da nova onda de tecnologia devem estabelecer as bases adequadas desde hoje. Novas respostas são necessárias no mundo da produção para dominar os desafios do futuro. Como uma das forças motrizes da Indústria 4.0, a Wittenstein está buscando, juntamente com seus parceiros, as respostas inteligentes para atender aos futuros requisitos de produção. Isso também tem algo a ver com a responsabilidade corporativa em termos de sociedade e meio ambiente.

Como localização de alto desempenho, a Alemanha está bem equipada para enfrentar os desafios globais. A indústria alemã deveria marcar o ritmo da quarta fase da revolução industrial, desse modo os desenvolvimentos efetuados na Indústria 4.0 também ajudariam a garantir a posição da Alemanha. Importante e necessário para o sucesso da iniciativa 4.0 é a integração da ciência e da indústria, e essa tem sido a principal vantagem das empresas alemãs de engenharia mecânica desde tempos

imemoriais. As empresas alemãs têm uma ótima oportunidade para desempenhar um papel pioneiro, ajudando a moldar novos padrões em toda a cadeia de valor.

Na opinião do Dr. Manfred Wittenstein, as PMEs na Alemanha estão habituadas a incluir e integrar novas competências. A estrutura de inúmeras pequenas empresas, muitas vezes de gestão familiar, no setor de máquinas e equipamentos fornece as condições ideais para o domínio rápido e inteligente do caminho para a fusão da internet e da tecnologia de produção. A indústria alemã de engenharia mecânica pode ser pioneira tanto na produção como na tecnologia da Indústria 4.0

O projeto Indústria 4.0 produzirá uma nova geração de tecnologia de automação e sistemas de produção. O objetivo das empresas alemãs é tornar-se o principal fornecedor no mercado futuro de tais sistemas. Para as empresas estrangeiras, existe a oportunidade de beneficiar-se das conquistas tecnológicas da Indústria 4.0, assim como o *know-how* de integração e aplicação de provedores alemães de sistema altamente produtivo nestes mercados.

O Potencial Econômico da Indústria 4.0

Na Alemanha, o discurso atual dominante enfatiza as seguintes oportunidades da Indústria 4.0:

- Processos industriais em rede e em tempo real torna a produção mais barata, sustentável e eficiente.
- A rede digital permite a participação direta das demandas dos clientes e a personalização rentável de produtos e serviços.
- O mundo do trabalho poderia se tornar mais humano.
- Além de tudo disso, a Indústria 4.0 poderia fornecer um enorme potencial para novos produtos, serviços e soluções que poderiam enriquecer a vida cotidiana das pessoas.

Porém, as percepções de como a Indústria 4.0 deve afetar empresas e setores, economias e sociedades são bastante variadas e os cenários de desenvolvimentos futuros são bastante ambiciosos, pois "qualquer coisa que possa ser digitalizada será digitalizada". Essa expectativa positiva se expressa nas previsões de investimentos privados correspondentes. Igualmente, serão necessários grandes investimentos em obras públicas, como a banda larga, de necessidade urgente na Alemanha.

De maneira geral, o potencial econômico da Indústria 4.0 é considerado positivamente. As estimativas indicam ganhos de produtividade de cerca de 78 bilhões de euros em seis setores ao longo de quase dez anos. Os setores de tecnologia de informação e telecomunicação (ICT) serão, obviamente, os primeiros a ver os benefícios da Indústria 4.0. Criadores e provedores de soluções de *software* para análise de *Big Data*, introdução de redes e digitalização podem esperar aumento nos pedidos. Muitas outras indústrias, no entanto, serão provavelmente bastante afetadas pelos desenvolvimentos da Indústria 4.0 muito em breve, tais como: engenharia de máquinas e instalações, fabricantes de equipamentos elétricos, indústria química, fabricantes de automóveis e seus fornecedores, mas também a indústria de logística e a agricultura.

Oportunidades para crescimento com a Indústria 4.0*

Setores Econômicos Selecionados	Valor agregado bruto (bilhões de euros)		Potencial da Indústria 4.0	Crescimento anual	Incremento (bilhões de euros)
	2013	2025	2013-2025	2013-2025	2013-2025
Indústria química	40,08	52,10	+30,0%	2,21%	12,02
Veículos automotivos e autopeças	74,00	88,80	+20,0%	1,53%	14,8
Engenharia de máquinas e instalações	76,79	99,83	+30,0%	2,21%	23,04
Equipamentos elétricos	40,72	52,35	+30,0%	2,21%	12,08
Agricultura e floresta	18,55	21,33	+15,0%	1,17%	2,78
Tecnologia de informação e comunicação	93,65	107,70	+15,0%	1,17%	14,05
Potencial conjunto dos seis setores selecionados	343,34	422,11	+23,0%	1,74%	78,77
Extrapolação para o valor agregado bruto total na Alemanha	2326,61	5.593,06**	+11,5%**	1,27%**	267,45%**

Extraído de Buhr, 2015, p. 5.

Notas:

* Nenhum crescimento econômico é considerado nas projeções para 2025. Apenas se considera o potencial de crescimento sem e com a Indústria 4.0 nos seis setores selecionados.

** O total inclui o potencial da Indústria 4.0 para os seis setores selecionados bem como para os setores econômicos remanescentes, assumindo que os seis setores respondem por 50% do valor agregado bruto.

As oportunidades para alguns podem ser armadilhas para os outros. Líderes industriais tradicionais podem rapidamente se encontrar no papel de meros fornecedores, que são completamente intercambiáveis, se não puderem fornecer aos consumidores "serviços inteligentes" personalizados. Os processos de inovação aberta, a integração de clientes (finais) no processo de *design* e produção, juntamente com grandes análises de dados direcionados, permitem uma variedade de novos modelos de negócios e, portanto, colocam as pressões testadas no tempo.

Este é, segundo o professor Daniel Burh da Universidade Eberhard Karls, também o caso na Alemanha, particularmente nos setores responsáveis pelo sucesso da "economia de mercado coordenada", isto é, engenharia de máquinas e instalações e indústria automotiva. Uma grande proporção do volume de negócios para essas indústrias é obtida através de vendas de peças sobressalentes, atualizações e serviços mediante uma rede densa de parceiros de vendas, serviços e atendimento ao cliente. A Indústria 4.0,

no entanto, utiliza software inteligente com análise de dados adequada à interface existente entre o fabricante e o cliente, o que permitirá a entrada de novos concorrentes ao mercado: os fornecedores oferecerão serviços de fabricação, manutenção preventiva e fornecimento rápido de peças sobressalentes.

Porém, como destaca o Dr. Christian Schröder, pesquisador do Institut für Mittelstandsforschung, a avaliação dos efeitos esperados da Indústria 4.0 é difícil por vários motivos. Não só a Indústria 4.0 não está definida de forma uniforme e, portanto, não é clara, mas também não se trata de uma única inovação tecnológica, mas sim uma combinação de várias tecnologias que só podem desencadear todo o seu potencial em conjunto. Algumas dessas tecnologias estão em um estado avançado de desenvolvimento, mas ainda será necessário algum tempo antes de estarem prontos para o mercado. Os vários níveis de maturidade tecnológica tornam difícil prever a velocidade com que as novas aplicações tecnológicas entrarão em uso comercial e, portanto, quando e em que medida os efeitos de rede positivos serão colhidos. Os efeitos de rede surgem da criação de rede além da empresa e aumentam com cada parceiro de rede adicional.

Ainda que o potencial macroeconômico seja bastante difícil de quantificar, certamente pode-se assumir, segundo Schröder, que as aplicações baseadas na internet irão transformar a produção industrial no médio e longo prazo. A instalação generalizada de plantas de produção em rede nas PMES da indústria de transformação será de extrema importância para a competitividade futura da economia alemã.

Na visão desse autor, um potencial econômico considerável é atribuído à tecnologia CPS na indústria. Esse potencial é realizado por meio do networking (baseado na internet) de todos os elementos do processo de criação de valor em tempo real, habilitado pela tecnologia CPS. De mão com a adoção de CPS vai a expectativa de maiores aumentos de produtividade porque, desta forma, os estoques podem ser reduzidos, o planejamento de pessoal melhorado, a logística otimizada e a complexidade e os custos de manutenção diminuídos. Além disso, pode-se esperar um aumento na qualidade do produto, ao lado de opções de fabricação mais flexíveis. Os especialistas até preveem que a flexibilização máxima será alcançada com o tamanho de lote um; isso significa que um produto personalizado pode ser fabricado para clientes ao mesmo preço de produto serial hoje me dia, proporcionando um impulso considerável à satisfação do cliente. E porque o faturamento está de acordo com eficiência de uso real, as perdas devido à subutilização da própria infraestrutura de TI da empresa são evitados. Por último, mas não menos importante, a localização não é um obstáculo para o uso de tais serviços.

O uso da CPS poderia, no futuro, também apoiar o processo de criação de valor além da empresa. As empresas, nesse caso, se conectariam com redes de criação de valor. Através de plataformas virtuais na nuvem, as empresas podem acessar a produção de acordo com as necessidades, a fim de coordenar os estágios de produção em tempo real. Também neste contexto, é possível imaginar serviços adicionais. Por exemplo, a capacidade livre da máquina pode ser oferecida para aluguel por empresas com estrangulamentos de capacidade.

De acordo com Schröder, a Alemanha está em posição de se beneficiar enormemente do potencial da Indústria 4.0. Por exemplo, não só a participação da indústria na economia alemã é relativamente alta, mas o país também é líder mundial em engenharia de máquinas e máquinas, bem como tecnologia de automação. Desta forma, o potencial do país tanto como usuário como do provedor é alto.

Segundo ele, os desenvolvimentos atuais indicam que o maior impulso para a disseminação da Indústria 4.0 virá de grandes empresas. Eles têm os recursos para mudar para a produção em rede e os benefícios econômicos para eles já são altos no estágio atual de desenvolvimento. Porém, como a utilidade da Indústria 4.0 aumenta com a inclusão de novos parceiros na rede, as grandes empresas encorajarão seus fornecedores, principalmente as PME, a adaptar sua tecnologia de produção passo a passo para tornar sua própria produção cada vez mais conectada em rede.

Na avaliação de Schröder, usar plenamente o potencial do CPS requer a adoção adicional de tecnologias complementares de TI. Assim, as aplicações de software são necessárias para estruturar e avaliar as grandes quantidades de dados geradas pela CPS para governar, regular ou monitorar processos orientados a destino. Apenas um enorme aumento no desempenho do processador de hardware e da memória, bem como conexões de internet rápidas podem tornar isso possível em tempo real. Isso também possibilita os modelos de negócios a jusante. Por exemplo, o CPS incorporado permite que um fabricante de turbinas forneça aos clientes manutenção remota e, no final do ciclo de vida do produto, reciclagem como serviços adicionais.

Os sofisticados hardware e software necessários para lidar com grandes fluxos de dados em tempo real não teriam que ser mantidos pelas próprias empresas. Graças às conexões rápidas de internet, elas também podem utilizar os serviços de provedores da nuvem. Os provedores de serviços de computação em nuvem disponibilizam a infraestrutura de TI para seus clientes on-line. Os custos de capital das empresas são reduzidos, pois não precisam de seu próprio servidor ou software.

As PMEs e a Indústria 4.0

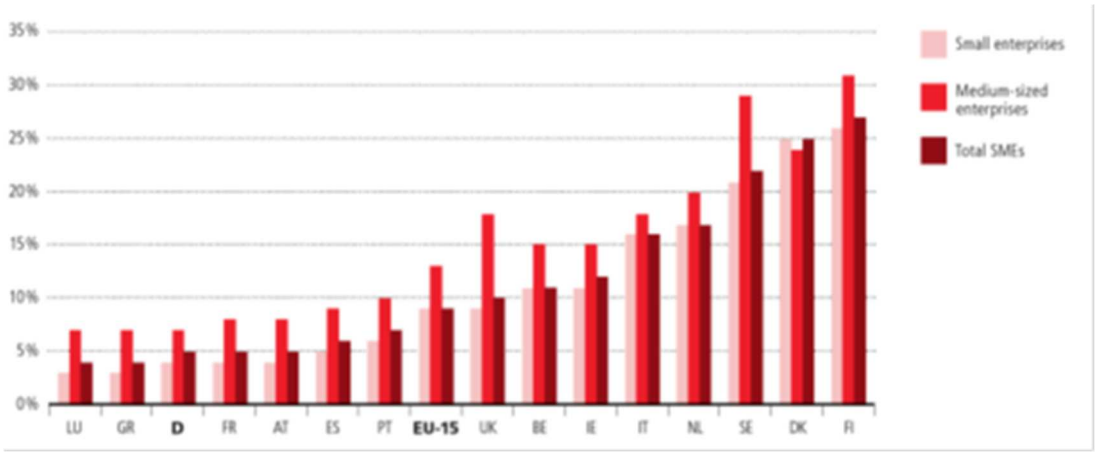
De acordo com o pesquisador Christian Schröder, do Institut für Mittelstandsforschung, em seu artigo intitulado "*The Challenges of Industry 4.0 for Small and Medium-sized Enterprises*", publicado em 2016, existe uma relação significativa entre o tamanho da empresa e a adesão à Indústria 4.0. As grandes empresas são substancialmente mais avançadas na integração de suas instalações de produção em sistemas de TI de nível superior do que as empresas de médio porte e as últimas são muito mais avançadas que as pequenas empresas.

Segundo ele, pesquisas mostram que na indústria de transformação, que representa a maior parte da produção industrial alemã, apenas 10% das empresas atualmente estão operando intensivamente com a Indústria 4.0. No setor de engenharia de máquinas e instalações, como fornecedores de Indústria 4.0, a proporção é o dobro. Atualmente, 5,6% das empresas de engenharia de máquinas e instalações estão em um estado avançada de adaptação, pouco menos de 18% estão envolvidos com conceitos da Indústria 4.0 e adotando as primeiras medidas para introduzi-la. Um quinto das empresas de engenharia de máquinas e máquinas, bem como um quarto das empresas da indústria de transformação como um todo aponta que Indústria 4.0 é desconhecida ou sem importância para elas.

Resultados comparáveis são obtidos, segundo ele, quando se avalia em que medida os processos e tecnologias individuais da Indústria 4.0 já estão em uso. De acordo com Schröder, tanto as grandes empresas como as PMEs alemãs deixam a desejar quando se trata de usar serviços inteligentes, tais como a avaliação de dados importantes que se acumulam no processo de produção ou por meio de processos de produção em rede. Dado que as PMEs estão relativamente bem posicionadas em relação à vinculação de máquinas e sistemas de TI, o autor conclui que as deficiências relativas à avaliação de dados não são necessariamente o resultado de uma falta básica de dados.

No entanto, a integração completa de TI, que também permite a troca de informações externas, é rara. Para esse propósito, os serviços em nuvem seriam úteis. No futuro, a comunicação entre diferentes sistemas será organizada por meio de serviços em nuvem superiores, como plataformas virtuais (plataforma de nuvem como serviço) e *software* (*software* de nuvem como serviço). Porém, atualmente, apenas 5% de todas as PMEs da Alemanha usam serviços de computação em nuvem desse tipo. O nível médio de difusão na União Europeia (E15) é duas vezes maior que na Alemanha. Na Finlândia e na Dinamarca, cerca de um quarto dos PMEs utilizam os serviços de TI de maior qualidade a partir da nuvem.

Utilização de serviços de computação superior nas nuvens baseados em tarifas (2014)



Extraído de Schroder, 2016, p.8.

De acordo com Schröder, o grau em que as aplicações da Indústria 4.0 são disseminadas depende do tamanho da empresa. Nas grandes empresas, que produzem em grandes volumes, o aperfeiçoamento constante da produção altamente automatizada é um elemento permanente da gestão de processos. Nas PMEs, a situação é bem diferente. Nessas, a proporção de atividades manuais e híbridas é muito maior. Além disso, produzem bastante para nichos de mercado e muitas vezes têm um alto grau de especialização. Em comparação com as PMEs, as grandes empresas obterão ganhos de eficiência muito maiores com o uso da tecnologia Indústria 4.0.

À medida que a gama de opções tecnológicas aumenta, as pequenas e médias empresas industriais terão que aproveitar os desenvolvimentos em direção à produção em rede. Caso contrário, sua competitividade internacional poderá ser ameaçada. Segundo Schröder, os maiores desafios que as pequenas e médias empresas enfrentam neste contexto são o desenvolvimento de uma estratégia digital apropriada, uma análise custo-benefício das tecnologias relevantes e a falta de segurança de dados e padrões uniformes.

Falta de estratégia digital ao lado da escassez de recursos. Na avaliação de Schröder, a disponibilidade de dados consistentes é uma condição importante no percurso em direção à Indústria 4.0. As informações devem ser consistentemente disponíveis tanto vertical quanto horizontalmente ao longo da cadeia de criação de valor. Por um lado, fala-se, neste contexto, de integração vertical, no sentido da integração de vários sistemas de TI em uma solução uniforme. A compatibilidade será assim conseguida entre as várias aplicações, processos e dados informáticos das áreas funcionais da empresa, como aquisição, produção e vendas. A integração horizontal, por outro lado,

é a integração de vários estágios de processo entre os quais existem fluxos de materiais, energia e informações. Um exemplo disto é um sistema de Planejamento de Recursos Empresariais (ERP), que cuida do planejamento de material, agendamento e capacidade de processamento de pedidos e está vinculado a um Sistema de Empresarial de Produção (MES) na arquitetura de software da empresa. Isso cuida do planejamento detalhado e controle no curto prazo das ordens de produção individuais. Com base nessa coordenação entre os vários níveis da hierarquia através de soluções de TI complementares, a eficiência é impulsionada e os tempos de produção são encurtados.

O conjunto específico de sistemas, máquinas e processos de TI em uma determinada pequena ou média empresa tende a ser adquirido ao longo do tempo. Desse modo, as máquinas e equipamentos provêm de vários fabricantes e são de períodos de fabricação diferentes. Como resultado, segundo o autor, é oneroso modernizar o software de automação para obter compatibilidade. Um desafio ainda maior para muitas pequenas e médias empresas provavelmente será conduzir o fluxo de dados para áreas internas e externas adjacentes, a fim de permitir a troca de dados de produção horizontalmente com fornecedores e clientes e verticalmente para vendas, planejamento, serviços ou controle. Para as PMEs, este desafio é particularmente significativo dado que possuem menos recursos e know-how do que as grandes empresas. As PMEs muitas vezes não têm seu próprio departamento de TI, o que significa que os próprios gerentes devem avaliar as várias tecnologias da Indústria 4.0 em relação à sua maturidade tecnológica e potencial de negócios. Essas diferenças também podem ser a razão pela qual as pequenas e médias empresas frequentemente enfrentam dificuldades em selecionar a solução tecnológica certa.

O fato de a produção em rede ser vista com cautela pela gestão das pequenas e médias empresas é ilustrado pelo Índice de Prontidão de Inovação de TI produzido anualmente desde 2013. Segundo Schröder, esse índice mostra que as gerências superiores das PMEs industriais são mais cautelosas sobre a questão de Indústria 4.0 do que os gerentes de produção que foram pesquisados. Esta reserva por parte da administração de empresas é, segundo ele, preocupante na medida em que a adoção da tecnologia Indústria 4.0 é uma tarefa extensa que geralmente precisa ser substancialmente planejada e iniciada nesse nível. A tarefa inclui a reestruturação de processos e organização de empresas em quase todos os níveis, a adaptação das qualificações dos trabalhadores e considerações estratégicas no que se refere ao desenvolvimento de novos modelos de negócios e à abertura de novos mercados. Sem o ímpeto e o envolvimento da direção, a divulgação da Indústria 4.0 será confinada dentro de limites estreitos. O fato de que quatro em dez PMEs não possuem uma estratégia global para

implantar a Indústria 4.0, enquanto que entre as grandes empresas a proporção é de apenas duas em cada dez, mostra que essa lacuna é característica das PMEs.

Ausência de padronização e baixa segurança de dados. De acordo com Schröder, as reticências das pequenas e médias empresas em relação à mudança para as novas tecnologias da Indústria 4.0 e a avançar com a integração dos vários sistemas de TI também podem ser atribuídas à falta de padronização e de normas, mas também às preocupações sobre o acesso não autorizado aos dados. Embora progressos já tenham sido realizados no desenvolvimento de padrões - por exemplo, por meio da arquitetura unificada de plataforma aberta - um padrão internacional ainda não foi definido. Isso seria, no entanto, importante para a segurança do investimento. Normas e padrões seguros também são uma condição para alcançar um grande número de parceiros de rede e, assim, desenvolver o potencial econômico da Indústria 4.0.

Atualmente, as pequenas e médias empresas geralmente se adaptam ao padrão da grande empresa da qual são fornecedores. A falta de padronização torna difícil para as pequenas e médias empresas se juntarem a redes de criação de valor com padrões e normas diferentes e, assim, reduzem sua margem de manobra. Além disso, surge a preocupação de que os altos investimentos serão perdidos se eles corrigirem uma tecnologia de interface que, em última instância, não é executada. Assim, a maior parte das PMEs industriais somente irá adotar as tecnologias da Indústria 4.0 se houver alta interoperabilidade e segurança do CPS por meio de interfaces e protocolos padronizados.

Para Schröder, uma maneira alternativa de superar problemas de interface seria usar serviços em nuvem de nível superior. Os serviços a jusante também podem ser desenvolvidos e fornecidos através de plataformas. Por essa razão, ele considera alarmante o fato que as PME alemãs utilizem tão pouco os serviços em nuvem de nível superior e, assim, privem-se da oportunidade de estabelecer interoperabilidade entre os diferentes sistemas. O maior obstáculo para a utilização de serviços na nuvem são preocupações de segurança. Claramente, existe uma grande preocupação de que dados confidenciais da empresa não sejam realmente seguros na nuvem e possam ser acessados por terceiros. Outros motivos para as PMEs desconsiderarem os serviços na nuvem incluem incerteza sobre a localização geográfica onde os dados da empresa são armazenados e a jurisdição.

O Impacto da Indústria 4.0 no Mundo do Trabalho

Na visão do governo alemão e dos seus parceiros na iniciativa Indústria 4.0, os sistemas ciber-físicos aumentam a produtividade e a eficiência dos recursos e permite modelos mais flexíveis de organização do trabalho na indústria de transformação. As empresas que usam a tecnologia CPS terão uma clara vantagem quando vierem a recrutar os melhores funcionários, pois podem oferecer um melhor equilíbrio entre vida profissional e a vida privada. Uma nova geração de sistema de assistente industrial que usa realidade aumentada e interação multimodal ajudará os trabalhadores das fábricas a lidar com a complexidade da produção físico-cibernética e permitirá novas formas de colaboração pelas mídias sociais digitais.

De acordo com o professor Daniel Buhr da Universidade Eberhard Karls, em seu artigo "*Social Innovation Policy for Industry 4.0*" publicado em 2015, em consequência dos avanços tecnológicos em curso, as seguintes tendências já estão emergindo no mundo do trabalho:

- A organização do trabalho está se tornando mais flexível em termos de tempo e espaço.
- Os processos de trabalho são cada vez mais digitalizados, mais descentralizados e menos hierárquicos.
- Os processos de trabalho estão se tornando mais transparentes.
- Mais atividades de rotina são digitalizadas e automatizadas.

Segundo ele, no discurso do governo e dos demais participantes do projeto Indústria 4.0 tem prevalecido, sobretudo, as perspectivas progressivas e disruptivas da inciativa, com destaque às oportunidades que serão criadas. Há, contudo, certas controvérsias a respeito dos impactos no mercado de trabalho. Em sua visão, a questão inquietante é se o aumento da digitalização reduzirá o número de empregos na indústria de transformação. No momento, não há uma resposta definitiva a esta questão. Além de muito incertas, as estimativas diferem amplamente. Todavia, segundo ele, contrariamente às discussões da década de 1980, hoje não prevalece mais a oposição humano versus máquina. Em vez disso, a maioria dos cenários gira em torno de uma relação mais complexa entre humanos e máquinas. Segundo ele, seriam três os principais cenários:

- ***Cenário de automação***: sistemas diretos humanos. As tarefas de monitoramento e controle são assumidas pela tecnologia, que prepara e distribui informações em tempo real. Os funcionários respondem às necessidades dos sistemas ciber-físicos (CPS) e assumem principalmente tarefas executivas. As habilidades dos trabalhadores menos qualificados são assim desvalorizadas.

- ***Cenário híbrido***: as tarefas de monitoramento e controle são realizadas através de tecnologias cooperativas e interativas, objetos e pessoas em rede. As exigências dos empregados aumentam porque precisam ser consideravelmente mais flexíveis.

- ***Cenário de especialização***: as pessoas usam sistemas CPS como uma ferramenta para apoiar a tomada de decisões. O papel dominante dos trabalhadores qualificados é mantido.

Na avalição do autor, a digitalização e a Indústria 4.0 mudarão massivamente o trabalho no futuro. A automação permitirá uma produção em série cada vez menor (produção única), mas o trabalho continuará, todavia, sendo uma parte importante da produção. Assim, a Indústria 4.0 significa muito mais do que a conectividade. O futuro inclui a aquisição, armazenamento e distribuição de dados inteligentes por objetos e pessoas. As tarefas tradicionais dos trabalhadores de linha de produção e dos trabalhadores do conhecimento vão se amalgamar em um grau cada vez maior.

Como resultado, muitos processos de trabalhos serão realizados de forma mais eficiente e efetiva no futuro. Os processos também fornecerão uma variedade de novos sistemas de assistência. Isso significa que os processos de administração e produção também serão automatizados. Uma variedade de opções se abrirá para determinados processos de trabalho e grupos de trabalhadores (especialmente os altamente qualificados) para desenhar sua própria vida profissional, tanto em termos de onde e quando eles fazem seus trabalhos, bem como a natureza da atividade e acesso à tarefa em mãos. Portanto, se supõe para o futuro uma polarização do emprego, na qual certas ocupações com requisitos de habilidades e salários de nível médio serão os primeiros a se tornarem redundantes com o avanço da automação inaugurada pela Indústria 4.0.

Embora considere que no caso da Alemanha tal cenário de polarização não pareça muito realista, devido à forma como os sistemas de produção e os perfis de qualificação estão configurados, o autor ressalta que as consequências da Indústria 4.0 também podem ser menos dramáticas do que em outros países devido à mudança demográfica e à escassez iminente de trabalhadores qualificados no país. Consequentemente, as ocupações nas extremidades inferior e superior do espectro de qualificação que são menos

automatizáveis e aquelas profissões baseadas em experiência e interação ganhariam relevância.

Segundo Burh, também é bastante provável que surjam novos campos de ocupação. Além disso, devido ao aumento da terceirização, provavelmente crescerão as massas de "trabalhadores de cliques" e "trabalhadores da nuvem" que, como *freelancers*, correm o risco de serem mal remunerados e contarem com menor proteção social.

Aplicações típicas da interação homem-máquina

Extraído de Buhr, 2015, p. 8.

O aumento da digitalização parece estar levando ao imenso potencial de inovação na área organizacional. Tecnicamente, por meio da fusão de bens e serviços para objetos e produtos inteligentes, a produção pode tornar-se mais rápida e eficiente em termos de recursos. As novas organizações empresariais que irão surgir podem gerar novas formas de emprego e modelos de negócios. Socialmente, o equilíbrio entre carreira e família (ou velhice e deficiência) pode encontrar equilíbrio por meio da introdução de sistemas de assistência inteligentes. Porém, esses desenvolvimentos também implicam enormes riscos, tanto individual como social. A flexibilidade adicional também pode significar delimitação adicional do trabalho, aceleração e trabalho mais intenso, com mais estresse e outros novos desafios para o equilíbrio entre trabalho e vida. Existem outras áreas sensíveis a ter em mente, tais como proteção, privacidade e segurança.

Para o autor, é preocupante que a maioria das publicações sobre a Indústria 4.0 se concentre principalmente na Internet de coisas, objetos inteligentes e fábricas inteligentes, com exploração do conceito "Indústria 4.0" principalmente do ponto de vista técnico. Segundo ele, ainda há pouca reflexão sobre o que a Indústria 4.0 significa para as pessoas e para a sociedade em geral. O aumento da digitalização, no entanto, não só terá um enorme impacto em máquinas, fábricas e setores, mas também em sociedades.

Por essa razão, ele vai defender a ideia que a iniciativa Indústria 4.0 seja compreendida como uma oportunidade de inovação social e progresso. Segundo ele, uma inovação social é uma solução inovadora para um desafio social mais eficaz ou mais eficiente, sustentável ou mais equitativo do que as práticas existentes. O bem da sociedade está em foco e não os benefícios para um único inovador. Do ponto de vista defendido por Burh, as inovações sociais têm influência crucial para que uma invenção tecnológica se torne uma inovação generalizada (distinção de Schumpeter), nos canais em que é difundida e quais os efeitos que se desenrolam no processo.

De acordo com este entendimento, uma inovação só pode ser social quando é socialmente aceita, amplamente difundida na sociedade ou entre certos grupos sociais e, finalmente, se torna institucionalizada ou rotineira como uma nova prática social. Assim, somente quando os desenvolvimentos dentro e ao redor da Indústria 4.0 realmente resultarem em valor agregado social (por exemplo, trabalho decente ou nova qualidade do trabalho), quando as práticas sociais "melhores para as pessoas" se estabelecerem, tanto para os consumidores quanto para os produtores, bem como os trabalhadores nas fábricas inteligentes do futuro,- o verdadeiro caráter dual da inovação social poderá ser cumprido.

Para o autor, tratar a Indústria 4.0 como uma inovação social tem implicações para a política de pesquisa e inovação. As inovações sociais ocorrem no debate. O diálogo com a sociedade deve, portanto, ser uma parte orgânica da pesquisa e da inovação. Por sua vez, pode fortalecer a abertura tecnológica e a maturidade dos riscos da sociedade. Quem quer que leve a sério a inovação através da participação tem que fazer mais sobre as condições estruturais além dos desenvolvimentos tecnológicos e sua integração em nossos mundos da vida: áreas como proteção de dados, privacidade e segurança; direitos autorais, regulamentos de concorrência e direitos de propriedade intelectual. Isso exige medidas de investigação e de consulta numa fase precoce em relação à forma como os parâmetros legais devem ser adaptados aos novos desenvolvimentos tecnológicos, práticas sociais e modelos de negócios.

Nesse sentido, ele defende que a política governamental de inovação não se restrinja apenas às questões da alta tecnologia e que os formuladores de políticas levem em consideração as especificidades dos processos de inovação nos setores não intensivos em pesquisa. Segundo ele, a iniciativa Indústria 4.0 precisa de ambos. Para Burh, a Indústria 4.0 é efetivamente a inovação baseada em ciência ao lado da aplicação e da inovação induzida pelo cliente.

4.3. O Plano Estratégico da Manufatura Avançada nos EUA[34]

Introdução

Neste capítulo são analisadas as iniciativas do governo federal dos Estados Unidos para elevar a produtividade da economia e recuperar a competitividade da indústria de transformação doméstica e sua liderança mundial nos setores de alta tecnologia. Para tanto, foram utilizados dois documentos oficiais publicados pelo Conselho Nacional de Ciência e Tecnologia (NSTC), que é chefiado pelo próprio presidente da República.

A partir de um diagnóstico do setor industrial de alta tecnologia dos Estados Unidos e dos desafios para assegurar sua competitividade em contexto de novas tecnologias emergentes que irão revolucionar a produção industrial, o documento "*A National Strategic Plan For Advanced Manufacturing*", de 2012, apresenta os princípios e os objetivos da nova estratégia norte-americana para a manufatura avançada.

Um documento de abril de 2016, "*Advanced Manufacturing*: a snapshot of priority technology areas across the federal government", a seu turno, mapeia as áreas de tecnologias emergentes e já existentes que são as mais importantes, tanto para a competitividade dos EUA no setor industrial como para a segurança nacional, de modo a fornecer uma base de prioridades para as colaborações público-privadas e uma visão compartilhada de como avançar para garantir a liderança dos Estados Unidos na indústria de alta intensidade tecnológica.

A análise desses documentos oficiais do NSTC foi enriquecida por três artigos: "What is new in the new industrial policy? A manufacturing systems perspective", de autoria de quatro professores da Universidade de Cambridge, Eion O'Sullivan, Antonio Andreoni, Carlos López-Gómes e Mike Gregory, publicado em 2013 na Oxford Rewiev of Economic Policy; "The rise of advanced manufacturing institutes in the United States" de autoria do professor William Bonvillian do Massachusetts Institute of Technology (MIT) publicado em 2017 no estudo da OECD *The Next Production Revolution*: Implications for governments and business; e "The Obama Administration's Proposal to Establish a

[34] Trabalho divulgado como Carta IEDI n. 820. Disponível em https://iedi.org.br/cartas/carta_iedi_n_820.html

National Network for Manufacturing Innovation", de autoria de John Sargent Jr publicado em janeiro de 2014 pelo Congressional Research Service.

O Declínio da Indústria nos Estados Unidos e a Reação do Governo

Como destaca o Conselho Nacional de Ciência e Tecnologia, os Estados Unidos abrigam o maior e um dos mais sofisticados e diversificados sistemas industriais do mundo, representando cerca de um quarto do valor agregado mundial da indústria de transformação. Em 2010, as empresas industriais dos EUA produziram cerca de US$ 1,7 trilhão de bens, respondendo por 11,7% do Produto Interno Bruto (PIB) dos EUA, e empregaram 11,5 milhões de americanos, pagando, em média, 21% acima da remuneração horária média em atividades do setor privado de serviços. A indústria de transformação tem um efeito multiplicador maior do que qualquer outra atividade econômica importante: um dólar gasto na produção manufatureira gera uma atividade econômica adicional de US$ 1,357. A indústria de transformação também é o maior contribuinte para as exportações norte-americanas. Em 2010, os EUA exportaram mais de US$ 1,1 trilhão de produtos manufaturados, que representaram 86% de todas as exportações de bens e 60% das exportações totais do país.

O setor industrial norte-americano responde ainda por aproximadamente de 72% de todas as despesas de pesquisa e desenvolvimento (P&D) do setor privado e emprega cerca de 60% da força de trabalho nas atividades de P&D dos EUA. Como resultado, a indústria desenvolve e produz muitas das tecnologias que promovem a competitividade e o crescimento de toda a economia. Os ganhos de produtividade baseados em tecnologias desenvolvidas pelo setor da indústria de transformação geram consistentemente o crescimento do emprego em toda a economia ao longo do tempo.

Porém, na segunda metade do século passado, a indústria de transformação passou a crescer mais lentamente do que os setores de finanças, seguros, imóveis e *leasing*. Como resultado, a participação do setor industrial no PIB caiu significativamente. Esse declínio relativo da indústria foi acompanhado por uma profunda transformação do sistema nacional de produção dos EUA. As principais empresas norte-americanas deslocaram de modo crescente suas plantas de produção para outros países, bem como outras funções corporativas (por exemplo, contabilidade, tecnologia da informação, planejamento tributário, pesquisa legal), o que resultou no "encolhimento" da indústria doméstica norte-americana, com reflexo no emprego industrial: quase oito milhões de postos de trabalho foram perdidos nos últimos 30 anos.

Segundo Sargent (2014), a decisão das empresas de deslocar a produção para o exterior foi fruto dos esforços realizados por outros países para aumentar o tamanho, diversidade e proeza tecnológica de suas capacidades de produção. Para atrair operações de produção industrial de empresas multinacionais com sede nos EUA, esses países utilizaram uma variedade de ferramentas políticas (por exemplo, isenções fiscais, incentivos para treinamento de trabalhadores, acesso ao mercado, acesso aos minerais de terras raras).

Na avaliação do NSTC, a transferência da atividade de produção das grandes empresas para o exterior gerou uma lacuna entre as atividades de pesquisa e desenvolvimento (P&D) e a aplicação de inovações tecnológicas na produção doméstica de bens, que afetou a capacidade de produção nos EUA, ocasionado perda de benefícios econômicos substanciais. Pesquisadores norte-americanos inventaram e comercializaram robôs industriais, por exemplo, com a primeira instalação em uma fábrica da General Motors em 1961. Porém atualmente, a grande maioria da produção de robôs industriais é realizada na Ásia e na Europa. O mesmo padrão ocorreu com as tecnologias de armazenamento e de geração de energia, como as baterias recarregáveis de íon de lítio e células solares, e em muitas outras áreas tecnológicas. As fábricas localizadas nos EUA já não produzem telas eletrônicas para monitores de computador, televisores ou dispositivos portáteis, como o *Kindle e-reader*.

Esse deslocamento de plantas de produção industrial em larga escala resultou, como assinala o professor O'Sullivan e seus colegas, em um processo de desvinculação de produção e inovação e afetou igualmente a capacidade de inovação dos EUA, ao gerar fenômenos de bloqueio tecnológico e destruição de bens industriais compartilhados. Mais recentemente, segundo esses autores, as grandes empresas também transferiram seus centros de pesquisa e desenvolvimento (P&D) para o exterior. Casos do investimento estratégico de pesquisa e desenvolvimento da DuPont na Índia ou dos novos centros de P&D da IBM na China.

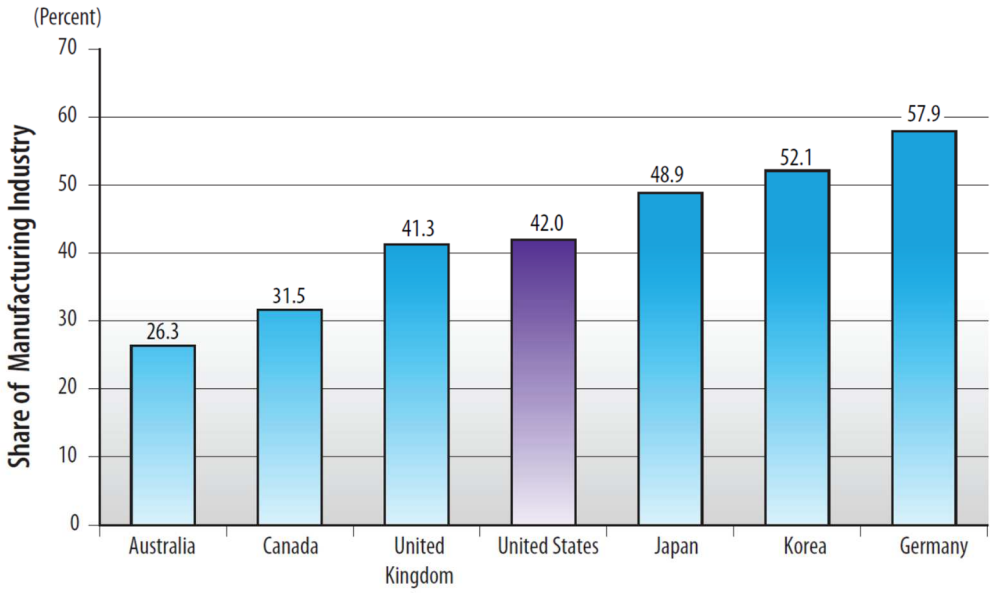
Essas dinâmicas se refletem claramente na drástica deterioração dos desempenhos comerciais dos Estados Unidos em produtos de alta tecnologia. Como se observa na Figura abaixo, os superávits comerciais ao longo da década de 1990 se converteram em déficit de quase US$ 100 bilhões em 2010.

Balança Comercial dos Estados Unidos por Produtos Industriais de Alta Tecnologia – 1998-2010, em US$ bilhões

Extraído de NSTC, 2012, p. 5.

De acordo com o NSTC, as tendências mundiais atuais em P&D, inovação e comércio exterior levantam preocupações com a competitividade dos Estados Unidos na manufatura avançada. Em 2009, os EUA ocuparam o oitavo lugar entre os países industrializados para a intensidade de P&D (definida como P&D nacional em proporção do PIB), de acordo com a Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE). Em um relatório da Fundação de Tecnologia da Informação e Inovação em 2011, os EUA apareciam classificados em 4º lugar entre 44 países e regiões industrializadas na competitividade mundial baseada em inovações. Porém, no quesito progresso no sentido de aumentar a competitividade e a capacidade de inovação desde 2000, a classificação do país caiu para penúltimo lugar. Atualmente, países como Alemanha, Coréia do Sul e Japão têm mais setores industriais intensivos em P&D do que os EUA.

Participação dos Setores Intensivos em Pesquisa* no Valor Adicionado da Indústria de Transformação, 2009, em %.



Extraído de NSTC, 2012, p. 5.

Nota:

* Investimentos em de P&D iguais ao superior a 3% das vendas.

Essas tendências preocupantes foram acompanhadas por um crescente declínio e incerteza no financiamento público de P&D desde meados da década de 1980, bem como uma nova crise nacional de escassez de trabalhadores qualificados. Estima-se que cerca de 60% da força de trabalho de ciência e engenharia nos EUA serão elegíveis para aposentadoria nos próximos cinco anos e que a produção atual de habilidades é completamente insuficiente para corresponder às necessidades nacionais atuais e futuras. De fato, a proporção de estudantes que obtém diploma em ciência e engenharia é inferior a 5%, em comparação com 12% na Europa (principalmente na Alemanha) e mais de 20% na Ásia.

A perda de tais capacidades de produção afeta tanto a economia como a segurança nacional dos EUA, dado que o país depende fortemente de sua base industrial para produzir armas, aeronaves, veículos, navios e outros equipamentos necessários para proteção da nação. De acordo com o NSCT, o Comitê da Lei de Produção para a Defesa (DPAC), criado em 2009, pela Administração Obama, identificou uma série de necessidades vitais do governo que os EUA atualmente não conseguem atender mediante produção doméstica segura e confiável. A análise do DPAC também revelou várias tecnologias-chave para as quais uma iminente falta de produção dos EUA

provavelmente criará vulnerabilidades de segurança nacional. Uma amostra de vulnerabilidades específicas inclui trem de pouso das aeronaves; componentes do vagão ferroviário; discos de rotores para grandes turbinas; peças do motor do foguete; sistemas de lançamento de mísseis; veículos aéreos e terrestres não tripulados; componentes da energia nuclear; fuselagens de aeronaves; veículos orbitais; roteadores e comutadores de rede; transporte óptico de dados; eletrônicos de potência avançada; compósitos de baixo custo; e condutores de transmissão.

A forma como os EUA enfrentaram esses desafios estruturais emergentes caracterizou-se principalmente por uma forte ênfase nas políticas de inovação, mais do que em políticas industriais como tais. Como destaca O'Sullivan e outros, na avaliação do governo federal norte-americano, "enquanto os Estados Unidos evitarem políticas industriais – apostas em empresas e indústrias específicas – devem ser ousados em seguir uma política de inovação". Portanto, a ênfase das políticas é concentrada nas atividades de promoção tecnologias intersetoriais de propósito geral.

Nesse sentido, além de propor a criação e o financiamento de uma variedade de iniciativas (por exemplo, a Parceria de Manufatura Avançada, Iniciativa Nacional de Robótica, Iniciativa de Genoma de Materiais) voltadas à promoção da indústria de transformação dos EUA, a Administração Obama divulgou, em fevereiro de 2012, uma estratégia compreensiva para orientar os investimentos federais em P&D de tecnologia avançada. Esse documento assinala que "a aceleração da inovação para a indústria avançada exige reduzir uma série de lacunas no atual sistema de inovação dos EUA, particularmente o fosso entre as atividades de P&D e a introdução de inovações tecnológicas na produção doméstica de bens".

Seguindo as recomendações do grupo de trabalho que elaborou o plano estratégico, o governo federal incluiu na proposta orçamentária, para o ano fiscal de 2013, enviada ao Congresso a previsão de recursos obrigatórios da ordem de US$ 1 bilhão para a criação de uma Rede Nacional de Inovação Industrial (NNMI). Inspirada no modelo dos Institutos Fraunhofer da Alemanha, essa rede de "Institutos de Inovação Industrial" (IMIs) regionais foi projetada para acelerar o desenvolvimento e a adoção de tecnologias industriais avançadas com aplicações amplas e para apoiar a comercialização de tecnologia de fabricação, superando o fosso entre laboratório de pesquisa e mercado. Paralisado por disputas políticas, o Congresso não aprovou a proposta do presidente. No entanto, a Governo Federal usou os créditos orçamentários existentes do Departamento de Defesa e as dotações regulares do ano fiscal de 2012 para credenciar um instituto piloto, o Instituto Nacional de Inovação em Manufatura Aditiva, referindo-se a ele como "uma prova de conceito para os potenciais institutos subsequentes".

O Plano Nacional Estratégico para a Manufatura Avançada e os Institutos de Inovação Industrial serão tratados mais adiante com maiores detalhes. A seguir, é apresentado um breve histórico das ações do governo federal dos Estados Unidos na promoção da pesquisa tecnológica de ponta e da inovação industrial.

Antecedentes da Ação Governamental em Prol da Inovação Industrial

Nos Estados Unidos, o papel ativo do governo federal na promoção da inovação industrial decorreu principalmente da Segunda Guerra Mundial, ocasião em que empreendeu uma série de grandes esforços tecnológicos em estreita colaboração com a indústria, laboratórios da indústria e pesquisadores universitários. No final da guerra, contudo, o único elemento desse sistema que foi preservado foi a pesquisa básica realizadas nas universidades, com financiamento federal e apoiadas pelas agências e organismos federais de pesquisa. Segundo o professor William Bonvillian, como o sistema de produção industrial baseado em produção em massa dominava a produção mundial, o desafio principal, na avalição do governo, era criar uma base de pesquisa fundamental, dando continuidade ao que havia sido iniciado durante a guerra.

Por essa razão, quando os EUA construíram um sistema nacional de inovação apoiado pelo governo federal, esse foi organizado em torno de atividades de P&D em estágio inicial. A aplicação da inovação na produção industrial sequer foi considerada. Para Bonvillian, a experiência americana contrasta fortemente com as da Alemanha e do Japão, que tiveram que reconstruir suas bases industriais no pós-guerra. Enquanto esses dois países se concentraram na inovação liderada pela indústria de transformação, os Estados Unidos se concentraram na inovação liderada pela pesquisa básica. Como a produção de novas tecnologias é uma parte importante dos sistemas nacionais de inovação, sistema de inovação dos EUA permaneceu incompleto.

Na interpretação de Bonvillian, devido a essa lacuna, a indústria dos Estados Unidos enfrentou sérios problemas durante os anos 1970 e 1980 com a forte concorrência da produção japonesa. O Japão inovou em tecnologias e processos de produção para criar bens manufaturados de qualidade, capturando grandes partes dos setores de automóveis e de eletrônicos de consumo. Segundo o autor, contente com seu modelo de produção em massa, os EUA não participaram desse avanço e tiveram que lutar durante anos para recuperar o atraso.

De acordo com o autor, como parte dos esforços em se aproximar dos avanços japoneses na produção industrial, os EUA criaram uma série de novos programas

voltados para a indústria de transformação na década de 1980 para complementar a ênfase na pesquisa básica:

- A Lei Bayh-Dole, aprovada em 1980, foi a primeira da nova geração de leis de competitividade. Historicamente, o governo federal detinha os direitos sobre os resultados das pesquisas financiadas com recursos governamentais. Se o governo federal não aplicasse a tecnologia, a propriedade intelectual ficava na prateleira. O ato transferiu a propriedade de resultados de pesquisa financiados pelo governo federal para as universidades onde a pesquisa foi realizada, dando às universidades uma participação em sua comercialização e estimulando um papel de empreendedorismo para pesquisadores universitários.

- A Parceria de Extensão da Indústria Manufatureira (MEP) foi autorizada pelo Congresso em 1988, com base no sucesso do programa de extensão da agricultura. Essa parceria visava trazer as últimas tecnologias e processos de produção para pequenos fabricantes em todo o país, aconselhando-os sobre os últimos avanços tecnológicos para promover ganhos de produtividade. O MEP formou centros de extensão em todos os estados da federação, os quais compartilharam os custos, apoiado por um pequeno *staff* do Departamento do Comércio, encarregado de avaliações de programas e transmissão de melhores práticas aos centros estaduais.

- O Programa de Pesquisa em Inovação de Pequenas Empresas (SBIR), criado em 1982, oferece recursos concessionais, em moldes competitivos, para financiamento de pesquisa e desenvolvimento de empresas pequenas iniciantes. Administrados pelas 11 maiores agências federais de P&D como parte de seus programas de pesquisa, os recursos do SBIR destinavam-se a assegurar que empresas pequenas, de alta tecnologia e inovadoras, faziam parte dos esforços de P&D do governo federal.

- Programa de Tecnologia Avançada (ATP) foi criado em 1988 como um programa do Instituto Nacional de Padrões e Tecnologia (NIST) do Departamento de Comércio para financiar uma base ampla de P&D de alto risco e alta recompensa realizada pela indústria. Embora tivesse tido sucesso criando projetos de desenvolvimento de estágios avançados de novas tecnologias, na década de 2000, o Congresso gradualmente eliminou o *funding* o programa por considerá-lo como uma "política industrial" excessivamente intervencionista federal.

- A Sematech foi formada por um consórcio de fabricantes de semicondutores e fabricantes de equipamentos que, no final da década de 1980, enfrentavam um

iminente desaparecimento frente aos fortes concorrentes do Japão. Como a tecnologia de semicondutores era fundamental para muitos sistemas de defesa, o esforço tinha implicações de segurança nacional, de modo que o financiamento da indústria foi complementado com recursos governamentais provenientes da Agência de Projetos de Pesquisa Avançada da Defesa (DARPA), vinculada ao Departamento da Defesa. O consórcio centrou-se em grandes melhorias de eficiência e qualidade na produção de semicondutores e chips. Após cinco anos, a liderança da indústria foi restaurada e o financiamento da DARPA terminou em 1996. A Sematech continuou como uma organização-chave de planejamento tecnológico para manter a indústria de microeletrônica dos Estados Unidos em linha com o roteiro preditivo da lei de Moore. O modelo Sematech é o mais próximo das abordagens organizacionais que foram consideradas pelo governo federal no período 2010-12.

Na avaliação de Bonvillian, esses programas relacionados à indústria de transformação permaneceram modestos e de escala limitada porque, no início da década de 1990, os EUA, com base nos avanços do seu forte sistema de inovação orientado para a P&D em pesquisa básica, conseguiram liderar o lançamento da revolução da tecnologia de informação. Os EUA entraram em uma década de forte crescimento do PIB e da produtividade e, em grande parte, esqueceu-se da indústria. A concorrência emergente da indústria da China, exacerbada pela Grande Recessão, teria forçado, segundo o autor, outro despertar.

Já o professor Eoin O'Sullivan e seus colegas da Universidade de Cambrige consideram que o sistema de inovação tem sido um dos principais impulsionadores do sucesso industrial dos EUA. Tradicionalmente, o sistema de inovação foi articulado em torno de uma rede de pesquisa em universidades e laboratórios nacionais amplamente financiados publicamente, bem como um conjunto de agências e organismos federais, como o Departamento de Defesa, os Institutos Nacionais de Saúde, a Fundação de Ciência Nacional (NSF), Instituto Nacional de Normas e Tecnologia (NIST), os Departamentos de Defesa, Energia e Agricultura e, finalmente, a Administração Nacional de Aeronáutica e do Espaço. Embora outros países tenham entrado agressivamente na corrida tecnológica, os EUA ainda lideram o mundo em gastos de pesquisa e patentes.

Como se sabe, durante todo o período da guerra fria, o governo federal norte-americano por meio do Departamento da Defesa (DoD) apoiou fortemente atividades industriais consideradas vitais para a segurança nacional. Com esse propósito foi criado em 1956, os programas ManTech, administrados pelo Exército, Marinha, Força Aérea e pela

Agência de Logística de Defesa (DLA, na sigla em inglês). De acordo com o NSTC (2012), desde a sua origem, o ManTech fornece o vínculo crucial entre invenção tecnológica e aplicações robustas em toda a base industrial de defesa dos EUA, amadurecendo e validando tecnologias industriais de ponta para promover a aplicação de baixo risco pela indústria e instalações do DoD. Além de programas como o ManTech, o DoD atua por meio do DARPA, respondendo por metade dos gastos federais em P&D.

As iniciativas atuais e planejadas dos Programas ManTech incluem, desde 2009, o desenvolvimento de tecnologias e processos de produção industrial avançados para a produção acessível e oportuna e para a manutenção de sistemas de defesa. Em estreita parceria com a indústria, o programa impacta todas as fases do desenvolvimento, aquisição e sustentação do sistema através do desenvolvimento, amadurecimento e transição de tecnologias avançadas de fabricação avançada. Os investimentos estão focados nas tecnologias que têm o maior benefício para os combatentes e são equilibradas para apoiar a transição de tecnologias emergentes, melhorias para as empresas de produção existentes e o fortalecimento da base industrial dos EUA. O ManTech possui uma longa história de fornecimento de tecnologias e processos avançados de produção, como máquinas controladas numericamente, compósitos de fibra de carbono, fabricação de microeletrônica, radares avançados, munições guiadas a laser, métodos de produção enxuta, ótica avançada e armaduras avançadas. Muitas tecnologias industriais de defesa se disseminaram nos mercados comerciais e resultaram em grandes avanços econômicos para os EUA.

Os gastos federais em P&D são principalmente focados no desenvolvimento de tecnologias em defesa, espaço, saúde, energia e meio ambiente, ou em um número selecionado de indústrias. O suporte financeiro governamental é concedido por meio de bolsas de pesquisa em resposta a propostas públicas, competitivas, e a promoção de parcerias público-privadas. Em 2012, segundo O'Sullivan e outros, 75% do P&D federal destinado à indústria de transformação se concentravam em dois setores, a saber, aeroespacial e instrumentos.

Independentemente da composição do Congresso ou do presidente no poder, a agenda de políticas industriais do governo federal dos EUA tem, segundo os autores, sido fundamentalmente focada em: (i) reconstruir condições estruturais para a competitividade industrial dos EUA, proporcionando acesso a habilidades e financiamento para pequenas e médias empresas (PME) e reduzindo os custos enfrentados pelas empresas, como os relacionados a saúde, impostos e energia; (ii) a criação de uma "área de jogo equitativa" e garantir o acesso aos mercados internacionais através de acordos bilaterais e a aplicação dos regulamentos da

Organização Mundial do Comércio; (iii) impulsionar a P&D de manufatura avançada alocando recursos para ciência e inovação tecnológica e apoiando agências ou programas especiais.

Segundo O'Sullivan e outros, na última década houve mudança na maneira de aplicação dos instrumentos de política. A crise financeira foi apenas parcialmente responsável por essa mudança, embora estimulasse a repensar o papel do governo federal e legitimasse os argumentos de falha do mercado que, desde então, se tornaram cada vez mais evidentes em documentos políticos. Em 2009-2010, os esforços da Administração Obama se concentraram na criação de emprego no curto prazo e na recuperação do setor automotivo falido. O American Recovery and Reinvestment Act (ARRA) aprovado em 2009 foi um pacote de estímulo de US$ 787 bilhões, com medidas de resgates de empresas "muito grandes para falir", como a General Motors, e suporte financeiro para iniciativas de energia limpa, que incluíam garantias de empréstimos para energias renováveis, projetos de transmissão de eletricidade e soluções de redes inteligentes de distribuição de energia, mas também subvenções para baterias e materiais-chave e projetos de pesquisa como os financiados pela ARPA-E (Advanced Research Projects Agency-Energy).

Superada a emergência da crise, o governo do presidente Obama anunciou aumentos significativos no financiamento de medidas selecionadas de administrações anteriores, bem como uma série de novas políticas de estímulos. Além de um conjunto de medidas voltadas à criação de empregos, ampliação das exportações e ao apoio financeiro das pequenas e médias empresas, em particular àquelas especializadas na ampliação e fabricação de sistemas e componentes tecnológicos altamente específicos, também foram introduzidos vários incentivos e programas destinados a reconstruir as condições estruturais para a indústria de transformação dos EUA. Igualmente, foram concedidos incentivos financeiros e alívio fiscal para investimentos em instalações e equipamentos e foram lançadas cem novas escolas secundárias focadas em ciência, tecnologia, de engenharia e matemática (STEM, na sigla em inglês) e esquemas de incentivo para aumentar as taxas de graduação da STEM.

No contexto da crise econômica, o Escritório de Política de Ciência e Tecnologia da Casa Branca (OSTP) preparou vários estudos e recomendou um enfoque estrutural de longo para as ações do governo federal em prol da indústria. E o Conselho Nacional de Ciência e Tecnologia (NSTC), presidido pelo próprio presidente da República, lançou em junho de 2011, duas iniciativa multi-agências, a Iniciativa de Genoma de Materiais para a Competitividade Global, que destinou US$ 100 milhões ao financiamento multianual de projetos e infraestrutura de inovação em matérias avançados e a nova Iniciativa

Nacional de Robótica, que prevê financiamento anuais da ordem de US$ 70 milhões para novos projetos em robótica, bem como anunciou a criação do programa Parceria para Manufatura Avançada (AMP, na sigla em inglês) e o Escritório Nacional de Programas de Produção Avançada (AMNPO, na sigla em inglês).

Com recursos da ordem de US$ 500 milhões, a Parceria para Manufatura Avançada reuniu representantes da indústria de transformação, das universidades e das agências federais, dirigido conjuntamente pelo diretor executivo da Dow Chemical e pelo presidente do Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT), para estimular investimentos em tecnologias emergentes que podem melhorar a fabricação e criar novos negócios e empregos. Do lado da indústria, a AMP incluiu diretores executivos de um grupo diversificado de grandes empresas, distribuídas por vários setores industriais. Do lado da universidade, o AMP incluiu presidentes de cinco universidades fortes em engenharia e ciência aplicada. Do lado do governo federal, além do presidente do Conselho Econômico Nacional (NEC), e do Secretário de Comércio interino, participavam representantes do NIST do Departamento de Comércio, da Divisão de Engenharia da NSF, do Escritório de Eficiência Energética e Energias Renováveis (EERE) do Departamento de Energia e do Departamento de Defesa por meio dos programas Mantech.

A partir do lançamento da Parceria para a Manufatura Avançada (AMP), a Administração Obama concentrou seus esforços para impulsionar e coordenar o P&D industrial mediante a elaboração de uma estratégia abrangente voltada à manufatura avançada, a identificação de tecnologias prioritárias e a proposta de criação de uma rede nacional de institutos de inovação industrial.

A Estratégia Nacional de Manufatura Avançada

Publicado pelo NSTC em fevereiro de 2012, o Plano Nacional Estratégico de Manufatura Avançada foi elaborado por um grupo de trabalho interagências, a partir das recomendações e sugestões da AMP. Nos relatórios que produziu, ouvindo representantes da indústria e pesquisadores acadêmicos, a AMP sugeriu priorizar os investimentos federais em tecnologias transversais críticas com base em critérios como necessidade nacional, demanda global, competitividade da indústria dos EUA e prontidão tecnológica.

Na avaliação do grupo de trabalho, a manufatura avançada está emergindo como um motor especialmente potente do crescimento econômico futuro. Manufatura avançada

é uma família de atividades que (a) dependem do uso e coordenação de informações, automação, computação, *software*, detecção e rede, e / ou (b) utilizam materiais de ponta e capacidades emergentes habilitadas pelas ciências físicas e biológicas, como a nanotecnologia, a química e a biologia. Envolve tanto novas formas de fabricação de produtos existentes quanto à fabricação de novos produtos que surgem das novas tecnologias avançadas.

Uma característica distintiva da manufatura avançada é a melhoria contínua dos processos e a rápida introdução de novos produtos. É esse aspecto de mudança de paradigma de produção avançada que tem o maior potencial para viabilizar o surgimento de indústrias inteiramente novas e de métodos de produção que são mais propensos a "permanecer" nos Estados Unidos porque são difíceis de imitar.

A concorrência global em manufatura avançada está crescendo mais intensamente à medida que os ciclos de vida da tecnologia são acelerados. Um ciclo de vida começa com o conceito básico de uma tecnologia. Para muitas tecnologias, o conhecimento científico criado mediante a pesquisa básica fornece as ideias-chave que tornam possível o conceito básico. Então o conceito é validado, em geral, por meio de pesquisa aplicada. Em seguida, os esforços de desenvolvimento amadurecem a tecnologia em um protótipo de um produto comercial. Finalmente, as atividades de comercialização e ampliação convertem o protótipo em um produto comercialmente viável e aumentam a escala de produção para um nível economicamente viável, respectivamente. As empresas normalmente recuperam os custos do investimento em tecnologia através dos lucros na fase de expansão.

A aceleração do ciclo de vida aumenta a importância de ganhar participação de mercado na fase de comercialização, de modo que os produtores domésticos possam aproveitar as enormes oportunidades associadas à fase de expansão. Além de gerar ganhos, a ampliação da escala exige, atualmente, alcançar economias de escopo ao produzir rapidamente versões alternativas do mesmo produto-base para satisfazer diversos clientes globais.

A manufatura avançada é uma questão de importância fundamental para a força econômica e a segurança nacional dos EUA. Além de oferecer empregos de alta qualidade, a manufatura avançada é uma importante fonte de exportações. Ademais, é uma fonte-chave de inovação tecnológica e fornece bens e equipamentos essenciais para as forças armadas, a comunidade de inteligência e agências de segurança interna. Na avaliação do grupo de trabalho, esses impactos justificam a atenção do Congresso e do Executivo às políticas federais que afetam a manufatura avançada.

Além dos princípios que são apresentados a seguir, a estratégia norte-americana busca atingir cinco objetivos, que, de acordo com o documento, estão interligados, de modo que o progresso em qualquer um deles facilitará os progressos nos outros:

1. Acelerar o investimento em tecnologia de produção industrial avançada, especialmente pelas pequenas e médias empresas industriais, promovendo o uso mais eficaz das capacidades e instalações federais, incluindo a aquisição antecipada de produtos de ponta por agências federais.

2. Ampliar o número de trabalhadores que possuem as habilidades necessárias para um setor de produção manufatureira avançada e tornar o sistema de educação e treinamento mais receptivo à demanda por competências.

3. Criar e apoiar parcerias nacionais e regionais público-privadas, governo-indústria-academia, para acelerar o investimento e a aplicação de tecnologias de manufatura avançada

4. Otimizar o investimento industrial avançado do governo federal, adotando uma perspectiva de portfólio entre agências e ajustando-se adequadamente.

5. Aumentar o total de investimentos públicos e privados dos EUA em pesquisa e desenvolvimento (P&D) em produção industrial avançada.

Um grande número de agências federais, coordenadas pelo NSTC, desempenha importantes papéis na aplicação da estratégia, que estabelece, ainda, indicadores de curto e longo prazo para cada um dos objetivos.

Objetivos, Ações e Indicadores do Plano Nacional Estratégico de Manufatura Avançada

Objetivos	Ações	Agências Federais Executoras	Indicadores de Curto Prazo	Indicadores de Longo Prazo
1. Acelerar o investimento em tecnologia de produção industrial avançada, especialmente pelas pequenas e médias empresas industriais, promovendo o uso mais eficaz das capacidades e instalações federais, incluindo a aquisição antecipada de produtos com tencologia de ponta pelas agências federais.	Ações federais que apoiam investimentos em manufatura avançada incluem: (a) aumento da coordenação de seus investimentos relacionados à manufatura avançada com investidores privados e públicos não-federais; (b) compra de produtos fabricados por empresas de manufatura avançada no início da fase de expansão; (c) investir em áreas específicas de importância crítica para a segurança nacional.	Departmentos do Comércio (DoC), Defesa (DoD), Energia (DoE), Segurança Interna (DoHS), Transporte (DoT), General Services Administration (GSA), National Aeronautics and Space Administration (NASA) e Small Business Administration (SBA)	(a) exemplos documentados de comercialização e aumento de escala por empresas que participam de programas federais, tanto empresas industriais como um todo e PMEs; (b) uso de instalações federais por empresas de manufatura avançadas ; (c) investimentos da indústria em volume equivalente aos investimentos federais em áreas de importância crítica para a segurança nacional	(a) crescimento da capacidade de produção industrial avançada, em geral e pelas PME; (b) participação das PMEs que informam sobre a atividade de inovação no setor da indústria de transformação na pesquisa da National Science Foundation (NSF); (c) crescimento na participação dos EUA no mercado mundial de produtos industriais de tecnologia avançada.
2. Ampliar o número de trabalhadores que possuem as habilidades necessárias para um setor de produção manufatureira avançada e tornar o sistema de educação e treinamento mais receptivo à demanda por competências	As ações federais no âmbito deste objetivo devem incluir esforços como (a) apoio à coordenação de currículos de educação e treinamento estaduais e locais com requisitos avançados de habilidades de fabricação e (b) apoio expandido para programas avançados de carreira de produção e educação técnica abrangendo os níveis secundário e pós-secundário e oportunidades de aprendizado por meio de parcerias regionais e programas de *cluster* industrial	Department of Labor's Employment and Training Administration (DoL/ETA), Department of Education's Office of Vocational and Adult Education (ED OVAE) e National Science Foundation (NSF)	(a) parcerias da indústria com provedores estaduais e locais de educação profissional para especificar e aplicar conjuntos avançados de habilidades da força de trabalho industrial e (b) número de indivíduos que obtém credenciais reconhecidas pela indústria por meio de programas de carreira e educação técnica, formação profissional e estágios.	(a) taxas de colocação de emprego para graduados de programas de carreira e educação técnica estaduais e locais, treinamento profissional e aprendizado, e (b) níveis de emprego em ocupações de produção altamente qualificadas
3. Criar e apoiar parcerias nacionais e regionais públicas-privadas, governo-indústria-academia para acelerar o investimento e a aplicação de tecnologias de manufatura avançada	As ações no âmbito deste objetivo incidirão no portfólio federal de investimentos de manufatura avançada em atividades de parceria, especialmente naqueles que produzem benefícios para as PMEs. Essas ações incluem: (a) facilitação do envolvimento das PME por meio de parcerias; (b) expansão das parcerias público-privadas nos espaços comunais de produção industrial avançada	DoD, DoE, Economic Development Administration (EDA), National Institute for Standard and Technology (NIST), NSF, e SBA	(a) número de parcerias público-privadas financiadas pelo governo que visam acelerar a inovação na manufatura avançada, (b) escala total de investimento em tais parcerias e (c) proporção do financiamento privado em relação ao financiamento público nessas parcerias	(a) publicações e patentes relacionadas à manufatura avançada geradas por atividades básicas de pesquisa associadas a parcerias; (b) número de produtos comercializados por empresas baseadas nos EUA envolvidas em parcerias de manufatura avançada e vendas globais de tais produtos, e (c) quocientes avançados de localização de fabricação para regiões em que as parcerias de manufatura avançadas estão ativas.
4. Otimizar o investimento industrial avançado do governo federal, adotando uma perspectiva de portfólio entre agências e ajustando-se adequadamente	As ações no âmbito deste objetivo incluem: (a) coordenação dos investimentos das agências federais nos bens comuns industriais; (b) investimentos focalizados e balanceados em materiais avançados, plataformas amplas de tecnologia de produção, processos de manufatura avançada e infraestrutura de design e dados	DOD, DOE, NIST e NSF	(a) desenvolvimento e implementação de uma estrutura para gerenciar o portfólio de todo o governo; (b) número e escala de solicitações de financiamento de manufatura avançada nas várias agências.	a) saldo do investimento federal em P & D de manufatura avançada em todas as dimensões da carteira, incluindo pesquisa básica, pesquisa aplicada, instalações de demonstração, etc.; (b) tempo acelerado para a comercialização de novos processos e produtos de manufatura avançada.
5. Aumentar o total de investimentos públicos e privados dos EUA em pesquisa e desenvolvimento (P & D) em produção industrial avançada	As ações no âmbito deste objetivo incluem (a) melhor e tornar permanente o crédito tributário federal para pesquisa e experimentação (P&E) para expandir o escopo das atividades cobertas e beneficiar um número maior de empresas; (b) aumentar o investimento federal para P & D em manufatura avançada	Department of the Treasury, DoD, DoE, NIST, e NSF	(a) a promulgação das reformas tributárias da Administração, incluindo o fortalecimento e permanente do crédito tributário de P & E; (b) níveis de financiamento federais para P & D de manufatura produção avançada	(a) ampliação do uso do crédito tributário de P&E; (b) níveis de financiamento federal para a P&D de manufatura avançada.

Elaboração IEDI a partir de NSTC, 2012, p. 11 a 27.

Política de Inovação para Manufatura Avançada. Os desafios para a competitividade da manufatura avançada dos EUA têm o potencial de minar a capacidade do país de criar empregos, inventar novas indústrias e proteger-se das ameaças à segurança no século XXI. Os EUA devem responder a esses desafios com uma política de inovação para manufatura avançada que aborda (1) a complexidade dos elementos públicos e privados das tecnologias industriais modernas e (2) as maneiras pelas quais esses elementos mudam ao longo do ciclo de vida da tecnologia.

Uma política de inovação para a manufatura avançada deve ser capaz de responder a uma série de falhas no mercado. Os mercados às vezes não proporcionam incentivos adequados aos fabricantes para fazer investimentos específicos que possam beneficiar a economia no longo prazo. Por exemplo, as tecnologias de alto risco podem ser negligenciadas se as empresas não tiverem certeza de que elas colherão os benefícios de investir nelas. As habilidades dos trabalhadores, também, podem estar sujeitas a falhas do mercado. Um empregador pode ter receio de que um trabalhador que receba um treinamento deixe o emprego antes que tal treinamento lhe seja rentável, enquanto o trabalhador pode não ter os meios financeiros para pagar o treinamento por conta própria. Os investimentos federais em pesquisa, tecnologia e educação e treinamento ajudaram a criar e acelerar novas indústrias no passado (como a indústria de semicondutores) quando as forças do mercado por si só não o teriam feito.

Como já mencionado, a abordagem norte-americana tradicional da inovação enfatizou, sobretudo, os investimentos federais em pesquisa básica. Esse tipo de investimento, que é uma resposta efetiva a uma falha de mercado importante e contínua, continua a pagar dividendos extraordinários, criando oportunidades para avanços tecnológicos em apoio ao crescimento econômico e à segurança nacional. Os EUA lideram o mundo em ciência, e deve continuar a se esforçar para manter essa condição.

No entanto, as recompensas dos investimentos federais em pesquisa básica não foram totalmente capturadas pelas instalações de produção manufatureiras avançadas localizadas nos EUA. Em parte devido às estratégias nacionais dos concorrentes e em parte devido à crescente complexidade da tecnologia industrial, os investimentos privados em capacidades de produção avançadas podem não ocorrer domesticamente, a menos que o setor público faça investimentos estratégicos para enfrentar as falhas do mercado em etapas do processo de inovação a jusante a partir da pesquisa básica. Muitos desses investimentos públicos devem ser coordenados com co-investimentos privados para criar ativos como habilidades trabalhistas, tecnologias pré-competitivas e infraestrutura compartilhada.

Portanto, um princípio básico de uma estratégia nacional efetiva para a manufatura avançada é adotar uma abordagem coerente para pesquisa, desenvolvimento e aplicação. A abordagem começa com uma comercialização mais efetiva de tecnologias desenvolvidas como resultado da pesquisa básica, financiadas pelo governo federal, por laboratórios nacionais e universidades. Mais fundamentalmente, envolve uma ênfase federal mais forte em P&D que melhore os processos de fabricação e apoie o aumento de escala, em parte, permitindo um melhor acesso dos usuários às instalações equipadas com tecnologias de manufatura avançadas. Além disso, são inestimáveis os programas de educação e treinamento de mão-de-obra que ajudem os americanos a se tornarem trabalhadores industriais altamente qualificados.

Fortalecimento do "Industrial Commons". Na avaliação dos membros do NTSC, um enfoque coerente de pesquisa, desenvolvimento e de aplicação é particularmente importante para incentivar o investimento em processos avançados de produção de alto impacto por pequenas e médias empresas (PMEs). As PMEs compreendem 86% de todos os estabelecimentos industriais e empregam 41% da força de trabalho da indústria de transformação dos EUA, porém, com frequência, demoram a adotar novas tecnologias. Aquelas PMEs altamente inovadoras são muitas vezes intimamente ligadas a comunidades geograficamente concentradas ou "clusters industriais". Esses clusters contêm outras PMEs inovadoras, empresas maiores que geralmente dependem de

fornecedores menores, instituições acadêmicas e de treinamento e outras organizações de apoio.

Os clusters fortalecem o que os especialistas em inovação chamaram de "industrial commons". Os setores industriais comunais oferecem a muitos dos produtores, em particular as PMEs, a chance de atualizar sua base tecnológica a partir do compartilhamento de um conjunto de ativos de conhecimento e instalações físicas. Estes recursos comuns ajudam a acelerar a inovação e a subsequente penetração no mercado. Os padrões para interfaces do sistema, métodos de medição e teste e sistemas de controle de processos, por exemplo, permitem que as empresas dentro de uma cadeia de suprimentos ou mesmo empresas que competem entre si alinhem suas diversas capacidades de produção e processos com oportunidades para atender clientes em diferentes mercados. Da mesma forma, as tecnologias da plataforma em áreas como o processamento de nanomateriais, manufatura aditiva, a robótica avançada, a produção "inteligente" e a química verde são ativos que muitas empresas de um cluster industrial podem tirar proveito, mas que nenhuma empresa pode tipicamente produzir por conta própria.

O próprio espaço industrial comum deve ser atualizado através de investimentos contínuos para manter a base de conhecimento e a infraestrutura física na vanguarda da tecnologia. Pode ser difícil para as empresas que se beneficiarão deles realizar esses investimentos individualmente, uma vez que não conseguem capturar todos esses benefícios. A coordenação de investimentos entre empresas também está sujeita a falhas do mercado. Tais investimentos também podem ser percebidos como muito arriscados para o setor privado fazer porque os períodos de maturação são longos. O risco é aumentado em muitos casos pela perspectiva de que as entidades ligadas ao governo em outros países possam fazer investimentos similares destinados a beneficiar as empresas concorrentes. O setor público, e em particular as agências federais, tem, portanto, um papel importante a desempenhar como co-investidor com empresas de manufatura avançada nos bens industriais comuns.

Um grande investimento público nos bens industriais comunais renderia uma variedade de benefícios. Isso tornaria mais produtivos os investimentos em pesquisa básica para a economia. Isso fortaleceria as habilidades dos trabalhadores que já atuam ou podem entrar na força de trabalho da manufatura avançada. E reduziria o risco de investimento privado em P&D aplicado a produtos específicos, o que conduziria a taxas mais altas de adoção de tecnologia e inovações mais diversas para produtos específicos.

Otimização dos Investimentos Federais. Uma estratégia nacional para a manufatura avançada deve coordenar os investimentos federais entre as agências de forma mais eficaz. Atualmente, os investimentos federais em pesquisa, desenvolvimento e aplicação relacionados à manufatura avançada são fornecidos em grande parte por meio de programas de agência focados na realização de objetivos específicos da missão. O portfólio interagência resultante pode não considerar de maneira adequada a forma como certos investimentos beneficiariam várias agências e indústrias, além de contribuir para a competitividade econômica em geral. Uma política de inovação de todo o governo que complemente o trabalho das agências individuais e adote uma visão de portfólio dos investimentos em produção avançada resolveria esse problema.

Várias agências federais realizam investimentos em pesquisa, desenvolvimento e implantação que beneficiam direta ou indiretamente as empresas de manufatura avançada nos EUA. Esses investimentos geralmente são feitos por agências que independentemente cumprem suas missões legais. Os benefícios desses investimentos podem ser aumentados analisando-os como um portfólio e ajustando as estratégias de investimento das agências para refletir essa análise. Tais ajustes podem ser feitos sem comprometer a capacidade de resposta das agências às suas missões individuais. De fato, o desenvolvimento mais eficiente e rápido das novas plataformas tecnológicas melhorará a execução das missões das agências.

O Governo Federal faz investimentos em P&D de manufatura avançada e em alguns tipos de plantas e equipamentos que a indústria privada geralmente evita. Estes investimentos de alto risco ajudam a posicionar tecnologias nascentes promissoras (1) para ampla adoção e comercialização, ou (2) atender às necessidades essenciais de segurança nacional identificadas pelo DPAC. Esses investimentos podem ser agrupados em quatro categorias: materiais avançados; plataformas tecnológicas de produção; processos avançados de fabricação; infraestrutura de dados e *design*.

Essas quatro categorias abrangem todo o espectro de investimentos relevantes em tecnologia de manufatura avançada, desde materiais que irão entrar nos produtos do futuro até a fábrica e processos empresariais que permitem a produção. Criar uma carteira de investimentos coordenada em todas as quatro categorias aumentará a competitividade global da indústria dos EUA e ajudará a criar um ambiente doméstico fértil para a inovação.

As agências federais podem alavancar seus recursos para investir em projetos que, de outra forma, não teriam recursos para apoiar por conta própria, colaborando com outras agências em financiamento conjunto de solicitações e cofinanciamento de

projetos. Esses investimentos industriais transversais devem ser utilizados para fortalecer os bens comuns industriais de forma a beneficiar todas as agências participantes (e suas partes interessadas). Por exemplo, as agências poderiam cofinanciar materiais avançados e novos métodos de *design* que diminuem drasticamente o tempo de comercialização das inovações. Esses elementos específicos geralmente estão fora do alcance de qualquer agência ou entidade do setor privado, mas são coletivamente vistos como críticos para avançar os principais interesses nacionais. As agências individuais podem complementar esses investimentos com investimentos adicionais que se concentram especificamente em suas missões ou necessidades únicas da agência. O recentemente criado Escritório do Programa Nacional de Manufatura Avançada (AMPO) fornece um mecanismo administrativo para coordenar e gerenciar esses investimentos.

Parcerias Público-Privadas. Uma estratégia nacional eficaz para a manufatura avançada também deve responder às necessidades do setor privado. A consulta público-privada sobre pesquisa, tecnologia e necessidades de força de trabalho em nível nacional complementará os processos consultivos que já existem em nível estadual e regional em todo o país. A já mencionada Parceria para Manufatura Avançada (AMP), lançada pelo presidente Obama em 2011, representou um passo inicial, mas importante, para melhorar o engajamento do setor privado em nível nacional. Em 2013, essa iniciativa foi renovada com a criação da AMP 2.0, que foi encarregada de colocar em prática as recomendações do plano estratégico de 2012, identificar novas estratégias e sugerir políticas complementares.

A aceleração da inovação para a manufatura avançada exige superar o número de lacunas no atual sistema de inovação dos EUA. Os pesquisadores acadêmicos que trabalham em aspectos de importância para a manufatura avançada devem se comunicar de forma mais eficaz com os seus homólogos na indústria. Os investimentos federais em tecnologias e capacidades de fabricação avançada devem alinhar-se mais plenamente com investimentos similares realizados por estados e regiões e pelo setor privado. As parcerias entre atores diversos, variando por localização e objetivo, são uma pedra angular da presente estratégia para preencher essas lacunas.

As partes interessadas desta estratégia nacional incluem as agências federais representadas no Grupo de Trabalho Interagências e os representantes do Comitê da Lei de Produção de Defesa (DPAC); entidades públicas e privadas, estaduais, regionais e locais que apoiam *clusters* industriais e parcerias associadas; empresas industriais de todos os tamanhos; conjunto diversificado de instituições de ensino superior, incluindo

universidades de pesquisa e faculdades comunitárias; trabalhadores e sindicatos; e o público em geral.

Treinamento e Qualificação de Mão de Obra. Como a produção avançada substitui a produção tradicional e as empresas industriais domésticas aprofundam seu investimento em tecnologias avançadas, os requisitos de habilidades para empregos industriais estão aumentando. Os empregadores da indústria de transformação percebem uma lacuna de habilidades: 67% das empresas pesquisadas recentemente por uma associação industrial relataram escassez de moderada a grave na disponibilidade de trabalhadores qualificados, mesmo em um período de desemprego geral elevado como o verificado no pós-crise de 2007/08. Certos setores, como aeroespacial, defesa, ciências da vida e dispositivos médicos, relataram níveis muito mais altos de escassez de trabalhadores qualificados.

A educação e o treinamento que antecipa e satisfaz as exigências de habilidades dos fabricantes avançados, embora permanecendo consistente com as projeções de longo prazo da demanda de mão-de-obra, é um componente-chave desta estratégia nacional. Aumentar a confiança do setor privado na disponibilidade de mão-de-obra especializada em manufatura avançada cria incentivos para que as empresas ampliem seus investimentos nos EUA. Esses programas devem ser direcionados particularmente às necessidades de força de trabalho das PMEs. À medida que a tecnologia de produção industrial mais avançada é adotada, o treinamento *on-the-job* torna-se mais caro e difícil para as empresas fornecerem, especialmente as PMEs.

Uma ênfase forte em ciência, tecnologia, engenharia e matemática (STEM) é necessária para preparar os alunos para uma variedade de opções educacionais pós-secundárias e uma ampla gama de oportunidades de carreira, incluindo as na manufatura avançada. Infelizmente, muitos estudantes que estão inclinados às carreiras, como técnicos em manufatura avançada que procuram obter um certificado técnico ou um diploma de faculdade comunitária, não receberam formação suficiente de STEM para ter sucesso no ambiente atual da indústria avançada. A campanha Educar para Inovar, lançada pelo Presidente Obama, tem como objetivo melhorar a participação e o desempenho na educação em STEM em parceria com empresas líderes, fundações e sociedades científicas e profissionais.

A percepção de que as carreiras na indústria são pouco atraentes e instáveis desencoraja alguns estudantes talentosos de explorá-las seriamente. As agências federais devem considerar a promoção de esforços que visam transformar essa percepção e considerar

o desenvolvimento de materiais de comunicação que descrevam com precisão as oportunidades e o entusiasmo da manufatura do século XXI.

Nos últimos anos, tem havido um rápido movimento de base de "makers" que estão envolvidos em projetos do tipo "faça você mesmo", envolvendo eletrônicos, impressões 3-D e robótica. Esses projetos práticos inspiram os jovens a se destacarem no STEM e também podem interessá-los pela manufatura avançada. Algumas agências federais, como DARPA através do seu programa Mentor, estão apoiando o movimento “maker”.

Outra questão importante relacionada à preparação de alunos para carreiras da indústria avançada é a necessidade de complementar a educação acadêmica tradicional com o desenvolvimento de conhecimentos especializados aplicados. O governo federal deve ser capaz de ajudar os esforços dos governos estaduais e locais no desenvolvimento de expertise aplicada aos novos programas pré-aprendizado industrial, reforçando as parcerias colaborativas entre a indústria local e as faculdades comunitárias.

O *feedback* desses programas ajudará a alinhar os programas de estudo das escolas secundárias e os programas de educação de adultos nas zonas de cada faculdade comunitária. Alinhamento destes currículos com os currículos de quatro anos de estudos ajudará a criar um percurso atraente de carreira na manufatura avançada. Um exemplo crítico é a passagem de um diploma de dois anos de estudos para um eventual diploma de quatro anos, o que permitirá que os trabalhadores técnicos altamente qualificados busquem educação adicional e se qualifiquem para carreiras com maior remuneração.

Áreas de Prioridades para as Pesquisas Tecnológicas com Financiamento Federal

De acordo com o relatório do NSTC de 2016, a manufatura avançada fortalece a economia e a segurança nacional dos EUA, produz empregos de alta renda e gera inovação tecnológica - gerando prosperidade e crescimento econômico a longo prazo. A manufatura avançada também apoia as missões de muitas agências federais, desde a proteção da segurança nacional e da construção da competitividade dos EUA até o fortalecimento da empresa científica e de engenharia e fornecer soluções científicas tecnológicas transformadoras e além.

No entanto, a importância da manufatura avançada para ganhar o futuro nem sempre foi tão clara. Na verdade, o setor industrial dos EUA ainda está regressando de uma era sem essa visão crítica. As empresas industriais dos EUA estão atualmente revigorando

os planos para os produtos de próxima geração que foram arquivados devido ao escasso capital, reciclando os trabalhadores nas mais recentes tecnologias necessárias para a competitividade em um mercado mundial e reconstruindo cadeias de suprimentos que foram desmanteladas por anos de *offshoring*. A transição para processos e produtos de fabricação avançados está ativamente em curso em muitos setores da indústria de transformação, em benefício de toda a nação.

Na avaliação do NSTC, sustentar esse progresso e garantir a liderança dos EUA na manufatura avançada requer participação do governo, indústria, academia e outras partes interessadas. Este amplo ecossistema deve alinhar as principais tecnologias que sustentam a competitividade dos EUA neste setor para fornecer uma base de prioridades para colaborações público-privadas e uma visão compartilhada de como avançar. As tecnologias emergentes promissoras sofrem de lacunas no suporte ao requisito de pesquisa e desenvolvimento pré-competitivo para desencadear novas indústrias. Os esforços colaborativos alavancam os bens comuns em benefício de todas as partes interessadas, superando os custos significativos do ciclo de desenvolvimento que são impraticáveis para qualquer entidade isolada. O governo federal pode servir como uma entidade imparcial para mobilizar as partes interessadas para abordar as tecnologias pré-competitivas.

Além disso, o governo federal vem realizando investimentos substanciais em uma série de áreas avançadas de tecnologia de produção existentes. Essas áreas de tecnologia existentes também requerem apoio em todo o *pipeline* de desenvolvimento para alavancar plenamente os atuais investimentos em pesquisa e desenvolvimento e em infraestrutura. A ampliação das tecnologias avançadas desde as provas de conceito nos laboratório aos produtos de classe mundial em prateleiras comerciais requer um fluxo constante de trabalhadores altamente treinados para trazer os conhecimentos, competências e habilidades mais recentes para o local de trabalho. Por isso, os programas de educação e treinamento de força de trabalho industrial, que estimulam o forte envolvimento da indústria para garantir que os currículos atuais atendam as necessidades de força de trabalho de amanhã, são destacados.

Tecnologias Emergentes. A manufatura avançada é viabilizada por uma infinidade de tecnologias. O relatório do NSTC de 2016 destaca cinco áreas de tecnologia que são foco de interesse generalizado entre as agências federais envolvidas na indústria avançada, bem como de uma colaboração ampliada entre o governo, a indústria e a academia. As áreas de tecnologia emergente em manufatura avançada que são prioridades atuais para o governo federal dos Estados Unidos e que são fortes candidatas para investimento federal focado e colaboração público-privada incluem: produção de

materiais avançados, biologia de engenharia para avançar a bioprodução avançada, a bioprodução para medicina regenerativa, fabricação avançada de bioprodutos e fabricação contínua de produtos farmacêuticos.

Produção de Materiais Avançados. Quer sejam componentes automotivos leves fabricados a partir de novas ligas mais fortes do que o aço e com apenas uma fração do peso, ou materiais que foram projetados a nanoescala para transformar o calor residual em eletricidade, os materiais avançados permitem a produção de novos produtos com funções sem precedentes. Para aproveitar plenamente o surgimento de novos materiais avançados, o setor da indústria de transformação precisa de novas ferramentas e novos enfoques para adaptar seu *design* e rapidamente os produzir em escala. A produção de materiais avançados perpassa uma grande variedade de indústrias - como automotiva, aeronáutica, biomédica e eletrônica -, as que são importantes pilares da economia norte-americana e também são importantes para a defesa nacional. Esta área de tecnologia se apoia na liderança histórica da indústria dos EUA na fabricação de produtos de alta tecnologia, bem como sua liderança intelectual significativa em simulação de materiais e nanoprodução.

A eficiência dos motores de turbina de alta temperatura, a biocompatibilidade das juntas e implantes de substituição, a vida útil das baterias avançadas e a eletrônica sofisticada, que torna possível o mundo digital, são determinadas por materiais que foram inventados e aperfeiçoados para a aplicação. Essas inovações dão forma ao mundo de hoje e são essenciais para a contínua inovação futura. No entanto, a transição de uma descoberta inicial de material para a aplicação comercial geralmente leva décadas.

A latência típica entre a descoberta inicial de materiais avançados e o aumento da escala de produção do laboratório de pesquisa (gramas) para a produção comercial em grande escala (quilogramas, quilotons) é de 10 a 20 anos. O desenvolvimento de materiais e o desenvolvimento de processos devem ser grandemente acelerados para fornecer soluções tempestivas a importantes necessidades nacionais, como fornecer energia limpa, possibilitar a próxima geração de eletrônicos e fortalecer a segurança e defesa nacional. Embora a ciência e a engenharia sempre tenham fornecido modelos para o desenvolvimento de novos materiais e processos, avanços recentes na modelagem de materiais, na teoria, na computação de alto rendimento e na mineração de dados podem agora ser explorados para acelerar significativamente a descoberta e a aplicação de materiais avançados, ao mesmo tempo em que reduz seus custos.

Reconhecendo a importância de materiais avançados no apoio a um setor de manufatura norte-americano impulsionado pela inovação, a o Governo Obama lançou, em 2011 a Iniciativa de Genoma de Materiais (MGI) com o objetivo de que os EUA descubram, desenvolvam, fabriquem e utilizem materiais avançados duas vezes mais rápido e com uma fração do custo dos métodos atuais. O MGI é uma nova abordagem holística para a ciência dos materiais que irá acelerar o ritmo de desenvolvimento avançado de tecnologia de design, produção e aplicação de materiais, dado que as propriedades dos materiais são quase sempre importantes para o processo de fabricação ou para o produto.

Os investimentos federais na fabricação de materiais avançados perpassam várias agências e afetam todas as etapas do ciclo de vida da inovação, desde o apoio a pesquisas de ponta em universidades e laboratórios dos EUA, até a infraestrutura necessária para transição desses avanços do laboratório para o mercado. As principais agências federais que apoiam o desenvolvimento e a produção de materiais avançados, incluindo o Departamento de Defesa (DoD), o Instituto Nacional de Padrões e Tecnologia (NIST), a Fundação Nacional de Ciência (NSF), o Departamento de Energia (DoE), o Departamento de Agricultura (USDA), Administração Nacional de Aeronáutica e do Espaço (NASA) e Institutos Nacionais de Saúde (NIH). Os focos principais dos investimentos são: (1) o desenvolvimento de repositórios de dados e ferramentas de *software* preditivo para facilitar o projeto de materiais que vão desde novos metais estruturais até polímeros, que permitiriam automontagem direcionada para novos produtos eletrônicos avançados; e (2) tecnologia de sensores avançados e ferramentas de nanofabricação para suportar a produção em escala comercial de produtos de novos material, incluindo compósitos à base de nanotubos de carbono, meta-materiais ópticos e produtos biofarmacêuticos.

Bioengenharia para avanço da bioprodução. A bioengenharia ou engenharia da biologia constitui o projeto e construção por atacado de novas partes e sistemas biológicos e o redesign de sistemas biológicos existentes para atender propósitos específicos. Esse domínio integra as abordagens de engenharia e de design assistido por computador com pesquisa biológica, para aproveitar o poder dos sistemas biológicos para fabricar produtos que são benéficos para a humanidade. A bioengenharia aproveita os avanços na biologia sintética, juntamente com outras novas tecnologias que permitem o projeto previsível de sistemas biológicos. Está cada vez mais claro que os avanços na bioengenharia e biologia sintética (por exemplo, edição do genoma), podem ser amplamente aplicados para a fabricação de produtos químicos, materiais e células. Nos EUA, a bioengenharia como um campo evoluiu a partir dos conhecimentos existentes de bioprocessamento (que permitiu a produção de enzimas e terapêuticas proteicas) e

incorpora novas tecnologias de engenharia de organismos (incluindo biologia sintética e prototipagem rápida), padronização e interoperabilidade.

Os EUA são atualmente líderes em pesquisa em bioengenharia e seus campos de ciência e tecnologia de apoio. O setor de bioeconomia dos EUA movimenta aproximadamente US$ 350 bilhões anualmente. O seu crescimento baseia-se, em parte, em rápidas melhorias no ciclo de concepção-construção-teste-aprendizagem para a criação de novos produtos biológicos, que incluem avanços na engenharia genética, sequenciamento de DNA e prototipagem de alto nível de sistemas biológicos, bem como a capacidade de descrever quantitativamente o comportamento dos sistemas biológicos. Descobertas, como as repetições palindrômicas curtas agrupadas e regularmente interespaçadas (CRISPR, na sigla em inglês), levaram a uma precisão sem precedentes na edição do genoma.

O investimento federal na última década apoiou, direta ou indiretamente, muitos desses avanços através do financiamento de centros, fundações, pequenas empresas e pesquisadores individuais. No entanto, é necessário um maior investimento para traduzir o desenvolvimento dessas novas ferramentas em tecnologias robustas que irão apoiar biomanufaturáveis reprodutíveis, novos produtos químicos que substituirão os produtos de consumo derivados da petroquímica, e novos materiais que irão apoiar a segurança nacional. Todavia, o investimento do governo federal em biocombustíveis associado à bioengenharia ficou para trás quando comparado com outras partes do mundo, especialmente os investimentos da Comissão Europeia que alavancam o conhecimento da indústria e as parcerias público-privadas.

Segundo o NSTC, nos últimos anos, as agências federais, incluindo DoD (Força Aérea, Exército, Marinha e DARPA), DoE, o Escritório Federal de Investigação (FBI), NIH, NASA, NIST, NSF e o Instituto Nacional de Alimentos e Agricultura (NIFA) investiram em bioengenharia. Há uma amplitude significativa no foco das atividades dessas agências – que vão desde a compreensão da complexidade biológica e possibilidade de desenvolvimento de novas tecnologias até o desenvolvimento de ferramentas computacionais e de automação que facilitarão o desenho, construção e teste de novos organismos modificados; com foco em aplicações específicas à missão da agência.

Bioprodução para Medicina Regenerativa. A medicina regenerativa e o uso clínico de células-tronco têm potencial para reparar ou substituir células, tecidos e órgãos disfuncionais, degenerados ou ausentes. Tais desenvolvimentos podem restaurar a forma, a função e a aparência dos nossos membros do serviço gravemente feridos, reduzir drasticamente as listas de espera para transplantes de órgãos, aumentar a

disponibilidade de terapias básicas baseadas em células e, possivelmente, reduzir o custo de cuidados de saúde para tratamentos. Além disso, as células manipuladas podem ser usadas para redirecionar a função imunológica e permitir o surgimento de "imuno-oncologia". Sistemas microfisiológicos ("órgão em um chip"), um pequeno modelo de vida e trabalho de um tipo específico de tecido ou órgão, podem acelerar grandemente os testes de candidatos a medicamentos, detectar mecanismos de doenças e explorar novas terapias. Para realizar todo o potencial da medicina regenerativa, as células, tecidos e órgãos ativos (como cardiovascular, renal e neurológico) devem ser objeto de bioengenharia e fabricados em escala.

O governo federal investiu US$ 2,89 bilhões entre 2012-2014 em medicina regenerativa, principalmente para o desenvolvimento de técnicas e tecnologias terapêuticas. Embora tenha havido um aumento constante no financiamento para demonstrar a possibilidade de soluções biológicas regenerativas para algumas preocupações de saúde vexantes, existe uma necessidade crítica e crescente de se concentrar na engenharia de processos para alcançar a reprodutibilidade de fabricação para aumentar o alcance dos produtos terapêuticos emergentes.

Um desafio significativo para o desenvolvimento de produtos e terapias de medicina regenerativa é que o campo ainda está em transição de um empreendimento acadêmico para um industrial. Esta transição requer um enfoque rigoroso no início dos materiais, do processo e das características finais do produto para assegurar que os produtos sejam seguros, eficazes e tenham uma potência conhecida e uma vida útil previsível. A continuação da maturação do campo da medicina regenerativa é dependente da concepção e desenvolvimento de técnicas robustas de fabricação em larga de escala de produção, um conjunto refinado de medidas e padrões que proporcionam confiança no produto, governança evolutiva, regulamentos harmonizados, desenvolvimento da força de trabalho e diversificação da cadeia de suprimentos para apoiar o desenvolvimento responsável e rápido das tecnologias de medicina regenerativa (células, tecidos e bioengenharia de órgãos).

Progressos importantes foram registrados nos conceitos básicos de terapia e diagnósticos baseados em células, incluindo: a obtenção de células iniciais de alta qualidade sob boas práticas de produção atuais, melhor compreensão e capacidade de controle do fenótipo celular e de tecido (particularmente para células troncos), desenvolvimento de sistemas de bancos de ensaio para produzir terapias a partir de células e / ou células dentro de uma matriz extracelular, e produzir grandes bancos de células-tronco pluripotentes.

Um desafio fundamental é o desenvolvimento de meios de crescimento adequados para as células, a fim de aumentar as células na escala necessária para terapias práticas e assegurar a consistência do produto. Os sistemas atuais são muito ineficientes para células cultivadas em suspensão, e são, em grande parte, inexistentes para células aderentes e para manipulação de tecido específica ao paciente. Pesquisas sobre produção eficiente e segura de células e tecidos modificados e em escala comercial são necessárias para assegurar que essas terapias de precisão sejam economicamente e tecnicamente viáveis.

A fabricação de células e produtos de tecido é significativamente mais desafiadora do que a fabricação de produtos biofarmacêuticos. Isso ocorre porque os critérios de liberação de fabricação para células, tecidos e órgãos criados por bioengenharia são amplamente indefinidos; os mecanismos pelos quais esses produtos vivos produzem seus efeitos são mal compreendidos; e eles contêm células ativas que continuam a crescer e evoluir. Desafios adicionais para a fabricação de produtos baseados em células decorrem da complexidade do produto e do processo do biorreator. Esses desafios incluem: o design apropriado de biorreatores para células aderentes; caracterização do produto com medidas que preveem a eficácia clínica do produto; a definição de tolerâncias de variação nos tipos de células; como armazenar, enviar e entregar o produto com uma vida útil muito curta (de uma hora); e como avaliar a pureza do produto em minutos ou horas, em vez de dias. O desenvolvimento de métodos para abordar o armazenamento a longo prazo de células como um estoque de produção é essencial para aumentar sua flexibilidade, confiabilidade e custo-efetividade.

Como resultado da complexidade inerente a esses produtos, mesmo com a aplicação de ciência de medição avançada, produção efetiva continuará dependendo, em certa medida, do espírito de "o processo é o produto". Esse axioma testado no tempo da fabricação dos produtos biológicos enfatiza a importância de gerenciar o ambiente local em cada etapa, bem como os desafios únicos para cada tipo de célula ou tecido, particularmente quando o interesse terapêutico depende de células vivas ativas ao longo do tempo. Os processos atuais são mal controlados, ineficientes e muitas vezes inadequados para o crescimento de células em cultura em suspensão ou em micro portadores, enquanto ainda inexistem processos em grande escala para crescer células dentro de sua matriz extracelular.

O financiamento programático contínuo do desenvolvimento das tecnologias que compõem o campo da medicina regenerativa é realizado pelo DoD, pela Administração de Alimentos e Medicamentos (FDA), NIH, NIST, pelo Administração Nacional de Segurança Nuclear (DoE NNSA), NSF e pelo Departamento de Assuntos de Veteranos

(VA). Embora o processo final de produção em escala comercial para qualquer produto seja de competência e responsabilidade do desenvolvedor, os investimentos federais no desenvolvimento de abordagens generalizáveis para o desenvolvimento comum de fabricação, desenvolvimento, aumento de escala e desafios de escala tem como propósito de reduzir os riscos associados ao desenvolvimento de numerosos produtos nesse domínio. Isso pode tornar a tecnologia atrativa o suficiente para que a indústria farmacêutica adote e use para desenvolver uma nova classe de produtos terapêuticos. Um produto de entrega provável dentro de cinco anos poderia ser um protótipo para a produção de células em uma escala maior: plataformas ampliadas, fechadas e totalmente automatizadas com monitoramento ambiental em linha, ensaios contínuos para fenótipo / potência celular, eficiência de custo / material e separações / Sistemas de purificação para células cultivadas em cultura em suspensão (por exemplo, glóbulos vermelhos e brancos). Ao longo de dez anos, são desejadas células aderentes para órgãos (por exemplo, coração, fígado, intestino, pulmão), idealmente dentro de suas matrizes apropriadas.

O apoio futuro do governo federal às tecnologias de fabricação de medicamentos regenerativos continuará a exibir fortes abordagens multidisciplinares e colaborativas. Os desafios técnicos existentes devem ser resolvidos para que se possa avançar neste campo para uso médico comum. Os avanços em pesquisa e desenvolvimento (P&D) serão mais eficientemente traduzidos para produtos comerciais através de uma estreita colaboração com o setor privado.

Produção Avançada de Bioprodutos. Atualmente, os EUA utilizam, em média, mais de 19 milhões de barris de petróleo por dia, tanto como combustíveis e como matéria-prima para produzir produtos que vão desde produtos químicos até plásticos para muitos itens do dia a dia. Os bioprodutos, ou seja, produtos químicos de alto valor, biorreatores, materiais, combustíveis e outros intermediários baseados em biocombustíveis derivados de recursos biológicos renováveis, como resíduos agrícolas e florestais, possuem uma forte promessa de reduzir esse uso de petróleo e servir como espinha dorsal de uma bioeconomia emergente.

De acordo com o NSTC, nos diais atuais, os Estados Unidos utilizam cerca de 400 milhões de toneladas de biomassa por ano para combustíveis, calor, materiais e enzimas industriais com importantes benefícios ambientais e econômicos. As receitas norte-americanas com biotecnologia industrial (combustíveis, enzimas e materiais) atingiram US$ 125 bilhões em 2012, com 1,5 milhão de empregos diretos em todos os setores da cadeia de suprimentos. O impacto econômico potencial da bioeconomia deve aumentar ainda mais até 2030, com a criação de mais um milhão de empregos, particularmente

nas áreas rurais onde as matérias-primas são cultivadas. Os produtos bioprodutivos irão reduzir as emissões de gases de efeito estufa e fornecer uma fonte doméstica estável para esses produtos.

Embora os EUA tenham alcançado grandes progressos na promoção do uso de matérias-primas produzidas de forma sustentável para alimentar a atividade econômica e o crescimento, a bioeconomia ainda está nos estágios iniciais. Ainda há um trabalho significativo para aumentar o uso de bioprodutos para substituir uma variedade de combustíveis e produtos à base de petróleo, tornar estes bioprodutos mais rentáveis em relação aos produtos à base de petróleo e melhorar ainda mais a sustentabilidade e os benefícios ambientais dos bioprodutos. Para que os EUA alcancem todo o potencial de uma bioeconomia doméstica, as principais barreiras precisam ser enfrentadas em toda a cadeia de suprimentos, incluindo matérias-primas, conversão e integração.

Uma cadeia de abastecimento robusta e estável que conecta diversas matérias-primas a instalações e mercados de produção é essencial para o sucesso da fabricação avançada de bioproduto em escala comercial. Com o apoio de colaborações público-privadas, o Governo Federal continua com o esforço sistemático para expandir a produção sustentável e a utilização da biomassa, apoiando atividades de pesquisa e desenvolvimento em toda a cadeia de suprimentos. A ampla gama de atividades federais é coordenada através do Conselho de Pesquisa e Desenvolvimento da Biomassa, co-presidido pelo DoE e pelo USDA.

Os investimentos federais iniciais ajudaram a estabelecer alguns dos processos e plataformas necessários para gerar produtos intermediários e de uso final de alto valor, apoiando o crescimento da fabricação de bioprodutos nos EUA. Exemplos incluem a pesquisa genômica sobre culturas de matéria-prima de bioenergia e processos únicos e micróbios para converter matérias-primas em bioprodutos, exploração de práticas de manejo sustentável, desenvolvimento de processos de conversão de biomassa e expansão de infraestrutura de bioenergia e estimativas de custo / benefício de produção de energia renovável e subprodutos. Esses investimentos alavancam pesquisa corporativa e investimento privado, levando a mais aplicações, custos mais baixos e sustentabilidade superior de futuros combustíveis renováveis e produtos químicos. É necessário um investimento público-privado adicional focado em capacidades transversais de fabricação de biocombustíveis.

Fabricação Contínua de Produtos Farmacêuticos. A fabricação contínua é a integração de vários sistemas de processo de produção em um único sistema, com base nos controles do modelo, para permitir o fluxo contínuo de produtos e a recuperação dado

que os insumos de matérias-primas são adicionados ao processo de fabricação. De acordo com a NSTC, estudos-piloto nas indústrias farmacêutica e de biotecnológica sugerem que a produção contínua pode ter uma grande quantidade de benefícios nessas indústrias, tais como: reduzir o impacto ambiental da instalação de produção em 10 a 100 vezes; eliminação de lotes de produtos intermediários e seus estoques e testes associados; redução da quantidade de matérias-primas recebidas e resíduos finais do produto; racionalização dos processos de fabricação e redução do tempo de ciclo de fabricação; aumento dos rendimentos da produção e eficiência geral da produção do produto; melhorar a qualidade do produto com sistemas avançados de controle; e viabilizar testes em tempo real. A fabricação contínua pode reduzir os custos de fabricação, que atualmente consomem até 27% da receita para muitas empresas farmacêuticas, em até 40 a 50%.

As estratégias de produção contínua são amplamente utilizadas em muitos setores industriais, incluindo indústrias alimentares, químicas e petrolíferas. No entanto, nas indústrias farmacêutica e biotecnológica, a ampla adoção de tais estratégias ficou atrasada em razão do paradigma do desenvolvimento de produtos. Esse paradigma não enfatiza a aperfeiçoamento do processo devido à incerteza quanto ao desfecho clínico e ao ambiente regulatório histórico que impulsionou a produção em processos fixos de "lock-in" para a totalidade do ciclo de vida do produto. Na indústria, os grandes interessados na fabricação contínua são os fabricantes de pequenas moléculas e biologias; as organizações de fabricação por contrato; as empresas produtoras de equipamentos, instrumentos, controle e empresas fornecedoras de excipientes. A adoção do processo de fabricação contínua de ponta a ponta (ou seja, a integração da substância de fármaco e fabricação de fármacos em um único processo contínuo) exige alavancar as capacidades dos EUA em ciências farmacêuticas, engenharia de sistemas e detecção em tempo real.

A produção contínua promete melhorar a agilidade, flexibilidade e robustez na fabricação de produtos farmacêuticos, ajudando a mitigar a ameaça à saúde pública decorrente da escassez de medicamentos. O advento da medicina personalizada, bem como as drogas que recebem a designação de medicamentos órfãos, exige a produção de menores lotes de medicamentos devido às populações menores de pacientes-alvo. Um conceito semelhante aplica-se ao desenvolvimento de contramedidas médicas para eventos de baixa probabilidade de alta consequência - como os causados por ameaças químicas, biológicas, radiológicas/ nucleares e doenças infecciosas emergentes -, dado que essas contramedidas médicas provavelmente não têm uma grande promessa comercial, exceto para o governo federal para fins de preparação nacional. Os muitos benefícios da fabricação contínua (por exemplo, através de tecnologias de plataforma

flexíveis que utilizam equipamentos modulares ou *plug-and-play*) podem permitir a produção doméstica rápida de contramedidas médicas, aumentando o preparo e a prontidão do país.

Os desafios para a adoção da fabricação contínua de produtos farmacêuticos incluem tanto obstáculos técnicos de desenvolvimento de processos quanto os desafios científicos e regulatórios envolvidos com o distanciamento de um paradigma regulatório "centrado em lotes". Embora promissoras na escala de laboratório, as tecnologias e equipamentos que permitem a produção contínua de medicamentos na escala comercial não estão amplamente disponíveis ou acessíveis. Consequentemente, a tecnologia de produção contínua precisa atualmente de mais interesse e recursos da indústria, do governo e das autoridades reguladoras para transladar provas de conceito em adoção comercial generalizada. Os futuros investimentos federais devem se concentrar em tecnologias amplamente aplicáveis e habilitadoras, demonstrando seu retorno sobre o investimento necessário para a adoção generalizada. O equipamento de processo e instrumentação necessários para a produção contínua de moléculas grandes provavelmente virão de fornecedores de biotecnologia menores e não tradicionais que buscam expandir sua participação de mercado e, portanto, podem ser incentivados pelo apoio do governo.

Nos EUA, o governo federal coordena e promove uma progressão lógica da maturidade tecnológica para a adoção comercial no campo da produção contínua de produtos farmacêuticos. Os investimentos federais na ciência e tecnologia básica e emergente para produção contínua são fornecidos pela NSF, os NIH, NSTI e o DoD. Esses investimentos priorizam as pesquisas com nível de prontidão tecnológica TRL 6 ou superior, que pode ser transferida para o setor privado, em colaboração com a Autoridade de Pesquisa e Desenvolvimento Avançado da Biomédica (BARDA), para o desenvolvimento avançado contínuo da prioridade das contramedidas médicas para aprovação regulamentar. Além disso, esses investimentos federais servem como oportunidades de desenvolvimento de força de trabalho para cientistas e engenheiros que orientam as tecnologias rumo à transição para produção contínua em escala comercial.

A FDA desempenha um papel regulatório integral desde o desenvolvimento precoce de produtos até a aprovação de medicamentos. Essa agência fornece não apenas a orientação e supervisão regulatória, mas também colabora com desenvolvedores de medicamentos na evolução do paradigma regulatório, do “centrado em lote” para o “centrado em produção contínua”, com utilização de metodologias científicas e

orientadas a dados para facilitar futuras aprovações, incentivando assim a adoção comercial da produção contínua.

Nível de Prontidão da Tecnologia (TRL) e Nível de Prontidão da Indústria (MRL)

TRL1	Princípios básicos observados e relatados	MRL1	Implicações básicas de fabricação identificadas
TRL2	Conceito de tecnologia ou aplicação formulada	MRL2	Conceitos de fabricação identificados
TRL3	Função crítica analítica e experimental e prova característica do conceito	MRL3	Comprovação de conceito de fabricação desenvolvida
TRL4	Validação de componentes ou painéis em um ambiente de laboratório	MRL4	Capacidade de produzir a tecnologia em um ambiente de laboratório
TRL5	Validação de componentes ou painéis em um ambiente relevante	MRL5	Capacidade de produzir componentes de protótipo em um ambiente relevante para a produção
TRL6	Modelo de sistema ou subsistema ou protótipo demonstrado em um ambiente relevante	MRL6	Capacidade de produzir um protótipo de sistema ou subsistema em um ambiente relevante para a produção
TRL7	Demonstração do protótipo do sistema em um ambiente operacional	MRL7	Capacidade de produzir sistemas, subsistemas ou componentes em um ambiente representativo da produção
TRL8	Sistema real completado e qualificado através de teste e demonstração	MRL8	Capacidade da linha piloto demonstrada; pronto para iniciar a produção inicial a baixa taxa
TRL9	Sistema real comprovado através de operações de missão bem-sucedidas	MRL9	Produção a baixa taxa demonstrada; capacidade para iniciar a produção de taxa total
		MRL10	Produção a taxa plena demonstrada e práticas de produção otimizada

Extraído de NSTC, 2016: p. 55.

Tecnologias Existentes. Além das áreas prioritárias de tecnologia emergentes destacadas acima, há uma série de áreas de tecnologia que são objeto de interesse das agências federais. Essas áreas tornaram-se o foco dos institutos de inovação industrial, criados a partir de 2012, com patrocínio dos Departamentos da Defesa, Energia e Comércio, como será visto na próxima seção.

- Manufatura Aditiva. A manufatura aditiva é definida como um processo de união de materiais para criar objetos a partir de dados de modelos tridimensionais, geralmente camada sobre camada, em oposição a metodologias de fabricação subtrativas. A manufatura aditiva pode englobar metais, polímeros e eletrônicos e pode ser aplicada a uma variedade de materiais estruturais e funcionais e a uma variedade de componentes para aplicações de defesa e energia. Uma vantagem da manufatura aditiva é que as peças podem ser fabricadas tão logo a descrição digital tridimensional da peça seja criada, estabelecendo assim um

novo mercado para a customização em massa, em resposta à demanda do cliente. Além de compactar drasticamente a cadeia de suprimentos, esses processos minimizam o desperdício de materiais e os requisitos de ferramentas. Além disso, a partir de processos de manufatura aditiva, podem ser produzidos novos componentes e estruturas que não poderiam ser fabricados de forma econômica a partir de processos de fabricação convencionais, como fundição, moldagem e forjamento.

- Compósitos Avançados. Materiais compósitos leves, de alta resistência e de alta rigidez foram identificados como uma tecnologia chave de corte transversal na produção de energia limpa nos Estados Unidos, com o potencial de reinventar um setor de transporte eficiente de energia, permitir uma geração eficiente de energia e aumentar a produção de energia renovável. Os desafios prioritários incluem: custos elevados; baixas velocidades de produção (tempos de ciclo longos); alta intensidade energética de fabricação de materiais compósitos; reciclabilidade; e uma necessidade de melhorar as ferramentas de *design*, modelagem e inspeção de compósitos para atender às demandas comerciais e regulatórias.

- Produção e Design Digital. A produção digital é o uso de um sistema integrado, baseado em computador, composto por simulação, visualização tridimensional, análise e várias ferramentas de colaboração para criar simultaneamente as definições dos processos de produção e produto. A inovação de design é a capacidade de aplicar essas tecnologias, ferramentas e produtos para re-imaginar todo o processo de produção de ponta a ponta.

- Eletrônica híbrida flexível. A eletrônica híbrida flexível preserva a operação completa de circuitos eletrônicos tradicionais, mas em novas arquiteturas flexíveis e fatores de forma conformes, permitindo flexionar, alongar ou dobrar. Estes dispositivos altamente funcionais podem ser acoplados a objetos curvos, irregulares e muitas vezes esticados, e têm o potencial de expandir a embalagem eletrônica tradicional para novos fatores de forma, permitindo novas classes de tecnologias, tanto para usos comerciais como para finalidades militares e/ou de defesa do DoD. Os exemplos incluem dispositivos e sensores médicos, sensores para monitorar o desempenho estrutural ou do veículo, os sensores que interagem através da Internet ou como aglomerados de sensores para monitorar posições físicas, dispositivos portáteis de desempenho ou de informação, robótica, dispositivos de interface humano-robôs e sistemas eletrônicos portáteis leves.

- Fotônica integrada. Área de fotônica integrada abrange a integração de múltiplos componentes e dispositivos fotônicos e eletrônicos definidos por litografia (por exemplo, lasers, detectores, guias de onda e estruturas passivas, moduladores, controles eletrônicos e interconexões ópticas) em um único substrato com características em nanoescala. Os principais benefícios de integrar esses componentes incluem o design simplificado do sistema, o desempenho aprimorado dos sistemas, o menor espaço de componentes e os requisitos de consumo de energia, além de melhorar o desempenho e a confiabilidade dos componentes, ao mesmo tempo em que permite novas capacidades e funcionalidades com menores custos. A comunidade integrada de produção de fotônica é constituída atualmente por uma coleção de empresas, organizações e atividades inter-relacionadas, independentes em sua grande maioria, que um ecossistema, o qual, contudo, ainda carece da organização e da força agregada do mercado necessária para inovar eficientemente as tecnologias industriais para *design*, fabricação, teste, montagem e embalagem de dispositivos fotônicos integrados, de modo rentável.

- Materiais Ultraleves. Os metais ultraleves e modernos oferecem melhorias significativas no desempenho do sistema e maior eficiência energética. A disponibilidade de metais leves avançados é um fator generalizado na melhoria do desempenho de muitos sistemas de defesa, energia, transporte e produtos de engenharia geral, cada um representando grandes setores da economia dos EUA. Além disso, metais ultraleves têm aplicações adicionais em áreas como turbinas eólicas, tecnologia médica, recipientes à pressão e fontes alternativas de energia.

- Produção Inteligente. A fábrica inteligente - a convergência das tecnologias de informação e comunicação com processos de fabricação para impulsionar o controle sem precedentes em tempo real de energia, produtividade e custos em fábricas e empresas - foi identificada pelo NSCT como uma das mais altas prioridades para o investimento federal nas áreas de tecnologia industrial. Aproveitando os sensores avançados, controles, processos e plataformas de tecnologia da informação e sistemas avançados de gerenciamento de energia, a produção inteligente tem o potencial de impulsionar a eficiência energética e a competitividade de fabricação dos EUA em uma variedade de setores.

- Têxteis e Fibras Revolucionários. Os avanços científicos permitiram fibras e têxteis com propriedades extraordinárias, incluindo resistência, resistência à chama e condutividade elétrica. Estes tipos de fibras e têxteis são compostos por

tecidos especiais, tecidos industriais, têxteis eletrônicos e têxteis avançados. Estes têxteis tecnológicos são construídos com base em misturas sintéticas de fibras naturais e/ou fibras multimateriais que possuem uma ampla gama de aplicações, tanto nos setores de defesa como comercial, que vão além dos tecidos tradicionais para vestuário.

- Eletrônica de potência. Os materiais semicondutores de banda larga (*wide bandgap*) permitem que os componentes eletrônicos de potência sejam menores, mais rápidos, mais confiáveis e mais eficientes do que suas contrapartes baseadas em silício. Essas capacidades permitem reduzir o peso, o volume e os custos do ciclo de vida em uma ampla gama de aplicações elétricas. Se ocorrer a adoção generalizada dessas tecnologias mesmo em um conjunto limitado de aplicativos, será possível alcançar uma economia anual de energia elétrica da ordem de 40,100 GWh (137 TBtu) nos Estados Unidos. Com maior volume produção do substrato de banda larga e depósito epitaxial, espera-se que o custo diminua.

A Rede de Institutos de Inovação Industrial

Nos Estados Unidos, a nova ênfase no P&D relacionada à manufatura avançada e à aplicação industrial das tecnologias emergentes resultou na criação de novas organizações de P&D: os Institutos Nacionais de Inovação Industrial. Inspirados no modelo dos Institutos Fraunhofer da Alemanha, os institutos industriais são a peça central do programa de manufatura avançada do governo norte-americano. Essas novas organizações de P&D não só fornecem suporte para os estágios finais, orientados para o produto, de P&D em tecnologia, mas também para a inovação relacionada à indústria em áreas como tecnologias de produção e desenvolvimento de cadeia de suprimentos. Além disso, esses institutos têm como missão a capacitação e treinamento da mão-de-obra especializada para a indústria de transformação.

Como já mencionado no início de 2012, dando sequência às recomendações da AMP, a Administração Obama incluiu na proposta orçamentária para o ano fiscal de 2013 US$ 1 bilhão em recursos obrigatórios para investimento, ao longo de dez anos, na criação de uma Rede Nacional de Inovação Industrial (NNMI), com até 15 institutos de inovação industrial (MII). Na justificativa do programa, o governo destacava que “a NNMI preencherá uma lacuna na infraestrutura de inovação, permitindo que novos processos de produção e tecnologias evoluam de forma mais simples, desde a pesquisa básica até

a implementação na fabricação". Também ressaltava o fato do programa NNMI ter uma escala e um foco únicos e ser construído com base em conceitos de uma forte parceria público-privada, com custos compartilhados com parceiros industriais, acadêmicos, estados e de organizações locais. Ademais, cada IMI deve se tornar financeiramente sustentável dentro de sete anos, mediante atividades geradoras de renda, como taxas de adesão, licenças de propriedade intelectual, pesquisa por contrato e atividades remuneradas de serviço.

A ideia era uma tradução para um contexto norte-americano dos institutos Fraunhofer alemães de sucesso, dos quais atualmente existem 60 espalhados pela Alemanha, em uma ampla gama de áreas tecnológicas. A versão norte-americana deveria ser um modelo liderado pela indústria, incluindo pequenas e médias empresas, em parceria e com custos compartilhados, com as universidades desempenhando um papel de apoio em ciência e engenharia aplicada no desenvolvimento de tecnologia e com o apoio dos governos federal e estadual. Os institutos dos EUA deveriam operar a nível regional para tirar proveito dos clusters industriais específicos da área, mas ser capazes de traduzir sua tecnologia e processo de aprendizagem aos fabricantes em escala nacional.

De acordo com Sargent, por uma variedade de razões, incluindo preocupações sobre o déficit orçamentário federal; o papel apropriado do governo federal; distorções potenciais do mercado, ineficiência e desperdício; e a concessão de subsídios às empresas com fins lucrativos e aos seus acionistas em detrimento dos contribuintes, o Congresso norte-americano não aprovou a primeira proposta de criação da NNMI. Porém, ao invés de esperar por um Congresso dividido para autorizar e financiar um novo programa, o governo Obama decidiu que as agências federais começassem a criar institutos, usando os recursos existentes para o financiamento de outras áreas.

Assim, ainda em 2012, contornando o bloqueio da oposição republicana, foi lançada a concorrência para propostas de criação de um instituto industrial piloto, o Instituto Nacional de Inovação em Manufatura Aditiva (NAMII), como "uma prova de conceito para os potenciais institutos subsequentes". O financiamento federal a ser concedido a esse instituto-piloto seria viabilizado com os recursos orçamentários existentes nas agências federais vinculadas ao Departamento de Defesa e as dotações regulares do ano fiscal de 2012.

Em agosto de 2012, a Casa Branca anunciou a proposta vencedora para o NAMII, uma parceria liderada pelo Centro Nacional de Fabricação e Usinagem de Defesa (NCDMM, na sigla em inglês), com sede em Youngstown, no estado de Ohio. Os parceiros do consórcio *America Makes* incluem 40 empresas, nove universidades de pesquisa, cinco

faculdades comunitárias e onze organizações sem fins lucrativos, localizados nos estados da Pensilvânia, Ohio e Virgínia Ocidental. Com financiamento federal inicial de US$ 30 milhões, o consócio vencedor do NAMII comprometeu-se a fornecer US$ 39 milhões adicionais, com recursos aportados pela indústria e pelos estados. Além disso, uma vez efetivamente estabelecido o instituto, seria um "provável candidato a fundos adicionais em base competitiva" – de até US$ 15 milhões no financiamento federal para projetos específicos, o que elevava a US$ 45 milhões o potencial de financiamento federal total.

Ao mesmo tempo, a AMPO procurou obter contribuições, em âmbito nacional, dos principais grupos de partes interessadas para ajudar a orientar o *design* da NNMI. Segundo Sargent, além de recolher comentários públicos ao programa proposto, a AMNPO realizou quatro oficinas regionais, que subsidiaram a preparação de um relatório do NSTC, que foi publicado, em janeiro de 2013, denominado “Rede Nacional de Inovação Industrial: Um Design Preliminar”, que serviu de base para os projetos de lei para criação da Rede Nacional de Inovação Industrial, enviados à Câmara (H.R. 2996) e ao Senado (S. 1468).

Pelos projetos de lei, a agência responsável pela administração da NNMI seria a agência federal NIST, vinculada ao Departamento do Comércio (DoC). De acordo com a proposta orçamentária do Presidente para o ano fiscal de 2014 enviado ao Congresso, o NIST receberia um aporte único de US$ 1 bilhão em financiamento obrigatório para ser gasto ao longo de nove anos.

Cronograma de Gastos Federais com a Rede Nacional para Inovação Industrial (NNMI) em US$ milhões

FY 2014	FY 2015	FY2016	FY2017	FY 2018	FY2019	FY2020	FY2021	FY2022
38	112	180	186	156	122	102	74	30

Extraído de Sargent, 2014, p. 4.
Nota: FY - ano fiscal na sigla em inglês.

Também em 2013, o Governo Federal lançou a concorrência pública para a criação de três outros institutos de inovação industrial. Dois com patrocínio do Departamento de Defesa (DoD): o Instituto Nacional de Inovação de *Design* e Produção Digital (DMDI) e o Instituto Nacional de Inovação em Fabricação de Metais Leves e Modernos (LM3I). E o terceiro, com patrocínio do Departamento de Energia (DoE): o Instituto Nacional de Produção de Eletrônicos de Potência de Nova Geração. Apenas para esse último, a licitação estava vinculada à aprovação do programa da NNMI.

Como destaca Bonvillian, as profundas divisões que prevaleciam no Congresso norte-americano, inclusive dentro do partido parlamentar majoritário, impediam o avanço na legislação em prol da indústria avançada. Contudo, o poder político da indústria se fez sentir e o Congresso foi capaz de aprovar, de forma altamente bipartidária, o projeto de lei, que foi estrategicamente adicionado a um grande projeto abrangente ("omnibus") de dotações anuais para financiar todas as agências governamentais no ano fiscal de 2015. Segundo o autor, "como um 'minibus' anexado ao ônibus", a lei da indústria, *Revitalize American Manufacturing Act*, passou na Câmara em 11 de dezembro e no Senado em 13 de dezembro de 2014.

Assim, no final de 2014, obteve-se finalmente a aprovação do Congresso para a criação de uma Rede Nacional de Inovação Industrial (NNMI), composta de 15 institutos regionais, que receberão recursos federais por um período de cinco anos, complementado com aportes dos parceiros do setor privado e dos governos estaduais e/ou locais. Essa rede de "Institutos de Inovação Industrial" (IMIs) regionais foi projetada para acelerar o desenvolvimento e a adoção de tecnologias industriais avançadas com aplicações amplas, para apoiar a comercialização de tecnologia de fabricação, superando o fosso entre laboratório de pesquisa e mercado em áreas tecnológicas-chave e para apoiar formação e o treinamento da mão-de-obra especializada, qualificando os trabalhadores nas novas tecnologias.

No início de 2017, já havia sido criado um total de 14 institutos, cada um deles especializado em uma área de tecnologia de ponta prioritária. Todos foram constituídos sob a forma de parceira entre indústria (grandes e pequenas), universidade (universidades de ponta e faculdades comunitárias) e governos estaduais e/ou local. As empresas industriais e os governos estaduais e locais se responsabilizavam conjuntamente por complementar o aporte de recursos do financiamento do governo federal, em uma base de no mínimo 1:1.

O aporte do governo federal aos IMI´s individualmente foi, em geral de US$ 70 milhões, mas atingiu US$ 110 milhões no caso do AIM Photonics. Na maioria dos casos, as empresas parceiras e os estados e governos locais realizaram contribuição financeira superior ao aporte do governo federal, com destaque para o instituto DMDII, na área de design e produção digital, que recebeu US$ 70 milhões das agências federais e US$ 248 milhões do setor industrial e de governos estaduais e local. Diferentemente da proposta original, a legislação aprovada estabeleceu, contudo, um prazo de cinco anos para os institutos se tornarem autossustentáveis, prescindindo de aporte de recursos do governo federal após esse período.

Estados Unidos - Rede de Institutos de Inovação Industrial – de agosto de 2012 a janeiro de 2017

Nome	Data de Criação	Local	Agência Federal Responsável	Setor Industrial Avançado	Objetivos	Membros	Funding
America Makes - National Additive Manufacturing Innovation Institute	2012	Youngstown, Ohio	Departamento de Defesa (DoD, na sigla em inglês)	Manufatura Aditiva	O Instituto America Makers foi criado para atuar como acelerador nacional para manufatura aditiva e impressão em 3D, desenvolvendo os padrões, ferramentas, educação e pesquisa em cinco-areas: design, material, processo, cadeia de valor e genoma de fabricação aditiva (AM genome, na sigla em inglês)	Sob a liderança da National Center for Defense Manufacturing and Machining (NCDMM), participam do consórcio America Makes, 53 empresas, grandes e pequenas, 36 universidades, incluindo faculdades comunitárias, além de 20 organizações (associações industriais e agências estaduais). Entre as empresas participantes incluem empresas de tecnologias de impressão 3D, como 3D Systems, grandes empresas aeroespaciais, como Boeing, Lockheed Martin, United Technologies e Northrup Grumman.	O financiamento da ordem de US $ 100 milhões concedido pelo Programa de Tecnologia Industrial da Aeronáutica (US Air Force ManTech) e outras agências federais foi complementado com aportes da indústria e do governo estadual
Digital Manufacturing and Design Innovation Institute (DMDII)	2014	Chicago, Illinois	DoD	Produção e Design Digital	O DMDII tem como missão o desenvolvimento aplicação de inovações em design digital, fábricas digitais e cadeias de fornecimento digital para reduzir o custo e o tempo de fabricação de produtos complexos para reduzir o tempo e o custo, bem como acelerar o ritmo de lançamento de novos produtos no mercado.	Liderado pelo UI Lab, o consórcio tem 201 membros, incluindo grandes empresas de uma ampla gama de setores, numerosas empresas menores e 11 universidades	O financiamento da ordem de US $ 70 milhões concedido pelo Programa de Tecnologia Industrial do Exército (US Army ManTech) foi combinado recursos da ordem de US $ 248 milhões aportado pela indústria e pelo governo estadual
Lightweight Innovations for Tomorrow (LIFT)	2014	Detroit, Michigan	DoD	Metalurgia Ultraleve e Moderna	A missão da LIFT é inovar na produção de metais leves e de alto desempenho e viabilizar a aplicação das tecnologias resultantes em todos os setores industriais.	Liderado pelo centro de pesquisa tecnológica EWI, o LIFT tem 78 membros, de uma ampla gama de empresas, pequenas e grandes, incluindo empresas metalúrgicas, e aeroespaciais e fornecedores do setor automotivo, e 17 universidades	Aporte de US $ 70 milhões do programa Navy Mantech e do Escritório de Pesquisa Naval combinados com aporte das empresas privadas participantes.
Power America - Next Generation Power Electronics Manufacturing Innovation Institute	2015	Raleigh, North Carolina	Departamento de Energia (DoE, na sigla em inglês)	Eletrônica de Potência	O Instituto Power America foi criado para desenvolver tecnologias de materiais semicondutores de banda larga, tais como carboneto de silício e nitrido de gálio, que permitirão um aumento importante na eficiência energética e na confiabilidade da eletrônica de potência	Sob a liderança da Universidade de North Carolina, o Power America reúne 20 parceiros da indústria, mais de 10 universidades e três laboratórios	O Instituto PowerAmerica conta com um funding da ordem de US $ 146 milhões, com US $ 70 milhões fornecidos pelo DoE e US $ 76 milhões fornecidos pela indústria, estado e academia mediante compartilhamento de custos
Institute for Advanced Composites Manufacturing Innovation (IACMI)	2015	Knoxville, Tennessee	DoE	Compósitos Avançados	O IACMI tem como objetivo acelerar o desenvolvimento e adoção de tecnologias industriais para a produção de compósitos de polímeros avançados de baixo custo e alta eficiência energética. Suas metas técnicas para cinco e dez anos são: redução em 25%, em seguida, 50% do custo de polímero reforçado com fibra de carbono (CFRP); redução de 50% e 75% nos requisitos de energia incorporados pelo CFRP; alcançar 80%, em seguida, 95% de reciclabilidade compósita em produtos úteis.	Participam do consórcio 57 empresas industriais, dos setores químico, automotivo e aeroespacial, 15 universidades, laboratórios e faculdades, incluindo a Universidade de Tennessee-Knoxville (líder do consórcio), a Universidade Estadual da Pensilvânia, a Universidade de Illinois e Universidade Estadual Purdue e 14 outras entidades de desenvolvimento econômico.	O IACMI recebeu aporte de US $ 70 milhões do Escritório de Energia Renovável e Eficiência Energética em Manufatura Avançada do Departamento de Energia, que foi complementado com US $ 180 milhões em aporte dos parceiros privados e do estado.
American Institute for Manufacturing Integrated Photonics (AIM Photonics)	2015	Albany e Rochester, New York	DoD	Eletrônica, telecomunicação	Esse Instituto tem como objetivo acelerar o desenvolvimento de tecnologias industriais para design, fabricação, teste, montagem e embalagem de dispositivos fotônicos integrados.	O AIM Photonics tem mais de 70 membros, dos quais 18 universidades, entre as quais MIT,Rochester Institute of Technology, University of Arizona, 4 faculdades comunitárias, e inúmeras empresas de porte variado. incluindo 13 membros do Top Tier 1 que conduzem o desenvolvimento de fotônica de silício integrado, tais como IBM, CISCO, GE, Raytheon, Samtec.	O aporte federal de US$ 110 milhões foi complementado por mais de US $ 200 milhões de apoio estadual e de empresas do setor industrial.
NextFlex - Flexible Hybrid Electronics Manufacturing Innovation Institute	2015	San Jose, California	DoD	Eletrônica híbrida flexível (FHE)	Esse Instituto tem como foco o desenvolvimento da tecnologia de produção de eletrônicos híbridos flexíveis, que são utilizados em sensores e em dispositivos portáteis de desempenho ou de informação, robótica, dispositivos de interface humano-robotizados e sistemas eletrônicos portáteis leves.	O consórcio NextFlex tem entre seus participantes mais de 40 empresas (incluindo Boeing, Lockheed, GE, Dupont, BASF, HP) e 34 universidades e faculdades comunitárias de diferentes estados, tais como California, Alabama, Arizona, Arkansas, Connecticut, Georgia, Indiana, Massachusetts, Michigan, New York, North Dakota, Ohio e Texas.	O Instituto NextFlex conta com apoio financeiro do governo federal de US $ 75 milhões e recursos adicionais de US $ 96 milhões provenientes das empresas privados e dos governos local e estadual.
Advanced Functional Fabrics of America (AFFOA)	2016	Cambridge, Massachusetts	DoD	Indústria Textil Avançada	Esse Instituto foi criado com o objetivo de apoiar o desenvolvimento de um ecossistema de ponta a ponta para produção doméstica de fibras e têxteis com propriedades extraordinárias, incluindo resistência, resistência à chama e condutividade elétrica, com aplicações variadas, tanto no setor de defesa como de vestuário civil.	Liderado pelo MIT, o Instituto AFFOA conta com mais de 80 membros, dos quais 70 empresas industriais, universidades, governos, capitalistas de risco, de 28 estados.	O orçamento do AFFOA para o período de cinco anos é da ordem de US $ 317 milhões, dos quais US$ 75 milhões são provenientes do governo federal e os restantes US $ 250 milhões serão aportados pelo governo estadual e pelos parceiros industriais privados.
Smart Manufacturing Innovation Institute	2016	Los Angeles, California	DoE	Manufatura Inteligente	O objetivo desse Instituto é apoiar a convergência e integração das tecnologias de informação e comunicação com processos de fabricação para impulsionar o controle sem precedentes em tempo real de energia, produtividade e custos em fábricas e empresas industriais, por meio de atividades de P&D em *software* e o *hardware* físico necessários para viabilizar a fábrica inteligente. O instituto planeja lançar cinco centros, com foco em desenvolvimento e transferência de tecnologia e treinamento de força de trabalho, em regiões de todo o país.	O Instituto de Inovação para a Manufatura Inteligente conta com mais de 200 membros, incluindo grandes (Microsoft Corp., Alcoa Inc., Corning Inc., ExxonMobil, Google) e pequenas empresas, universidades (tais como UCLA, NC State University, Rensselaer Polytechnic Institute, Texas A&M), laboratórios nacionais (National Renewable Energy Laboratory e Pacific Northwest National Laboratory) e organizações sem fins lucrativos.	Além do aporte governo federal de cerca de US $ 70 milhões, esta parceria público-privada conta recursos adicionais da ordem de US$ 70 milhões, compartilhados pelos parceiros da indústria e do estado.
Rapid Advancement in Process Intensification Deployment Institute (RAPID)	2016	Savannah, Georgia	DoE	Indústrias intensivas em energia	O RAPID tem como missão o desenvolvimento de tecnologias inovadoras para aumentar a produtividade de energia doméstica e a eficiência energética em 20% em cinco anos, nos processos de produção de indústrias como petróleo e gás, polpa e papel e vários fabricantes domésticos de produtos químicos	Liderado pelo Instituto Americano de Engenheiros Químicos em conjunto com Savannah River National Laboratory e o Georgia Institute of Technology, o Instituto RAPID tem 130 membros, entre 75 empresas industriais de pequeno e grande porte, 34 universidades, 7 laboratórios nacionais, 2 laboratórios e 7 organizações profissionais sem fins lucrativos.	Com investimento do governo federal de cerca de US $ 70 milhões, esta parceria público-privada conta com US$ 70 milhões em recursos das empresas industriais e do estado, que compartilham os custos.
National Institute for Innovation in Manufacturing Biopharmaceuticals (NIIMBL)	2016	Newark, Delaware	Departamento de Comércio (DoC, na sigla em inglês)	Biofarmacêutica	NIIMBL tem como objetivo transformar o processo de produção de produtos biofarmacêuticos, de modo a assegurar a liderança dos EUA na indústria biofarmacêutica, melhorar os tratamentos médicos e garantir uma força de trabalho qualificada para atender as necessidades específicas de habilidades biofarmacêuticas.	Liderado pela Universidade de Delaware e Instituto Nacional de Padrões e Tecnologia (NIST, na sigla em inglês), o consórcio BIO LAB que irá operar o NIIMBL, tem 150 membros, entre empresas industriais, instituições acadêmicas, laboratórios e/ou centros de pesquisa e entidades de extensão da indústria em todo o país.	Além do financiamento federal de US$ 70 milhões, o instituto conta com um investimento privado inicial de USD 129 milhões
Advanced Regenerative Manufacturing Institute (ARMI),	2016	Manchester, New Hampshire	DoD	Biomedicina	O Instituto tem como missão desenvolver e produzir, em larga escala, tecidos e órgãos que possam ser transplantados para pacientes. Espera-se igualmente que desenvolva tecnologias pioneiras de fabricação da próxima geração para reparação e substituição de células e tecidos.	O consórcio é liderado pela DEKA R&D Corporation, pela University of New Hampshire e pela seguradora de saúde Dartmouth-Hitchcock	Além de financiamento do governo federal, o Instituto conta com o aporte de US$ 80 milhões do governo estadual, assim como recursos das empresas privadas associadas.
Institute for Reducing Embodied Energy and Decreasing Emissions in Materials Manufacturing (REMADE)	2017	Rochester, New York	DoE	Indústria de transformação, em geral	O REMADE tem como missão desenvolver soluções inovadoras não só para reduzir o custo líquido da energia para a indústria como também reduzir o desperdício de materiais e as emissões industriais.	Liderado pela Rochester Institute of Technology, o consórcio Sustainable Manufacturing Innovation Alliance, que vai gerenciar o Instituto REMADE, tem um total de 100 membros, 44 empresas industriais, 26 universidade, sete laboratórios nacionais, inúmeras associações industriais e/ou profissionais.	O REMADE conta com US $ 70 milhões em recursos federais, complementados por US $ 70 milhões em compromissos privados de compartilhamento de custos.
Advanced Robotics Manufacturing Institute (ARM)	2017	Pittsburgh, Pennsylvania	DoD	Robótica	O ARM foi criado para se concentrar na construção da liderança dos EUA na robótica colaborativa inteligente, na qual os robôs avançados trabalham ao lado dos seres humanos de forma transparente, segura e intuitiva para fazer o trabalho pesado pesado em uma linha de montagem ou lidar com tarefas de precisão, complicadas	Liderado pela Carnegie Mellon University, o consórcio inclui 84 parceiros da indústria, 35 universidades e diversos outros grupos, de um total de 31 estados.	O Instituto conta com investimento do governo federal de cerca de US $ 80 milhões, complementados com US$ 170 milhões de aporte das empresas industriais e do estado, que compartilham os custos.

Elaboração do IEDI a partir de NSTC (2016), BONVILLIAN (2017) e website dos Institutos.

Modelo dos Institutos. Um dos principais objetivos dos MIIs era preencher uma lacuna no sistema de inovação industrial dos EUA: criar um espaço onde a manufatura avançada poderia evoluir através de uma colaboração entre a indústria (pequenas e grandes empresas), universidades e governo. Por essa razão, o modelo adotado para os Institutos é bastante complexo.

Como assinala o professor Bonvillian, o papel do governo federal, aqui, foi simplesmente atribuir uma bolsa de pesquisa para um pesquisador principal para realizar um projeto de pesquisa científica de acordo com um plano cuidadosamente delineado no pedido de subvenção, que é o papel usual do governo em P&D. Em vez disso, governo federal teve que se relacionar com uma combinação grande e complexa de empresas industriais que variaram amplamente em vários setores e em tamanhos, além de instituições acadêmicas, que variaram de grandes universidades de pesquisa a universidades regionais e faculdades comunitárias. Segundo o autor, com a possível exceção do consórcio Sematech, o governo federal não havia tentado nada assim anteriormente.

Dado que o objetivo geral era habilitar o florescimento da produção industrial doméstica em torno da área de inovação-alvo de cada instituto, além da combinação de participantes para os institutos ser complexa, a lista de tarefas também o é :

- "Criar" novas tecnologias de produção, processos e "capacidades";
- Servir como "campo de provas" para testar novas tecnologias e processos relacionados;
- Apoiar esforços para "aplicar" novas inovações industriais;
- "Construir habilidades na força de trabalho" para melhorar a produção e os processos para as tecnologias emergentes.

À medida que a manufatura avançada se impõe, um fabricante pequeno ou médio provavelmente terá uma série de desafios de produção futuros em uma série de novos campos, desde tecnologias de produção digital até materiais avançados. Para permitir a difusão nacional de tecnologias e processos, colaborações cruzadas e intercâmbios das melhores práticas e lições aprendidas, acima dos institutos individuais há a Rede Nacional de Institutos de Inovação Industrial, cuja denominação foi alterada para *Manufacturing USA* em 2016.

Os institutos de inovação e sua rede têm uma importante tarefa geral, tanto regional como nacional. Bonvillian destaca que nos EUA, a produção industrial também está

ancorada em regiões que tendem a se concentrar em áreas de produção específicas – por exemplo, automóveis no Centro-Oeste, aeroespacial nas costas Leste e Oeste e produtos farmacêuticos no Nordeste. Ainda que os institutos precisem ter profundidade regional, eles também devem traduzir seus avanços e *know-how* para as empresas industriais em âmbito nacional.

Papel das agências federais. Por causa do impasse do Congresso, o governo federal teve dificuldade de projetar e adotar um programa completamente novo. Em vez disso, teve que recorrer às agências federais e a seus programas e financiamentos existentes, enxertando novos programas em organizações estabelecidas.

Na ideia original de criação dos institutos de inovação, tal como proposto pela AMP, as áreas-alvo de cada o instituto viriam de um modelo de baixo para cima, com o setor industrial atuando como líder na seleção de áreas de foco. Todavia, como o governo decidiu que as agências federais começassem a criar institutos antes da aprovação da lei, com os recursos orçamentários disponíveis, as agências escolheram, a partir de 2012, áreas-alvo para os institutos de inovação que correspondessem suas missões. Ou seja, houve uma abordagem de cima para baixo, e as agências decidiram as áreas de foco com base em suas próprias missões, e não como uma missão da indústria em geral. Ao longo do tempo, no entanto, as perspectivas das agências se ampliaram. E as principais áreas que a indústria elencou como prioridades acabaram sendo enquadradas como missões das agências.

Bonvillian assinala que as agências tendem a tratar e gerenciar seus institutos de maneiras como estão familiarizadas, enquanto receptores de pesquisa. Assim, o modelo de governança da agência é efetivamente um modelo de supervisão de P&D (mediante de acordos de cooperação), e as agências tendem a ver seu papel como supervisores de pesquisa. No entanto, o papel dos institutos é muito mais amplo. Este papel envolve a construção de colaborações duradouras com sistemas de apoio em uma ampla gama de empresas e pesquisadores em muitos setores, não só para pesquisa, mas também para testes, demonstração de tecnologia e *feedback*, desenvolvimento de produtos e educação e treinamento de mão de obra.

Fontes de Financiamento e a importância dos governos estaduais e locais. O aporte federal para cada novo instituto ao longo de um período de cinco anos variou de US$ 70 a US$ 120 milhões. O consórcio de empresas, universidades e governos estaduais que apoiam cada novo instituto foi obrigado a contribuir com pelo menos igual montante para alavancar o investimento do governo federal. Porém, na maioria dos casos, a contribuição combinada dos parceiros privados e dos governos estaduais superou

largamente o aporte de recursos do governo federal, ficando bem acima da proporção 1:1 exigida.

Como o suporte financeiro federal aos institutos de inovação está limitado, por lei, a um período cinco anos, o apoio dos estados poderá vir a ser fundamental para a sobrevivência dos institutos. Se os institutos não estiverem intimamente ligados às economias regionais, o apoio dos estados simplesmente não se desenvolverá com a profundidade necessária. Na avaliação de Bonvillian, a construção de apoio estadual ao se conectar as economias regionais será fundamental para a sobrevivência dos institutos. Segundo o autor, para que os novos programas governamentais sobrevivam e prosperem, eles não só precisam de um forte projeto de política substantiva, eles devem ter um sólido projeto de apoio político que os sustente.

Lições aprendidas. Transformar um setor econômico maciço, como a indústria de transformação mediante inovação, não é um projeto de curto prazo. Como destaca Bonvillian, apenas alguns dos novos institutos existem a tempo suficiente para que seja possível avaliar seu progresso em relação às suas declarações de missão. Segundo ele, claramente, tem havido um grande progresso na definição das estratégias de P&D e tecnologia em uma variedade de novas áreas tecnológicas que podem afetar dramaticamente o futuro da indústria. No conjunto de lições, bem como de desafios que surgirão à medida que os institutos evoluírem, identificadas pelo autor, destacam-se:

- ***Orientação para tecnologia versus produção***. Os institutos industriais criados até o momento estão trabalhando em áreas temáticas selecionadas pelas agências públicas de financiamento de P&D. Essas áreas temáticas refletem as missões da agência, mas não necessariamente as necessidades prioritárias do setor industrial específico. Consequentemente, a escolha das áreas temáticas arriscou-se a ser mais orientada para o desenvolvimento de tecnologia, conforme entendido pelas agências do que pela indústria. Todavia, verifica-se uma tendência a autocorreção, dado que as agências estão solicitando cada vez mais as perspectivas da indústria. Na opinião do autor, se forem criados institutos adicionais, as agências federais poderiam formalmente atribuir maior peso aos critérios propostos pela AMP em seu processo de seleção de áreas-alvo, para assegurar a correspondência entre as necessidades da indústria e das agências, quais sejam: necessidade da indústria, demanda do mercado, transversalidade, segurança econômica, segurança nacional.

- ***Limitação do apoio federal a um máximo de cinco anos***. Embora a proposta original da AMP previsse um prazo de sete anos para a sustentabilidade

financeira dos IMIs, desde o anúncio do primeiro instituto de inovação industrial, o America Makes, exigiu-se que os institutos sejam autossustentáveis (sem financiamento federal) após cinco anos. O *Revitalize American Manufacturing Act*, aprovado em 2014, também estipulou um prazo máximo de cinco anos para o apoio federal aos institutos criados desde então. A suposição de que os institutos possam se tornar financeiramente independentes em cinco anos é problemática. Revitalizar a inovação industrial será um projeto de longo prazo e, como tal, requer realismo sobre desafios de tecnologia e negócios. Ademais, os Institutos Fraunhofer da Alemanha, que serviram de modelo aos institutos norte-americanos, não enfrentam tal impedimento e contam com apoio contínuo do governo alemão.

- ***Ênfase em P&D versus aplicação***. As agências federais de apoio tendem a organizar os institutos em torno do desenvolvimento tecnológico para novas tecnologias consistentes com suas missões, que ainda estão longe da aplicação na da indústria. Este foco de desenvolvimento pode ser inevitável, dada a lacuna no P&D industrial dos EUA, mas ao longo do tempo isso criará uma lacuna de aplicação no papel dos institutos. Sem mais tecnologias de processo, demonstração, testes e sistemas de *feedback*, os institutos podem limitar sua capacidade de atrair empresas industriais de pequeno e médio porte, porque as tecnologias procuradas não estão prontas para essas etapas, onde as empresas menores as poderiam obter. Isso limitará a disseminação da tecnologia. A maioria dos líderes dos institutos entende isso bem, mas a questão continua a exigir atenção.

- ***Envolvimento da cadeia de fornecedores***. Os institutos geralmente se concentraram inicialmente em chamadas de projetos de P&D de tecnologia que normalmente incluem pesquisadores de universidades e grandes empresas; as empresas menores geralmente não estão incluídas porque possuem capacidade limitada de P&D. No entanto, as novas tecnologias não serão adotadas, a menos que as cadeias de fornecimento integradas, incluindo as pequenas empresas, sejam levadas a compreendê-las e utilizá-las. Para que isso ocorra, os institutos terão de adotar mais uma abordagem completa de cadeia de fornecedores, com cadeias de fornecedoras envolvidas na demonstração, testes e treinamento de tecnologia.

- ***Falta de experiência das agências federais com P&D industrial***. Sucessivos governos federais nos Estados Unidos assumiram que a liderança industrial do país era um dado e, portanto, não sentia a necessidade de torná-lo um foco de

política de P&D. Isso é parte do motivo pelo qual os institutos de inovação industrial tendem a se concentrar mais em estágios iniciais de desenvolvimento tecnológico ao invés do foco adicional na aplicação de tecnologia tal como foi proposto pela AMP. Embora a pesquisa básica em tecnologias ainda seja necessária, se a missão em curso de P&D da agência federal se concentrar mais em tecnologias habilitadoras na indústria, isso poderia ser um complemento importante para os institutos de inovação industrial, ajudando a criar novos paradigmas de tecnologia industrial.

- ***Educação e treinamento da força de trabalho***. Sem equipes de engenharia e mão-de-obra qualificada nas novas tecnologias, em pequenas e grandes empresas, as tecnologias de manufatura avançada em evolução simplesmente não poderão ser amplamente adotadas. Alguns institutos viram que o treinamento de mão-de-obra pode ser um sucesso precoce ao servir os patrocinadores dos setores industriais e criar redes de contatos com uma ampla gama de empresas. Esta também é uma maneira particularmente importante para os institutos se envolverem com empresas menores e com os estados, que desempenham um importante papel na educação da força de trabalho por meio de seus sistemas de faculdade comunitária. No entanto, isso nem sempre foi o caso. Os oficiais de contrato e de programas das agências para os institutos são em geral tecnólogos, e não especialistas em educação, de modo que muitos se concentram no papel do instituto em P & D. No entanto, os institutos precisam dominar os dois conjuntos de tarefas para atender plenamente aos seus setores industriais.

4.4. A Política Industrial no Japão face à Quarta Revolução Industrial[35]

Introdução

Desde 2015, o governo vem adotando medidas proativas voltadas à aceleração no país da Quarta Revolução Industrial, ocasionada pelo desenvolvimento da internet das coisas (Iot, na sigla em inglês), Big Data, robótica e inteligência artificial (AI, na sigla em inglês), com vistas a fortalecer a competitividade da economia japonesa e criar novos mercados, em setores como a indústria de transformação, a medicina, a agricultura, a distribuição, etc.

Esse conjunto de iniciativas será analisado neste capítulo. Para tanto, foram utilizados documentos do governo do Japão e comunicados de imprensa divulgados pelo METI. As informações oficiais foram complementadas com as análises produzidas pelos professores e pesquisadores da Universidade de Cambridge - BEECHER, Paul e outros (2014), Country Overview of Manufacturing Policy – Japan. CSTI Policy Briefing Note, Cambridge: Institute for Manufacturing, October 2014; CHANG, Ha-Joon e outros (2013), Future of Manufacturing Project: Evidence Paper 4, October 2013; SULLIVAN, Eoin e outros (2013). What is new in the new industrial policy? A manufacturing systems perspective. *Oxf Rev Econ Policy* 29 (2): 432-462 -, e pelo pesquisador do Instituto Coreano de Economia Industrial e Comércio (KIET), MOK Sakong (2017) The Progress of the Fourth Industrial Revolution in Japan and its Implications. *KIET Industrial Economic Review*, Mar. / Apr. Vol 22 No 2, pg 37-49.

O papel da política industrial no desenvolvimento do Japão

O Japão é uma das nações industriais mais sofisticadas do mundo, com empresas líderes mundiais em uma variedade de indústrias, que se especializam em componentes e produtos de alta qualidade e se destacam no gerenciamento de redes industriais globais complexas e engenharia de integração sofisticada. Ademais, o Japão tem uma forte associação cultural com a sua indústria de transformação, cujo termo em japonês, *Monozukuri*, expressa admiração pelas capacidades de destreza artesanal de alta

[35] Trabalho divulgado como Carta IEDI n. 838. Disponível em https://iedi.org.br/cartas/carta_iedi_n_838.html

qualidade e habilidades de produção, e outras atividades criadoras de valor associadas à produção de bens, como *design* de produtos e desenvolvimento.

Os dois grandes pilares da indústria de transformação japonesa são as indústrias automotiva e eletrônica. As empresas japonesas respondem por cerca de 30% de participação no mercado global de produção de carros e mais de 60% de mercado em câmeras digitais e também se destacam nas atividades de processamento de material e produção mecânica, que muitas vezes são realizadas por empresas menores. Igualmente, são líderes globais em uma variedade de áreas, como componentes de aeronaves (principalmente em componentes de sistemas de aeronáutica e aviônica), robôs e produtos químicos finos.

As empresas industriais japonesas se conformaram tradicionalmente com *keiretsu*, estruturas de integração vertical em pirâmide, nas quais empresas menores - produtores de componentes e equipamentos de fabricação e indústrias relacionadas - são nutridas e protegidas por fabricantes maiores de produtos montados, aos quais fornecem componentes e processos altamente específicos. Com o surgimento de um modelo de produção por encomenda, as PMEs, em algumas indústrias, se tornaram dependentes de grandes corporações no topo da pirâmide.

O Japão é um exemplo de país que fez uso com sucesso da política industrial para tornar-se uma potência econômica na segunda metade do século XX. Como destacam Chang e outros (2013), o governo japonês foi extremamente ativo, a partir da década de 1950, no emprego da política industrial forte para desenvolver indústrias de maior valor agregado, como aço, automóvel, eletrônica e máquinas.

Embora não tenha feito amplo uso de mecanismos de incentivo fiscal, o Japão forneceu financiamentos de longo prazo através do Banco de Desenvolvimento do Japão (JDB) e de outras instituições financeiras públicas, como os Bancos de Crédito de Longo Prazo e o Banco Industrial do Japão. Medidas protecionistas (tarifas e restrições quantitativas) foram também ativamente utilizadas, enquanto o país discutiu as regras mais duras do mundo sobre FDI e sobre as importações de tecnologia (para garantir que as tecnologias importadas não fossem excessivamente desatualizadas e os *royalties* pagos fossem razoáveis). As indústrias prioritárias receberam subsídios para exportação, investimento, P&D e contas de serviços públicos, ao mesmo tempo em que recebem incentivos fiscais preferenciais, ainda que não em nível exagerado.

Segundo Chang, o Japão introduziu leis na década de 1950 para impedir que as grandes empresas abusassem de suas posições monopsônica ou oligopsônica para pressionar seus fornecedores, privando-os dos recursos para investir no aprimoramento de

capacidade. Em consequência, as grandes empresas investiram no aprimoramento das capacidades de seus fornecedores, seja mediante a participação no capital, seja no destacamento de técnicos qualificados para transferência de conhecimento.

Chang e outros pesquisadores também destacam duas inovações notáveis da política industrial japonesa no pós-guerra. A primeira delas é o estabelecimento de conselhos de deliberação para a formulação de políticas em indústrias-chave, dos quais participam funcionários do governo, representantes da indústria e observadores mais “objetivos” (por exemplo, acadêmicos e pesquisadores). Esses conselhos tornam a política industrial mais efetiva, melhorando os fluxos de informação entre o governo e o setor privado, por um lado, e entre as próprias empresas do setor privado, por outro lado. Como será visto mais adiante nessa resenha, a prática de criação de conselhos deliberativos segue ativa no Japão nos dias atuais e desempenha um papel-chave na elaboração e execução das estratégias japonesas para a promoção da Quarta Revolução Industrial.

Outra inovação japonesa é a técnica melhorada de gerenciamento de cartéis em relação às práticas em outros países e práticas próprias pregressas. Ao invés de considerar todos os cartéis como negativos, como os Estados Unidos fizeram, o governo japonês reconheceu que os cartéis poderiam ajudar o desenvolvimento industrial, reduzindo a "concorrência dissipadora" que destrói o lucro e prejudica as capacidades para investir e inovar no longo prazo. Ciente de que os cartéis também podem se tornar forças conservadoras que impedem o progresso, governo japonês tentou minimizar esse problema ao permitir que os cartéis fossem estabelecidos apenas em condições claras em termos de seus objetivos e duração. Essa política evitou investimentos duplicados e guerras de preços no mercado de exportação bem como garantiu a atualização de tecnologia e a eliminação ordenada de indústrias declinantes.

De acordo com esses autores, as estruturas de governança corporativa e de financiamento, que possibilitaram investimentos orientados ao longo prazo, contribuíram para o sucesso da política industrial japonesa. Entre meados da década de 1960 e o final da década de 1990, as empresas japonesas se isolaram das pressões de curto prazo por meio de participação cruzada entre empresas amigáveis, que representaram 35-50% de todas as ações japonesas durante esse período (depois de duas décadas de recessão econômica, esse percentual é atualmente 20%). Os trabalhadores do núcleo industrial - cerca de 2/3 nas grandes empresas e 1/3 nas empresas menores - foram integrados na estrutura de governança corporativa mediante a concessão de emprego vitalício e oportunidades de consulta. Ao mesmo tempo, os bancos estavam intimamente envolvidos com as empresas e forneceram não apenas

“capital paciente”, como também consultoria de gestão de fato para empresas menores, que não podiam pagar o preço no mercado aberto.

O colapso do mercado de ações de 1990, seguido da chamada “década perdida”, provocou mudanças profundas na abordagem governamental das políticas industriais no Japão. Como salienta Chang e seus co-autores, em meados da década de 1990, a agenda da política industrial tornou-se cada vez mais dominada pela agenda de desregulamentação, enfraquecendo o quadro tradicional da política industrial. Em 2000, esta mudança na abordagem da política industrial culminou com a transformação institucional do MITI (Ministério do Comércio Internacional e Indústria) no METI (Ministério da Economia, Comércio e Indústria) e, mais tarde, com uma emenda à Lei Japonesa das Sociedades por Ações que permitiu fusões e aquisições (M&A na sigla em inglês) de subsidiárias estrangeiras de empresas japonesas mediante a troca de ações. Apesar destas mudanças, a política industrial continuou bastante ativa em duas novas áreas-chave: promoção das PME e promoção de inovação.

Paul Beecher e seus colegas da Universidade de Cambridge consideram que, desde a virada do século XXI, a política industrial japonesa evoluiu para uma maior ênfase nas políticas transversais em relação a abordagens setoriais específicas. A intenção do governo do Japão é apoiar uma mudança de uma estrutura industrial centrada nos setores automotivo e eletrônico, para uma estrutura “multipolar” sustentável, habilitada pelo desenvolvimento de cinco "campos industriais estratégicos": indústrias relacionadas à infraestrutura (por exemplo, nuclear, água e ferrovia); soluções de energia de próxima geração (por exemplo, cidades inteligentes e automóveis de próxima geração); indústrias criativas; indústrias relacionadas à saúde; e campos de fronteira (por exemplo, robôs e espacial).

Esta mudança de ênfase foi acompanhada do crescente reconhecimento da necessidade de um papel mais ativo do Estado no fortalecimento da competitividade industrial diante dos crescentes desafios enfrentados pelas empresas japonesas. Outros fatores importantes na influência da política industrial no Japão incluem, de acordo com os autores, as pressões econômicas que foram um legado da crise financeira no final da década de 1990, o declínio da população ativa e a conscientização sobre os apelos a políticas de inovação mais sólidas relacionadas à produção industrial provenientes de concorrentes econômicos, como os Estados Unidos, China e Coréia do Sul.

Na avaliação do governo japonês, as estruturas *keiretsu* conduziram a uma orientação excessiva das empresas japonesas ao mercado doméstico. O resultado tem sido: menor nível de rentabilidade e de investimento das empresas industriais japonesas em relação

aos concorrentes internacionais. O governo também associou essas estruturas industriais com a incapacidade das empresas japonesas, principalmente as PME, de capturar oportunidades de negócios em mercados em crescimento, apesar do "domínio" do Japão em uma variedade de tecnologias, levando a uma “conquista de tecnologia, mas a perder situação em negócios”.

O governo japonês também manifestava preocupações com “dependência extrema” da economia em relação à indústria automotiva, que, segundo Sullivan e outros (2013), foi responsável por quase metade do crescimento nominal do PIB de 2,5% registrado no Japão de 2000 a 2007. Ao mesmo tempo, ocorreu um rápido declínio da participação japonesa em diversos produtos, como memória DRAM, painéis LC, leitores de DVD, painéis solares e sistemas de navegação para automóveis.

De acordo com Paul Beecher e seus co-autores (2014), desde 2008, houve várias iniciativas de políticas relevantes para a indústria no Japão:

- Estratégias de crescimento. Essas estratégias são impulsionadas pelo primeiro-ministro e oferecem diretrizes para a dotação orçamentária em todo o governo.

- Programa Eco-Point e Subsídio Eco-carro. Lançado em 2009, este programa tem como objetivo impulsionar o consumo de produtos eficientes em termos de energia e a transição para uma sociedade de baixa emissão de carbono. Cerca de 1,6 trilhão de ienes (equivalente a US$ 14 bilhões), foram gastos, beneficiando a indústria eletrônica e automobilística.

- Criação de novos “centros de P&D avançado de classe mundial”, com a participação da indústria, da academia e do governo, para promover a aglomeração industrial e a comercialização de pesquisas conjuntas. Espera-se que esses centros contribuam para novos investimentos em P&D no setor privado e contribuam para alcançar o objetivo nacional de investimento em P&D de 4% do PIB até 2020.

Desde a crise econômica global de 2008, o ambiente competitivo para as empresas industriais japonesas tornou-se bastante desafiador. Embora o Japão ocupe a terceira posição, atrás apenas da China e dos EUA, em termos do valor agregado industrial, sua participação no valor agregado da indústria mundial, declinou de 10,3 % em 2010 para 8,7% em 2016, de acordo com os dados da UNIDO, em dólares constantes de 2010. Em termos de competitividade industrial, o Japão que ocupava a primeira posição do *ranking* mundial do Índice de Desempenho da Competitividade Industrial (CIP na sigla

em inglês), em 2010, perdeu a liderança para Alemanha em 2013, mas ainda se mantém à frente dos Estados Unidos, Coreia do Sul e China.

O fortalecimento dos vínculos entre ciência, tecnologia e indústria para ampliar a produtividade e competitividade ganhou importância crescente nos planos quinquenais de ciência e tecnologia. Entre 2001 a 2010, a C&T teve um orçamento de quase 50 trilhões de ienes (cerca de US$ 441 bilhões), que foram investidos em quatro áreas prioritárias principais: ciências da vida, tecnologia de comunicação e informação (ICT), meio ambiente e nanotecnologia / materiais. Além disso, várias indústrias foram identificadas como a chave para satisfazer futuras necessidades sociais, tais como: robôs, células de combustível, conteúdo digital, e eletrônicos digitais de consumo de massa. Entre as medidas, foi dada especial ênfase ao estabelecimento de "clusters regionais de consórcios" (definidos como redes de indústrias regionais, por um lado, universidades e centros de pesquisa situados no mesmo local, por outro), vinculados entre eles por relações cooperativas e competitivas.

Em 2010, iniciou-se uma nova agenda política do governo do Japão, que busca facilitar a reorganização da estrutura industrial doméstica e promover uma participação mais ativa das empresas japonesas nos mercados mundiais. O governo anunciou uma estratégia de crescimento econômico, denominada "Renascimento do Japão", estabelecendo objetivos econômicos para 2020. Essa estratégia foi atualizada em março 2012 para responder aos desafios gerados pelo grande terremoto em março de 2011 e subsequente desastre na usina nuclear de Fukushima, que afetou seriamente não só as cadeias de fornecimento japonesas, mas também para as cadeias de suprimentos globais.

Essa estratégia inclui um Plano de Revitalização da Indústria, com objetivo de corrigir três distorções da economia japonesa, isto é, subinvestimento, excesso de regulamentação e concorrência excessiva, e promover a exploração de novas fronteiras ao mesmo tempo em que se esforçam para superar os problemas sociais do Japão, com o objetivo de cultivar os crescentes mercados mundiais e atrair pessoas, bens e fundos de todo o mundo. Com base nos pontos fortes do Japão na indústria e na tecnologia, a estratégia visa o desenvolvimento de novas indústrias e novos mercados em respostas às mudanças ambientais (valor estimado em 50 trilhões ou US$ 441,6 bilhões) e a criação de 4,7 milhões de empregos até 2020, juntamente com diversos outros objetivos, entre os quais, elevar a 50% a participação dos automóveis de nova geração no total da venda de carros novos e elevar a 50% a participação das empresas japonesas no mercado mundial de baterias de armazenamento de energia.

De acordo com o METI (2013), nos últimos anos, as indústrias manufatureiras japonesas com vantagem competitiva estão enfrentando dificuldades em competir com países emergentes. O Japão “se destaca na tecnologia, mas perde nos negócios” e, em alguns casos, o Japão “perde a tecnologia”. Por essa razão, além da alocação intensiva de recursos políticos pelo governo na atividade de P&D estratégica, o METI procurará incentivar o setor privado a investir ativamente em programas de P&D, a acelerar o desenvolvimento e criar um ciclo virtuoso de ciência, tecnologia e inovação (C,T&I) que leve a aplicações e comercialização rápidas. Além disso, será incentivada uma estratégia "aberta e fechada" para que as empresas possam criar inovações, adquirir direitos de propriedade intelectual e usá-los efetivamente, de modo a tornar o Japão “um país competitivo em tecnologia e em negócios”. De igual modo, o METI irá se esforçar para conseguir a padronização internacional das tecnologias e produtos líderes no mundo, através da promoção estratégica do desenvolvimento de sistemas de certificação internacionalmente reconhecidos e da exportação de sistemas para outros países.

A transferência de produção e outras atividades de alto valor agregado (incluindo pesquisa, *design* e desenvolvimento) para o exterior também suscitaram preocupações de um “vazamento industrial irreversível”, ou seja, a perda permanente de capacidades industriais-chave no Japão. Ao longo dos últimos anos, os investimentos em P&D por empresas japonesas estão crescendo mais rápido no exterior do que no mercado interno, e algumas grandes corporações (japonesas ou estrangeiras) decidiram mudar a atividade principal para fora do Japão (por exemplo, a Fujitsu, a Nokia, a P&G e a Medtronic se mudaram ou estabeleceram novas operações em Cingapura, enquanto Sharp e a Novartis fizeram o mesmo na China). De acordo com Sullivan e outros (2013), em pesquisa realizada pelo METI junto a mais de onze mil empresas, a valorização do iene, os altos custos trabalhistas e os problemas relacionados ao fornecimento de eletricidade e outros tipos de energia foram os principais fatores citados como os motores da saída das empresas industriais japonesas.

Essa nova agenda de política industrial foi impulsionada pela adoção de uma série de medidas, em sua maioria de caráter horizontal. Todavia, a política prevê suporte específico para setores em “domínios estratégicos”. Também têm sido apoiadas atividades de P&D transversais nas chamadas “indústrias de apoio”, como tecnologia de processos de materiais, tecnologia de informação, mecatrônica e tecnologia robótica.

Para melhorar a competitividade global do Japão como centro de produção, as medidas incluíram: uma reforma tributária que busca levar os impostos corporativos do Japão mais perto dos níveis internacionais; novos incentivos para atrair funções corporativas de alto valor agregado para o Japão (com ênfase nas sedes e nas bases de P&D de

empresas japonesas localizadas na Ásia); e aumento do investimento em infraestrutura logística. Novos fundos de longo prazo também foram disponibilizados para apoiar a reestruturação de negócios, com ênfase no apoio às *start-ups* e aos esforços de diversificação das empresas.

Com objetivo de acelerar a reestruturação organizacional da indústria de transformação japonesa considerada essencial para o fortalecimento do setor, foram adotadas medidas de incentivos fiscais e assistência financeira para a promoção de *spin-offs* e *carve-outs,* medidas fiscais voltadas à promoção de investimento corporativo de risco, cujo alvo são as empresas que investirem em sociedades de capital de risco por meio de fundos de risco, medidas de apoio financeiro e técnico às empresas de base tecnológica em fase de arranque. A Corporação Financeira do Japão (JFC) prestará apoio à reconstrução de empresas e à sucessão de empresas, de modo a aliviar o ônus financeiro decorrente da reestruturação organizacional. Mediante a cooperação com instituições financeiras do setor privado que estão dispostas a fornecer exceções à exigência de garantidor, serão feitos esforços para promover financiamento que não dependa de garantias pessoais, de modo a facilitar a sucessão comercial.

Uma série de medidas também foi introduzida para encorajar as pequenas e médias empresas (PME) a inovar e a competir nos mercados mundiais, ganhando maior participação de mercado em produtos ou serviços em uma gama maior de setores. Como destaca Sullivan e seus co-autores, talvez essa seja a mudança mais significativa no papel da política industrial recente do governo japonês, dado que irá catalisar mudanças na estrutura industrial piramidal que prevalece no país. Como mencionado, as PME industriais japonesas tradicionalmente integram as cadeias de valor em forma de "pirâmides", encabeçadas por grandes empresas (dominantes no setor automotivo e no de ICT).

Exemplos das medidas adotadas incluem o incentivo às atividades de P&D das PMEs e microempresas, a ampliação do programa de apoio à expansão no exterior das PMEs (Plataformas de Expansão Ultramarinas PME), seguros de garantia estendida para expansão no exterior, bem como novos serviços de consultoria técnica e suporte apropriado para cada fase de desenvolvimento dos novos negócios. Além de redução da taxa de juros para o financiamento de equipamentos, serão concedidos incentivos fiscais para os investimentos das PME e as microempresas em *software* e equipamentos com *software* interno, a fim de promover a melhoria da produtividade por meio da utilização de tecnologia de informação. Com essas medidas, o governo espera que as PMEs possam se integrar de forma mais eficaz nas cadeias de valor mundiais.

O Plano de Revitalização da Indústria também incluiu a promoção do desenvolvimento de novos *clusters* industriais, centrados em empresas regionais chave, que possam desencadear novas indústrias e novos negócios nas regiões do Japão. Nesse sentido, o METI incentivará as redes lideradas por empresas principais regionais que reúnem indústria, academia e governo, e eventos para disseminação de ideias e necessidades com vista ao desenvolvimento de novos produtos. Também irá adotar iniciativas para promover o desenvolvimento de tecnologias e materiais de impressão 3D de próxima geração e sua utilização entre as empresas industriais regionais.

Igualmente foram adotadas medidas para melhorar a "qualidade e quantidade" da mão-de-obra japonesa, em particular nas áreas de engenharia e tecnologia, dada a preocupação crescente com escassez de competências em engenharia em razão da mudança demográfica associada ao envelhecimento da população que se dedica à engenharia industrial. Essas medidas incluem: a criação de qualificações profissionais nacionais; a promoção de oportunidades de carreira de “segunda vida” para trabalhadores mais velhos; programas de treinamento destinados a transmitir as habilidades dos trabalhadores experientes às gerações mais jovens; bem como novas medidas para aumentar o emprego feminino e atrair recursos humanos de alto nível do exterior.

A fim de apoiar a implantação das tecnologias e produtos do Japão no mercado mundial, o governo adotou iniciativas de promoção de venda, que incluem desde produtos individuais com funções avançadas até o fornecimento de soluções integradas, combinando componentes de produção e serviços em áreas onde o Japão é percebido como tendo uma vantagem competitiva. A ênfase foi colocada na venda e implantação de tecnologias de geração e distribuição de energia com baixas emissões de carbono em economias de alto crescimento, principalmente as asiáticas. As medidas específicas relacionadas a esta estratégia incluem: projetos de demonstração em países em desenvolvimento, uma estratégia internacional de padronização, bem como a promoção de acordos de investimento e exportações através da diplomacia de alto nível e do trabalho da Agência Japonesa de Cooperação Internacional (JICA).

Além disso, uma vez que o Japão depende das importações para satisfazer mais de 90% de sua demanda de energia, um objetivo orientador é assegurar um abastecimento de energia estável do exterior. Os acordos colaborativos bilaterais com países ricos em recursos foram expandidos – geralmente envolvendo projetos de desenvolvimento de infraestrutura com a participação de empresas japonesas – e os mecanismos de fornecimento de dinheiro de risco para projetos de exploração e desenvolvimento de recursos foram aprimorados.

O Plano de Revitalização da Indústria também contempla iniciativas voltadas para a construção de uma sociedade baseada em tecnologias de informação (IT, na sigla em inglês). Para promover a criação de novos negócios a partir da utilização de *Big Data*, o governo japonês adotou medidas para apoiar atividades de pesquisa e demonstração e para promover a criação de infraestrutura adequada para o processamento de grandes quantidades de dados mediante o desenvolvimento de centros de dados de maior eficiência, incentivando o uso da computação em nuvem pelas empresas.

De acordo com o pesquisador do Instituto Coreano de Economia Industrial e Comércio (KIET), Sakong Mok (2017), até 2015, os documentos de política do governo japonês não faziam menção à Quarta Revolução Industrial. Na nova versão modernizada da estratégia de crescimento de 2012, rebatizada Estratégia de Revitalização, lançada em junho de 2015, o governo incluiu um conjunto de medidas proativas voltadas à aceleração no país da Quarta Revolução Industrial, ocasionada pelo desenvolvimento da internet das coisas (Iot, na sigla em inglês), *Big Data,* robótica e inteligência artificial (AI, na sigla em inglês), para fortalecer a competitividade da economia japonesa e criar novos mercados, em setores como a indústria de transformação, a medicina, a agricultura, a distribuição, etc.

O reconhecimento dessa transformação crucial em curso pela política oficial japonesa aconteceu quatro a cinco anos depois do verificado na Alemanha, nos Estados Unidos e na Grã-Bretanha. Desde então, está sendo executado um amplo conjunto de estratégias delineadas para promover o desenvolvimento das inovações avançadas associadas à Quarta Revolução Industrial, que ainda está em seu estágio inicial, e a disseminação dos resultados nos diferentes setores de atividades e entre as empresas de pequeno e médio porte, de modo a assegurar a competividade e o crescimento sustentado futuro. Nesse contexto, à semelhança do que ocorre em outros países industrializados, a política industrial no Japão tem se tornado cada vez mais uma política centrada em inovação, fonte de elevado potencial de crescimento econômico e de solução para desafios sociais, domésticos e mundiais.

Ciência, Tecnologia e Inovação (C,T&I) como Resposta aos Desafios

Desde a promulgação da Lei Básica de Ciência e Tecnologia, em 1995, o Japão vem desenvolvendo planos básicos quinquenais de ciência e tecnologia (C&T), com intuito de, ao invés de seguir a liderança das nações ocidentais, desafiar por si mesmo os campos de ciência e tecnologia inexplorados, abrindo o próprio caminho para o futuro como líder mundial. Nesse sentido, ao longo dos últimos vinte anos, a ênfase foi dada ao fortalecimento das ações políticas em áreas tais como a garantia de investimentos

governamentais em pesquisa e desenvolvimento (P&D), a reforma do sistema de P&D (melhorando os programas de pós-doutorado, desenvolvendo ambientes competitivos, etc.), focalizando estrategicamente a atividade de P&D, consolidando instalações e equipamentos de P&D e promovendo intercâmbio e colaboração internacional.

Com montantes crescentes de investimento governamentais em P&D por 10 anos, bem como um número cada vez mais de pesquisadores e artigos publicados, o Japão tornou-se progressivamente mais competitivo em nível internacional. Isso aconteceu mesmo quando as economias emergentes e outros países fortaleceram em seus esforços em ciência e tecnologia, cujas atividades aumentavam em escala e complexidade. O avanço científico e tecnológico do Japão foi viabilizado por diferentes tipos de iniciativas, incluindo investimento focado em áreas de pesquisa de grande importância, desenvolvimento de centros de pesquisa de classe mundial e equipamentos de pesquisa em larga escala, e a introdução e promoção de sistemas altamente competitivos de gerenciamento de recursos humanos.

Desde a virada do século XXI, a colaboração e a interação entre a indústria e a academia passaram a ser também priorizadas nos planos básicos, como resposta às mudanças no ambiente de concorrência internacional e à forte demanda pela utilização dos resultados de P&D para tornar o país mais competitivo e para contribuir mais para a reforma social. Na evolução dos planos básicos, a ênfase em inovação foi crescente, e assumiu a liderança no Quarto Plano Básico de 2011, quando o foco em P&D passou de uma abordagem baseada em domínios de ciência e tecnologia para uma abordagem de resolução de problemas. Nesse contexto, o estabelecimento de relações cooperativas efetivas entre o governo, as empresas e as universidades se intensificou.

Contudo, o crescimento do investimento em P&D do governo estagnou nos últimos dez anos em comparação com os principais países do mundo. Na verdade, desde o segundo Plano Básico de C&T (2001-2005), os objetivos de investimento governamental em P&D não foram alcançados.

Tendo em vista a utilização de C,T&I para enfrentar vários desafios econômicos e sociais, novas iniciativas foram avançadas pela indústria, academia, governo e ministérios relevantes para trabalhar em conjunto em matéria de P&D e implementações sociais, como o Programa Interministerial de Promoção Estratégica de Inovação (SIP, na sigla em inglês). Além disso, em 2014, o Conselho para Política de Ciência e Tecnologia (CSTP), responsável pela supervisão a política científica e tecnológica foi reorganizado para se tornar o Conselho de Ciência, Tecnologia e Inovação (CSTI, na sigla em inglês).

Apesar do esforço concertado no avanço da política científica e tecnológica e de contribuições importantes que provocaram mudanças econômicas e no estilo de vida no Japão e no mundo, tais como a invenção dos diodos emissores de luz azuis (LEDs) e a criação de células de tronco pluripotente induzidas pelo humano (iPS), a atividade japonesa de C,T&I está começando a ficar para trás em relação aos líderes mundiais. Além da queda dos trabalhos de pesquisa no *ranking* internacional, tanto em termos quantitativos quanto qualitativos nos últimos anos, houve atrasos na construção de uma rede internacional de pesquisa.

Outra deficiência importante do sistema nacional de inovação do Japão reside na colaboração indústria-academia, que ainda não atingiu a plena maturidade, o que resulta em deficiências na capacidade do país em inovar por meio da ciência e tecnologia. Grande parte da atual colaboração indústria-academia se dá em pequena escala, e ainda há pouca mobilidade para os pesquisadores em organizações e setores. Empresas de base tecnológica em fase de arranque e similares ainda não chegaram ao ponto de transformar estruturalmente a indústria japonesa.

Com o diagnóstico de que a ciência e a tecnologia recentes, especialmente o desenvolvimento das tecnologias da informação e das comunicações (TIC), estão mudando rapidamente as regras econômicas e sociais, ao mesmo tempo em que afetam estilos de vida e a própria existência da sociedade e da humanidade, o Japão lançou o seu quinto Plano Básico de C&T em janeiro de 2016. Aspecto distintivo desse plano em relação aos precedentes é o fato de que a política de CT&I é integrada como uma política principal para a economia, a sociedade e o público na estratégia de revitalização do país.

O Quinto Plano tem quatro objetivos políticos: i) crescimento sustentável e desenvolvimento regional autossustentável, com criação de emprego; ii) segurança e a proteção da nação e dos seus cidadãos e garantia de uma forma de vida próspera e de alta qualidade; iii) enfrentar os desafios mundiais e contribuir para o desenvolvimento global mediante a aplicação de forma proativa da capacidade de CT&I; iv) criação sustentável de ativos intelectuais.

Um dos pilares centrais do Quinto Plano é a criação futura de uma "sociedade superinteligente" (Sociedade 5.0), que combinando o espaço físico (mundo real) e o ciberespaço, seja capaz de fornecer os bens e serviços necessários às pessoas que precisam delas no horário exigido e na justa proporção; seja capaz de responder precisamente a uma ampla variedade de necessidades sociais. Nessa forma ideal de sociedade futura, todos os tipos de pessoas poderão obter facilmente serviços de alta qualidade, superar diferenças de idade, gênero, região e idioma, e viver vidas vigorosas

e confortáveis. Espera-se que essa sociedade, por exemplo, desenvolva e realize um ambiente em que humanos e robôs e / ou inteligência artificial (AI, na sigla em inglês) coexistem e trabalhem para melhorar a qualidade da vida humana, oferecendo serviços personalizados finamente diferenciados que atendam às diversas necessidades (inclusive as potenciais) dos usuários.

Na avaliação das autoridades japonesas, para manter e fortalecer sua competitividade em uma sociedade superinteligente, o país terá que liderar o mundo na concretização de tais iniciativas, a fim de acumular os conhecimentos e *know-how* necessários para promover a propriedade intelectual e a padronização internacional. Paralelamente ao aprimoramento contínuo da funcionalidade da futura plataforma para estimular a criação de novos negócios que respondam adequadamente às diversas necessidades, também será importante fornecer características japonesas únicas e distintivas para a plataforma e seus sistemas individuais de modo a estabelecer sua vantagem.

Com isso, o Plano Básico enfatiza dois conjuntos de tecnologias fundamentais para a construção de uma sociedade superinteligente líder mundial. O primeiro deles refere-se às tecnologias constituem pontos fortes do Japão e o núcleo da criação de novos valores a partir de sistemas individuais:

- ***Robótica***: tecnologia que se espera que seja usada em vários campos, como comunicação, assistência social / trabalho e produção industrial;

- ***Tecnologia de sensores***: tecnologia que coleta informações de humanos e de todo tipo de "coisas";

- ***Tecnologia de atuadores***: tecnologia relacionada ao mecanismo de ativação, unidade e dispositivos de controle no mundo real, bem como os resultados do processamento e análise de informações obtidas no ciberespaço;

- ***Biotecnologia***: tecnologias de sensor e atuador de tecnologia;

- ***Tecnologia de interface humana***: tecnologia que usa realidade aumentada, engenharia afetiva, neurociência, etc.;

- ***Material / nanotecnologia***: tecnologia que leva a sistemas diferenciados mediante funcionalidades aprimoradas de vários componentes, como materiais estruturais inovadores e novos materiais funcionais;

- ***Tecnologia de luz / quantum***: tecnologia que leva a sistemas diferenciados através de funcionalidades aprimoradas de vários componentes, como técnicas

de medição inovadoras, tecnologia de transferência de informações / energia e tecnologia de processamento.

O segundo conjunto inclui as tecnologias necessárias para construir a plataforma de serviços da sociedade superinteligente, ou seja, as tecnologias relacionadas com a distribuição, processamento e acumulação de informações no ciberespaço que são essenciais para criar valor agregado a partir dos grandes dados. Como o Japão registra relativo atraso nesses domínios, será preciso acelerar a consolidação das seguintes tecnologias fundamentais, em particular:

- ***Tecnologia de segurança cibernética***: tecnologia que favorece informações e comunicação seguras, considerando as características do IoT, como ciclos de vida longos desde o design até a eliminação.

- ***Tecnologia de arquitetura de sistema IoT***: tecnologia que permite a modelagem de hardware e software como componentes e a construção e operação de sistemas de grande escala

- ***Análise dos grandes de dados***: tecnologia que deriva conhecimento e valor de grandes quantidades de uma grande variedade de dados, incluindo dados não estruturados.

- ***Inteligência Artificial*** (AI, na sigla em inglês): tecnologia que suporta IoT, grande análise de dados e comunicação avançada.

- ***Tecnologia do dispositivo***: tecnologia que permite o processamento em alta velocidade em tempo real de grandes quantidades de dados com baixo consumo de energia.

- ***Tecnologia de rede***: tecnologia que distribui quantidades crescentes de dados em alta capacidade e alta velocidade.

- ***Computação de borda***: tecnologia que permite deslocar a capacidade computacional dos centros de dados para os extremos da rede, aumentar a velocidade e a diversificação do processamento em tempo real na localização real do sistema, o que é necessário para aumentar a funcionalidade da IoT.

Além disso, uma vez que as ciências matemáticas são uma tecnologia científica interdisciplinar básica para todas essas tecnologias fundamentais, o governo japonês irá promover, em conjunto, o fortalecimento da colaboração em P&D de cada tecnologia e o fomento do desenvolvimento profissional.

As respostas aos desafios econômicos e sociais por meio das contribuições da C,T&I constituem outro pilar central do Quinto Plano Básico de C&T. Como prioridades são destacadas, entre outras, as tecnologias relacionadas à eficiência energética e à competitividade da indústria de transformação japonesa.

No que se refere à eficiência energética e oferta estável de energia, o governo japonês dará continuidade a promoção do desenvolvimento e da difusão de tecnologias de eficiência energética nos setores industrial, consumidor (residencial, comercial) e de transporte (veículos rodoviários, navios, aeronaves), de tecnologia de sistemas mais avançados de rede elétrica, de tecnologias de armazenamento de energia. Igualmente, dará continuidade à promoção das atividades de P&D para a utilização mais eficaz da energia nuclear mediante o desenvolvimento de reatores mais avançados e de tecnologia de segurança nuclear. Além disso, promoverá o P&D em tecnologias energéticas inovadoras, com o objetivo de estabelecer tecnologias importantes para o futuro, como tecnologias de fusão nuclear e ciclo nuclear.

Quanto à competitividade da indústria de transformação japonesa, cuja vantagem está sendo ameaçada pelos baixos custos de produção das economias emergentes e pelas estratégias globais das principais nações ocidentais, que estão usando o rápido avanço de suas tecnologias de informação e comunicação (TIC) para prosseguir agressivas iniciativas nacionais, as tecnologias priorizadas pelo Plano Básico são as TIC e as tecnologias de inteligência artificial (AI). Na avaliação do governo, o Japão precisa forjar tecnologias de produção industrial que sejam capazes de responder de forma flexível às necessidades de mercado cada vez mais diversas, combinando novas tecnologias de produção com as TIC, bem como desenvolvendo novos modelos de negócios (criação de valor) capazes de impressionar e satisfazer os consumidores.

Para isso, será preciso incentivar a conexão de redes em todas as cadeias de suprimentos e aplicar análises de *Big data* e tecnologias de AI para analisar e utilizar uma ampla gama de dados, desde as necessidades dos clientes até o planejamento, concepção, produção, distribuição, vendas e manutenção. Mais especificamente, o governo irá promover o avanço nas tecnologias de produção, que constituem uma das principais vantagens de Japão, assim como no desenvolvimento de planejamento de produtos que combinam bens e serviços, novos métodos de design que antecipam necessidades latentes, tecnologias de produção que permitem novos métodos de processamento e montagem para atender às necessidades de forma mais flexível e o desenvolvimento de plataformas de ligação das atividades acima mencionadas em conjunto.

Além disso, as pequenas e médias empresas que sustentam a produção industrial do Japão serão capacitadas para uso das tecnologias avançadas. Com esse propósito, o governo japonês promoverá a utilização de vários dados da cadeia de suprimentos, o emprego de engenheiros altamente qualificados e o uso de robôs e máquinas-ferramentas mais "inteligentes".

Nas iniciativas voltadas à solução de desafios nacionais e globais, a indústria, o meio acadêmico e o governo (incluindo agências governamentais relevantes) colaborarão em um enfoque simplificado para tudo, desde as atividades de P&D até a comercialização. Além de fazer o melhor uso possível do Programa de Promoção de Inovação Estratégica Interministerial (SIP) e cooperar nestes esforços com uma diversidade de entes comunitários, esses atores deverão fazer uso estratégico da propriedade intelectual e da padronização internacional para converter rapidamente os frutos da pesquisa em comercialização e implantação internacional e para melhorar a competitividade.

O governo japonês pretende utilizar os Jogos Olímpicos e Paraolímpicos de Tóquio, que serão realizados em 2020, o último ano do Quinto Plano Básico, para divulgar e mostrar os frutos da CT&I do Japão dentro e fora do país, bem como estimular a atividade internacional da indústria japonesa e do investimento estrangeiro no Japão. Serão priorizados projetos que contribuam para a C,T&I japonesa e que podem acelerar os esforços voltados para as Olimpíadas, como as tecnologias de tradução multilíngues, que podem eliminar o estresse relacionado à comunicação e à mobilidade dos turistas que visitam o Japão.

O reforço dos fundamentos da C,T&I mediante a promoção dos recursos humanos e o estabelecimento de um ciclo sistêmico virtuoso de recursos humanos, conhecimento e capital para inovação mediante a promoção de mecanismos de inovação aberta constituem, respectivamente, o terceiro e o quarto pilar central do Quinto Plano Básico de C&T. Na avaliação da autoridades japonesas, embora os agentes-líderes da inovação sejam principalmente as empresas, muitos dos novos conhecimentos e valores necessários são gerados, em todo o mundo, por universidades, institutos nacionais de pesquisa, empresas e consumidores. No entanto, no Japão, os elementos necessários para a inovação, como recursos humanos, conhecimento, tecnologia e capital, são distribuídos de forma desigual entre grandes empresas, pequenas e médias empresas, empresas iniciantes, universidades e institutos nacionais de pesquisa.

Nesse sentido, o governo do Japão pretende estimular a competitividade e a fluidez de recursos humanos e conhecimento entre as empresas, universidades e institutos públicos de pesquisa, de tal forma que a pessoa certa possa, de forma rápida e flexível,

utilizar os recursos apropriados no lugar certo. Isso também facilitará e promoverá colaborações indústria-academia-governo. O objetivo é aumentar a mobilidade de pesquisadores entre empresas do Japão, universidades e institutos públicos de pesquisa em 20% ao longo do Quinto Plano Básico.

Além disso, o governo irá estimular a criação e expansão de empresas iniciantes de base tecnológica, as quais têm um senso de urgência potencial para enfrentar a comercialização com agilidade e vontade de assumir riscos. Também serão incentivadas as *start-ups* acadêmicas, ou seja, empresas iniciantes que surgem nas universidades, transformando os resultados da pesquisa universitária em novos produtos ou serviços. O governo promoverá iniciativas para disponibilizar suporte às atividades de P&D e assistência apropriada em áreas como treinamento de empresários, criação de negócios e comercialização de produtos e serviços, e apoio contínuo até que as novas empresas atinjam sua fase de crescimento. Igualmente, o governo pretende fortalecer as parcerias entre empresas iniciantes provenientes de universidades ou institutos públicos de pesquisa e grandes corporações mediante a criação de espaços nos quais as universidades e as empresas possam cultivar conjuntamente as possibilidades de risco e criar acelerar o processo de criação de empresas acadêmicas. Ademais, irá promover parcerias entre empresas para estimular a criação de subsidiárias (*spin-off* e *carved-out*) baseadas em tecnologias e ideias que ainda não foram comercializadas.

O Japão e a Quarta Revolução Industrial

Como já mencionado, o Japão arrancou com relativo atraso na corrida pela liderança industrial e tecnológica da Quarta Revolução Industrial. Porém, na comparação com Alemanha e Estados Unidos, o Japão possuiu vantagens, bem como debilidades, que são resumidas no quadro a seguir.

De acordo com MOK (2017), a indústria de transformação japonesa possui vários pontos fortes, como: as habilidades técnicas, disciplina e capacidade de resposta rápida dos trabalhadores, a vasta e competitiva indústria de apoio e o elevado nível de utilização de robôs industriais.

Além de ser forte na inovação em processos, o Japão tem uma alta tendência de coexistência e harmonização entre tecnologias avançadas / funções tradicionais, levando à harmonização de ambientes de trabalho entre humanos e robôs sem resistência uns aos outros. A coordenação e a convergência entre humanos e máquinas são chave para o avanço da automação das fábricas japonesas. Além disso, segundo o

autor, os limites ambíguos de deveres dos funcionários no trabalho e as boas relações entre trabalhadores e empresas estão servindo como fatores positivos para introdução de AI ou de fábricas inteligentes em alguns setores.

Na comparação com Estados Unidos e Alemanha, o Japão está, de acordo com Mok (2017) mais avançado em termos comunicação Máquina para Máquina (M2M). O M2M permite que as máquinas, operando separadamente, sejam conectadas por meio de redes para que os dados, criados em cada máquina, possam ser integrados, controlados e utilizados em tempo real.

No que diz respeito aos ciclos de dados reais, coleta, análise e aplicação prática e industrialização, o Japão também registra vantagem. O país possui robôs e sensores de ponta, bem como dados reais bastante ricos, por exemplo, em termos das atividades do chão de fábrica, seguro médico e tráfego, etc. O Japão conta ainda com altos níveis de tecnologias de telecomunicações, bem como tecnologias de ponta para processar e analisar dados. O país possui redes de comunicação avançadas de alta velocidade, se classificando em segundo lugar mundial, atrás apenas da Coreia do Sul.

No que se refere às debilidades, Mok destaca que o Japão tem relativamente poucos dados virtuais e o tamanho do processamento de *Big Data* é pequeno. Em comparação com os Estados Unidos, o país tem uma limitação para incorporar grandes dados e habilidades limitadas para analisar os dados por meio de AI.

A área de *software* do país é relativamente pouco desenvolvida, em particular no que se refere ao desenvolvimento de produtos, como sistemas que habilitam conexão de *hardware* e *software* de conexão. Ademais, o Japão registra escassez relativa de mão de obra no campo do *software* em comparação com o *hardware*. Mok destaca que, entre os especialistas japoneses, predomina a visão de que não há no país uma conexão orgânica de pesquisadores e indústrias nos domínios de sistemas de *software* e de AI.

Outra debilidade identificada reside na rígida estrutura de governança corporativa que dificultam os investimentos ativos de risco por parte das grandes empresas japonesas. Por essa razão, não há no Japão, segundo Mok, nenhum caso de uma empresa de capital de risco que tenha crescido e se transformado em uma grande empresa. Nos Estados Unidos, em contraste, foi fácil para a General Eletric (GE) se lançar em um novo negócio, vendendo suas operações no setor financeiro para injetar US$ 1 bilhão no desenvolvimento do PREDICS, plataforma industrial de computação nas nuvens.

Mencionando as conclusões de um fórum sobre as transformações da indústria japonesa e suas respostas à IoT, esse autor aponta que as estruturas verticalmente

integradas da indústria japonesa, as culturas e a gestão das empresas não são adequadas ao modelo de inovação aberta, que nos anos recentes tornou-se o modelo predominante no desenvolvimento de produtos. Em um modelo de inovação aberta, um consórcio de empresas conduz atividades pré-competitivas, tais como articulação de demanda para uma nova indústria, modularização de componentes, padronização de interfaces entre os módulos, compartilhamento de patentes e direitos de propriedade, etc.

Na avaliação de Mok, o Japão tem também pouca importância nas plataformas globais. Embora as empresas japonesas estejam se esforçando para participar do Consórcio de Internet Industrial (IIC) dos Estados Unidos e da plataforma Indústria 4.0 da Alemanha, a presença do Japão ainda não é competitiva.

Status Global do Japão em termos da Quarta Revolução Industrial e seus pontos fortes e debilidades

	Estados Unidos	Alemanha	Japão
Forças	Forte em negócios que utilizam plataformas como Google, Facebook, Apple e GE	Foco na conexão de robôs ou máquinas nas fábricas utilizado IoT em um país orientado à produção industrial	Pontos fortes para a indústria de transformação, tais como robôs industriais etc., M2M e automação das fábricas, estão no nível mais alto do mundo
	Há casos avançados, como Uber, Airbnb etc	Forte conexão de rede nas fábricas	O ambiente para a coleta de *Big data* e tecnologia de comunicação também é bom, mas em um nível entre a Alemanha e os EUA.
	Tem *Big Data* virtual		Força em dados de campo (reais)
	Nível elevado de tecnologia de inteligência artificial		Cultura corporativa amigável à introdução de novas tecnologias
Debilidades	Indústria de transformação relativamente fraca	Infraestrutura em comunicação óptica (banda larga) é fraca	Tomada de decisão é lenta para os grandes investimentos devido a governança
	Ausência de dados reais de campo	Condição de comunicação B2B é fraca em comparação com os países desenvolvidos	Falta de experiência no processamento de *Big Data*
			Escassez de pessoal de *software*
			Cultura corporativa é vulnerável à inovação aberta
			Debilidade relativa em conexão fora da empresa

Extraído de MOK, 2017; pág. 42.

Para superar essas debilidades, além da formulação de várias estratégias de política, o governo japonês tem trabalhado em cooperação estreita com o setor privado mediante o estabelecimento de Conselhos público-privado e iniciativas conjuntas. Em maio de 2015, por exemplo, foi criada a ***Iniciativa Revolução Robótica*** (RRI), com o propósito de ajudar o Japão a liderar o mundo através de robôs e realizar a inovação robótica na era da IoT.

Dessa iniciativa participam grandes empresas e várias associações industriais, como do setor automotivo, agricultura, saúde, infraestrutura; universidades; institutos e laboratórios de pesquisa; e organizações parceiras regionais, etc. Organizado em três grupos de trabalho – inovação empresarial por meio de IoT, promoção da utilização de robôs, inovação em robótica – a RRI surgiu a partir da nova estratégia de desenvolvimento de robôs que foi adotada pelo governo japonês como política oficial em fevereiro de 2015, como será visto detalhado mais adiante nesse estudo.

A RRI tem uma interação estreita, não apenas com organizações público-privadas japonesas, tais como o Conselho de Competitividade Industrial, o Conselho de Ciência e Inovação Tecnológica e o Conselho de Reforma Regulatória e associações industriais domésticas, mas também com organizações estrangeiras como a Iniciativa Internet Industrial (IIT) nos Estados Unidos e a Indústria 4.0 na Alemanha. Atualmente, a RRI possui mais de 500 membros, mais do que dobro do número original de aderentes.

Outro exemplo de cooperação público-privada foi a criação em 2015 do *Consórcio para Aceleração da IoT,* que reúne representantes do governo, da indústria e da academia, com o objetivo de construir uma estrutura para desenvolver e demonstrar tecnologias relacionadas à promoção da IoT, bem como criar e facilitar novos modelos de negócios. Apoiado pelo Ministério da Economia, Comércio e Indústria (METI) e pelo Ministério dos Assuntos Internos e Comunicações (MIC), esse consórcio promove o desenvolvimento, demonstração e padronização para tecnologias relacionadas com IoT, mediante suporte financeiro e regulatório para projetos temáticos de médio e longo prazo de múltiplas empresas e para projetos individuais de curto prazo, bem como a criação de vários projetos e recomendações relacionadas à IoT, como a reforma regulatória necessária para executar esses projetos. Organizado sob a forma de grupos de trabalho, subordinado a um comitê coordenador, esse consórcio conta atualmente com mais de três mil participantes.

Outra parceira importante entre o governo, indústria e academia se traduziu, também em 2015, na formação do Comitê Nova Estrutura da Indústria no âmbito do Conselho da Estrutura Industrial. Em trabalho conjunto com os ministérios e agências

governamentais relevantes, esse Comitê, presidido pelo professor Motoshige Ito da Universidade de Tóquio, divulgou, em abril de 2016, um relatório preliminar, denominado Visão Futura da Estrutura Industrial Inovadora, que descreve claramente a resposta estratégica do governo japonês à Quarta Revolução Industrial, como será visto mais adiante nessa resenha.

Em abril de 2016, foi igualmente lançado o ***Conselho Estratégico de Tecnologia de Inteligência Artificial***, presidido pelo primeiro-ministro Abe para promover o desenvolvimento da inteligência artificial (AI). Esse Conselho promove a cooperação entre o governo japonês, a academia e as indústrias e também coordena as políticas de AI, elaboradas por distintos ministérios, como o METI, o MIC, e o Ministério da Educação, Cultura, Esportes, Ciência e Tecnologia. Também integram o Conselho, institutos de pesquisa afiliados, por exemplo, o Instituto de Pesquisa em Física e Química (RIKEN), que realiza pesquisa básica, o Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia Industrial Avançada (AIST), que se ocupa de comercialização e testes, e o Instituto Nacional de Tecnologia de Comunicação e Informação (NICT), entre outros. Esses institutos, em particular, o RIKEN, que realiza, sobretudo, pesquisa básica, e o AIST, que se ocupa, principalmente, de comercialização e testes são duas organizações-chave nos esforços do Japão para o desenvolvimento da tecnologia de AI.

Em março de 2017, esse Conselho divulgou um relatório com a estratégia do Japão para a tecnologia de AI, incluindo o roteiro estratégico de longo prazo para o desenvolvimento e a industrialização dos resultados do P&D em AI. Esse roteiro define três áreas prioritárias para aplicação das tecnologias de AI (produtividade; saúde, cuidados médicos e bem-estar; mobilidade) e três fases: momento atual, 2020 e aproximadamente 2025-2030, como será visto mais adiante.

Orientação de Política para a Quarta Revolução Industrial no Japão

A agenda de política do governo japonês em resposta à Quarta Revolução Industrial é um roteiro de médio e longo prazo, firmemente baseado na cooperação e na parceria com o setor privado, que combina estratégias focadas no desenvolvimento de domínios tecnológicos específicos com estratégia de transformação da economia e da sociedade a partir da disseminação dos resultados dos avanços nos diferentes setores.

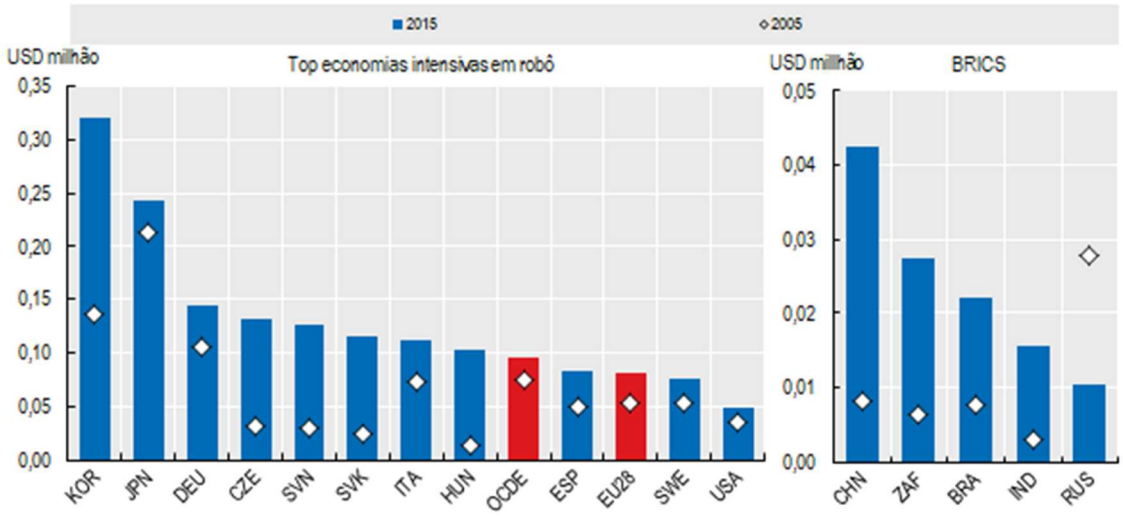
Nova Estratégia de Robótica. A excelência do Japão no campo da robótica tem sido particularmente notável na área de robôs industriais, na qual o país foi pioneiro. Em 2012, o Japão obteve de cerca de US$ 340 bilhões com exportação de robôs, que

representava aproximadamente 50% do mercado mundial, enquanto o número de unidades em operação (com base no estoque) era de aproximadamente 300 mil unidades (23% da participação global). Além disso, no campo de elementos-chave do robô, como redutores de precisão para robôs, servo-motor e sensor de força, o Japão ocupa uma posição dominante: mais de 90% do mercado mundial.

Embora o Japão ainda mantenha o seu *status* de "Superpotência de Robótica" até o presente, como o primeiro fornecedor mundial de robôs industriais em valor, com base em seu renome mundial em diversas áreas de produção de robôs, utilização, fornecimento de peças-chave, pesquisa e desenvolvimento, essa posição começou a ser desafiada pelas iniciativas dos Estados Unidos (Iniciativa Nacional de Robótica em 2011), da União Europeia (projeto de parceria público- privada SPARC, lançado em 2014) e também da China e Coreia do Sul, que veem no desenvolvimento da robótica, uma chave para o crescimento. Os Estados Unidos e os países da Europa estão aproveitando as mudanças em curso associadas ao desenvolvimento da Internet das Coisas (IoT, na sigla em inglês), viabilizada pelo rápido progresso da digitalização e do avanço das tecnologias de rede e nuvem, para conquistar a liderança no desenvolvimento e utilização de novos robôs avançados, enquanto na China, o número anual de unidades de robôs (fluxo) empregadas subiu de 4.000 em 2005 para 37.000 em 2013, deslocando o Japão da posição de líder mundial. Pelo indicador do estoque de robôs industriais em termos do valor adicionado pela indústria da OCDE, o Japão perdeu a primeira posição para a Coreia do Sul como a economia mais intensiva do mundo em 2015.

Top economias intensivas em robôs e BRICS, 2005 e 2015

Estoque de robôs industriais por valor adicionado da indústria, US$ milhões, valores correntes



Extraído de OECD Science, Tecnology and Industry Scoreboard 2017.

Nesse ambiente mais competitivo, juntamente com a inovação tecnológica e as mudanças nos modelos de negócios, está em curso uma transformação drástica dos robôs. Os robôs não se limitam a executar tarefas rotineiras e estão se tornando "autônomos" equipados com habilidades de autoaprendizagem e iniciativas de ação. Há muita expectativa para um maior enriquecimento das capacidades do robô, de acordo com um grande salto no avanço da tecnologia de AI (imagem, reconhecimento de voz, aprendizado automático), incluindo a utilização do aprendizado profundo, além do progresso de tecnologias separadas, como tecnologia de sensores e maior desempenho de *software* e capacidade de processamento de informações, o que permitirá um processamento mais qualificado.

Por meio de acumulação e uso de vários dados por conta própria, os robôs tendem a se transformar um dispositivo de terminal de informações, substituindo dispositivos existentes como computadores pessoais e telefones celulares. Esses robôs podem ser utilizados em todas as esferas da vida diária. Por exemplo, os robôs devem avançar na área de ferramentas rotineiras de comunicação e contribuir para oferecer suporte vital, como assistência em tarefas domésticas, bem como segurança e conforto.

Com o avanço da IoT, os robôs se tornam interligados para a cooperação mútua como uma ferramenta "em rede", desempenhando tarefas além do alcance de suas tarefas individuais. Por meio das conexões em rede, os robôs funcionarão não apenas como um único robô, mas também como parte de vários sistemas.

No Japão, a forma principal de utilização dos robôs continua sendo o uso individual com especificações personalizadas para apenas algumas áreas do setor manufatureiro, como as indústrias automobilística, elétrica e eletrônica, equipadas com excelente tecnologia de produção em massa. Em contraste, nos Estados Unidos e na Europa, surgem novos modelos de negócio (e de geração de valor) à medida que os robôs se transformam em "dispositivo terminal de informação" autônomo e em rede, como comprovam as iniciativas do Consórcio de Internet Industrial nos EUA, da Indústria 4.0 na Alemanha e os novos empreendimentos do Google na área de tecnologia robótica.

Para evitar que o Japão fique defasado em termos de ideias sobre desenvolvimento de robôs ou perspectivas de modelos de negócios, o governo lançou em 2015, a nova Estratégia de Robótica com vistas ao avanço em domínios como tecnologias robóticas, criação e programação de sistema em áreas de alto valor agregado, integrador de sistema (SIer, na sigla em inglês) de *software* e *hardware.* E particular, os progressos no campo do integrador de sistemas é chave para a difusão da utilização sistemática de robôs nos diversos setores da indústria de transformação, incluindo as três principais

indústrias de “suprimentos” (suprimentos alimentares, suprimentos cosméticos e suprimentos médicos e farmacêuticos), e de serviços, na infraestrutura, agricultura e principalmente entre empresas de pequeno a médio porte, que dependem principalmente da força de trabalho humana.

A estratégia japonesa de revolução robótica visa converter em robô, por meio do avanço de tecnologias de sensores e de AI, o que anteriormente não servia como robô em modos convencionais. Por exemplo, automóveis, aparelhos domésticos, telefones celulares ou habitação serão considerados tipos de robôs. A utilização de robôs multitarefas no local real da produção bem como nas várias cenas da vida diária conduzirá a formar uma sociedade, onde novos valores agregados, conveniência e riqueza serão criados mediante o reforço da competitividade global no campo da indústria de transformação e do serviço, bem como a resolução de problemas sociais. Com essa nova estratégia, o Japão pretende desencadear uma revolução em robótica e se posicionar como centro mundial de inovação em robótica e local de demonstração de utilização da tecnologia de robô de última geração (exibição da utilização dos robôs em atividades do cotidiano) por uma miríade de usuários sofisticados em mercados de negócios (B2B) e consumidor (B2C).

Na avaliação do governo japonês, a parceria pública e privada é central para a concretização do objetivo de tornar o país o líder mundial em inovação robótica e promover e manter integralmente a estrutura e o ambiente para desenvolver continuamente robôs que levam a uma revolução social. Por essa razão, como mencionado, surgiu a “Iniciativa de Revolução de Robô (RRI)”, que serve como centro para os principais atores (governo, empresas e academia) compartilhar o progresso tanto na execução da política governamental como das ações específicas das empresas e de importantes interessados envolvidos, discutir as melhorias necessárias e trabalhar em conjunto na promoção da nova Estratégia de Robô.

O recrutamento e o desenvolvimento de recursos humanos altamente capacitados são também considerados essenciais para o sucesso da iniciativa de revolução robótica. Em 2015, havia escassez no país de profissionais especializados em SIer para montagem de sistema de robô e especialistas em TI para operar *software* de núcleo no sistema de robôs. Por essa razão, a Estratégia prevê adoção de um conjunto de medidas para atrair e formar especialistas na criação e emprego de robôs, para incentivar a capacitação de empregados com experiência acumulada nos locais reais de trabalhos como integrador de sistema, mediante formação profissional pública, a certificação e sistemas de qualificação, educação e desenvolvimento de recursos relevantes em institutos de pesquisa e universidades e para apoiar o pessoal que busca novos desenvolvimentos ou

inicia negócios. Igualmente, o governo japonês pretende efetuar uma ampla divulgação de conhecimentos em robôs na sociedade, tanto como parte das educações primárias e secundárias, quanto mediante o uso pleno de instalações educacionais sociais, como museu de ciências, para que as pessoas se familiarizem com os robôs e seu uso efetivo em uma base diária e ao mesmo tempo entendam como é a estrutura de operação dos robôs.

A Nova Estratégia estabelece visão ideal a partir de 2020 para os diferentes setores de atividade econômica no Japão. Para o setor da indústria de transformação, espera-se que o tamanho do mercado de robôs industriais utilizados seja duplicado de 60 bilhões de ienes para 120 bilhões de ienes em 2020 e que a produtividade do trabalho industrial aumente em 2% ao ano. Também foi fixada uma meta para o aumento na taxa de robotização no processo de montagem dos atuais 10% para até 25% em 2020 para empresas de grande porte e até 10% para pequenas e médias empresas.

Cerca de trinta casos de utilização inédita de robôs serão coletados anualmente e publicados como melhores práticas avançadas ao longo do quinquênio 2016-2020, a fim de disseminar os casos de utilização de robôs avançados em todo o Japão. Tais casos incluirão a criação de linhas de interação humano-robô, projetadas racionalmente com a utilização de robôs multitarefas de braço duplo, e a formação de linhas de produção com base na utilização de sistemas de coordenação entre vários dispositivos e robôs de rede.

Além disso, no que diz respeito ao SIer que será a chave para garantir uma resposta flexível às futuras necessidades dos usuários, o mercado SIer será expandido de forma a superar o aumento do tamanho do mercado de robôs. Em conexão com o *hardware* modular padrão e *software* de base comum, como pré-requisito para o *design* flexível do sistema, serão feitos arranjos para desenvolver mais de 1.000 diferentes tipos de produtos de *hardware* interoperáveis equipados com o sistema operacional comum do robô e trazê-los para o mercado.

Japão - Metas de Desempenho da Nova Estratégica de Robótica

Setor	Meta para até 2020
Indústria de Transformação	A escala de mercado dos robôs utilizados na indústria de transformação deve ser duplicada até 2020 (de 60 bilhões de ienes para 120 bilhões de ienes) A taxa de crescimento da produtividade do trabalho na indústria de transformação deve ser aumentada para mais de 2% ao ano Maior uso de robôs em linhas de montagem (25% para grandes empresas, 10% para empresas menores) Coletar cerca de 30 melhores práticas em nova aplicação de robô a cada ano Desenvolver e comercializar 1.000 ou mais produtos de hardware interoperáveis Expandir o mercado relacionado à integração do sistema (a taxa de crescimento mais rápida do que o mercado de robôs)
Serviços	Aumento de 20 vezes da escala de mercado dos robôs utilizados no setor não fabril: de 60 bilhões de ienes para 1,2 trilhões de ienes em 2020 Aumento triplo da taxa de crescimento da produtividade do trabalho no setor de serviço da média de 2012 a 2013 de 0,8% para 2,0%. 30% de penetração de robôs para seleção de pedidos, triagem, inspeção de produtos, etc. Coletar cerca de 100 exemplos de melhores práticas de uso de robôs para preparar bandejas de alimentos, limpeza e outras operações de backroom em restaurantes, hotéis, atacadistas e varejistas
Enfermagem e Medicina	Expandir o mercado de robôs para cuidados de enfermagem para ¥ 50 bilhões até 2020 Aumentar a proporção de cuidadores que desejam usar robôs para 80% (atualmente 59,8%) Aumentar a proporção de receptores de cuidados que querem que os robôs sejam utilizados para 80% (atualmente 65,1%) Reduzir os riscos dos cuidadores de sofrer de dor nas costas para zero mediante o uso de robôs para mover os doentes. Mais de 100 projetos para ajudar a colocar dispositivos médicos com robótica em uso prático em 5 anos a partir do ano fiscal de 2015 Revisão pré-mercado mais rápida para novos dispositivos médicos: 10 meses para itens prioritários, 14 meses para itens normais
Infraestrura, Construção e Resposta a desastres	Elevar a 30% a taxa de uso de tecnologia de construção assistida por computador que aumenta a produtividade e economiza mão de obra Aumentar a eficiência de inspeção e reparo em 20% da infraestrutura importante / antiga através do uso de sensores, robôs e testes não destrutivos Desempenho igual à operação tripulada mesmo em deslizamentos de terra, erupção vulcânica, etc.
Agricultura, Silvicultura, Pesca e Indústria alimentar	Introduzir tractores autopropulsados no local de trabalho até 2020. Introduzir 20 ou mais tipos de robôs que economizem mão-de-obra e, de outra forma, contribuem para a indústria

Fonte: METI/The Headquarters for Japan's Economic Revitalization. *Japan's Robot Strategy*: Vision, Strategy and Action Plan, October, 2015.

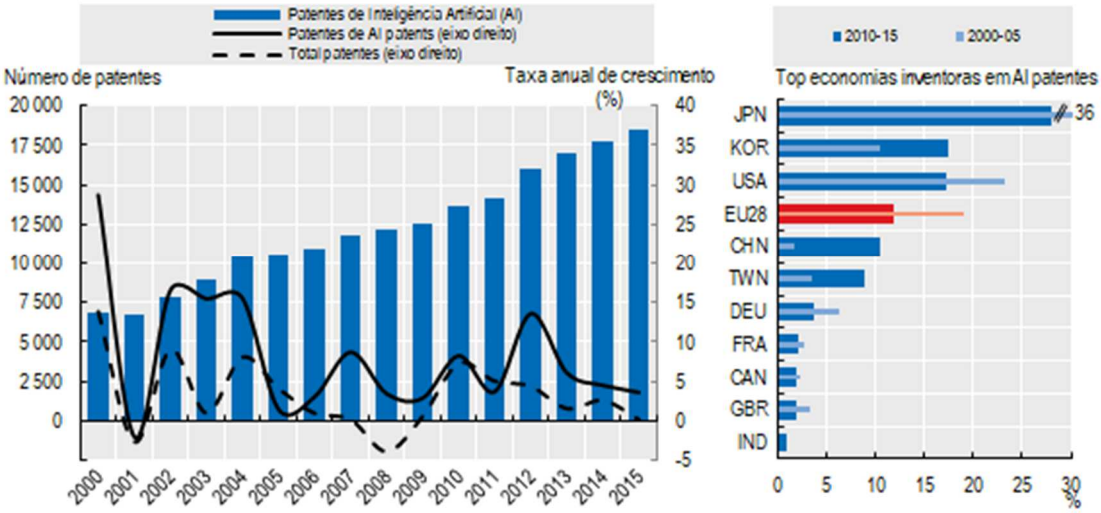
Estratégia para a tecnologia de AI. Lançada em março de 2017, essa estratégia, elaborada pelo *Conselho Estratégico de Tecnologia de AI*, presidido pelo primeiro-ministro japonês, adota o conceito de tecnologia de informação como serviço (AIaaS, na sigla em inglês). A ideia é que tecnologia AI que atualmente está progredindo é aquela

voltada para a realização de tarefas especializadas, usada apenas para complementar as capacidades humanas. Ao utilizar e aplicar a tecnologia AI como um serviço baseado em dados, é possível extrair ao máximo as capacidades dos seres humanos, a sociedade humana torna-se abundante e sustentável, e benefícios econômicos e industriais são produzidos. A combinação de tecnologias de AI, como reconhecimento de imagem, processamento de linguagem natural, reconhecimento e síntese de voz e predição, com dados coletados das pessoas (conversas, histórico de ações e pesquisa na internet, dados vitais), do ambiente de trabalho (produção, vendas) e do espaço urbano (tráfego, mapas) e da natureza (tempo e condições climáticas etc.) irá se traduzir em serviços de aplicação complexa, com nova criação de valor em círculo virtuoso.

No Japão, dados de alta qualidade vêm sendo utilizados há vários anos para melhorar a produtividade nos locais de produção na indústria de transformação. O documento aponta que é necessário integrar os pontos fortes do Japão com a tecnologia AI e associar isso ao fortalecimento da competitividade industrial. Para isso é preciso enfrentar desafios, como a insuficiência de investimentos público e privado em P&D na área de tecnologia de AI, a escassez de pesquisadores em AI, entre outros. Embora o país seja líder mundial em patentes de tecnologia de AI, o número de artigos publicados na área de AI é bastante inferior ao número dos Estados Unidos e da China.

Patentes em Tecnologias de Inteligência Artificial – 2000-15

Números de famílias de patentes IP5, taxas anuais de crescimentos e principais economias inventoras



Extraído de OECD Science, Tecnology and Industry Scoreboard 2017.

A estratégia inclui um roteiro de industrialização para fusão da tecnologia de AI e outras tecnologias conexas, que prevê três fases para sua execução até 2025-30. Na fase 1, o roteiro projeta a utilização e aplicação da AI baseada nos dados desenvolvidos em

diferentes domínios. A utilização da AI e dos dados crescerá em conjunto com as novas sementes em indústrias de serviços relacionados. Na fase 2, aproximadamente 2020, o uso público de AI e dados entre vários domínios já estará desenvolvidos e as novas atividades, como as indústrias de serviço, irão expandir. Na fase 3, prevista para 2025-30, prevê que já esteja construído um ecossistema, conectando e fundindo domínios multiplicadores.

O roteiro incorpora três áreas prioritárias: produtividade; saúde, assistência médica e bem-estar; mobilidade. Estas áreas foram determinadas como resultado: (1) necessidade de soluções urgentes para desafios sociais, (2) contribuição aos efeitos econômicos multiplicadores e (3) expectativas de contribuições baseadas na tecnologia AI.

Para a execução desse roteiro, o governo japonês promoverá: o P&D em tecnologias de AI, o fortalecimento de recursos humanos, a melhoria do ambiente para os dados e instrumentos e o suporte às empresas iniciantes de base tecnológica. Os objetivos do P&D em AI estão estritamente vinculados às áreas prioritárias do roteiro:

- Produtividade: pesquisa e desenvolvimento de tecnologia de produção avançada que permite a produção de lotes pequenos personalizados de muitos produtos em cronogramas adequados;

- Saúde, assistência médica e bem-estar: descoberta precoce de doenças, incluindo demência, seleção de melhores métodos de cura, pesquisa e desenvolvimento de sistemas que permitem o manuseio no intuito de realizar cuidados de saúde em que as doenças são evitadas mediante o avanço da medicina preventiva;

- Mobilidade: pesquisa e desenvolvimento de mobilidade inteligente, que realiza altos valores agregados do espaço de viagem, com base na tecnologia de comunicação universal e na importância dos dados cartográficos, enquanto se coordena com os sistemas de deslocamento automático.

Ainda no que se refere às atividades de P&D nas tecnologias de AI, o documento da estratégia atribui papel-chave a três importantes institutos de pesquisa do Japão: NICT, RIKEN e o AIST. Esses três institutos de pesquisa serão os responsáveis pela coordenação dos objetivos de P&D em AI. A execução do P&D se dará em forma de inovação aberta com colaboração com indústria, universidade e governo.

No Centro para Informações e Redes Neurais (CiNet) e no Instituto de Pesquisa em Comunicação Universal (UCRI) vinculados ao NICT, a pesquisa centra-se no

processamento de linguagem natural, na tradução de fala multilíngue e na comunicação de informações do cérebro. No Centro para Projetos de Inteligência Avançada (AIP) do RIKEN, as pesquisas se concentram principalmente em pesquisa básica e tecnologia de infraestrutura, notadamente para os novos algoritmos que possibilitam a aprendizagem de alta precisão a partir de pequenas quantidades de dado. No Centro de Pesquisa em Inteligência Artificial (AIRC) do AIST, os resultados das pesquisas são vinculados à aplicação em setores industriais que realizam movimento mais favorável de robôs.

Japão - Roteiro de Industrialização da Fusão da Tecnologia de AI com Tecnologias Conexas

Áreas Prioritárias		Fase 1	Fase 2 (2020)	Fase 3 (2025-30)
Produtividade	Melhoria da criatividade das pessoas	Criação de novos serviços e produtos com AI	Criação de serviços e produtos diversificados nos domínios industriais	Sociedade onde os serviços e produtos inovadores são desenvolvidos continuamente, se movendo da fabricação para a criação de valor: prevalência de produtos e serviços criativos; realização de desejos subconscientes; itens de alto valor agregado tornam-se familiares; entrega cuidadosa de itens disponíveis quando necessário, a preços razoáveis
	Infraestrutura para dados	Uso generalizado de informações de rede, novas e detalhadas	Implementação de neuromarketing,	
	Predição/equivalência baseada em AI para oferta e demanda	Uso adicional de dados na fabricação, logística e compras (envio antes de fazer o pedido, otimização); serviço de fornecimento *on-demand;* implementação de personalização em massa; otimização do consumo de energia	*Concierge* de vida pessoal; implementação de preços dinâmicos: serviços de entrega baseados em predições em múltiplas áreas; serviço de reabastecimento automático; difusão do uso da personalização em massa; eliminação do desperdício	
	AI, Robô	Produção cooperativa entre humanos e robôs; introdução de robôs que simulam o comportamento de artesões; uso de robôs em fazendas não habitadas e no trabalho artesanal	Robôs que executam múltiplas tarefas e cooperaram entre si; oferta de colheitas de alto valor agregado usando robôs com AI para o trabalho agrícola	
	Avaliação em tempo real do status operacional	Fábricas inteligentes, utilizando AI e IT; predição de falhas nos equipamentos de produção	Residências e eletrodomésticos com tecnologia AI; manutenção automática das máquinas e equipamentos	
Saúde, assitência médica e bem-estar	Telecomunicações de alta velocidade, equipamentos médicos de diagnóstico	Construção do sistema japonês de atendimento comunitário integrado de ICT , utilizando um registro de saúde eletrônico avançado (EHR); telemedicina e cuidados médicos domiciliares	Construção do sistema japonês de atendimento comunitário integrado de ICT , utilizando um registro de saúde eletrônico avançado (EHR); implementação mundial de sistemas de cuidados comunitários integrados com ICT japonesas; *concierge* de saúde pessoal	Sociedade que desfruta de vida saudável e longevidade, passando da medicina terapêutica para a medicina preventiva avançada: controle confortável da saúde; projeção do próprio corpo mediante o uso de órgãos artificiais e sensores; medicina avançada de fácil utilização; robôs pessoais
	Reconhecimento de imagem, detecção de anomalias	Exame médico assistido por AI e sugestão de prescrição	Exames médicos avançados individualizados e em grupo; detecção precoce assistida por AI, tratamento e prevenção de doenças e doenças	
	Sensor de sinais vitais	Coleta de dados diários de saúde	Serviço de monitoramento constante da saúde; Fornecimento uma variedade de alimentos funcionais personalizados para o estado de saúde de um indivíduo	
	Coleta e preparação de dados	Preparar e organizar dados sobre saúde, assistência médica e bem-estar		
	Descobertas de medicamentos	Descoberta de medicamentos assistida por AI	Desenvolvimento de drogas com grande efeito sobre a constituição específica do paciente e o sintoma, de acordo com biomarcador e dados de diagnóstico (DDS, na sigla em inglês)	
	Medicina regenerativa	Transplante de órgãos, medicina regenerativa	Substituição de funções do corpo por meio de órgãos artificiais	
	Sensor tátil, reconhecimento de imagens	Recurso de cuidados médicos mediante uso de sensores instalados	Nanorobôs que trabalham dentro do corpo	
	AI, tratamento médicos, robôs de cuidados de idosos	Sala de operação inteligente com robôs capazes de respaldar o diagnóstico usando AI para auxiliar os procedimentos cirúrgicos	Robô cirúrgico capaz de simular o comportamento de um cirurgião especializado	
	Reconhecimento de voz, interpretação semântica	Robôs que fornecem assistência, supervisão e suporte através da conversação	Robôs que compreendem as intenções de uma pessoa	
Mobilidade	Equivalência baseada em AI da oferta e demanda	Expansão dos serviços de compartilhamento de veículos: dispositivos para sistemas de transporte e reservas	Maturidade da economia compartilhada, com mudança no conceito de propriedade / uso de equipamentos de viagem; concretização do uso polivalente do carro próprio; fornecimento de serviços que realizam viagens sem falhas	Sociedade que permite viagens seguras e gratuitas, evoluindo do transporte (custo) à criação de espaço personalizado (valor): redução do número de pessoas que têm dificuldade em viajar e eliminação de acidentes fatais causados por erro humano; viagens de alto valor agregado; fusão do espaço físico e do ciberespaço; redução no tempo e na energia gastos com transporte de pessoas e produtos
	Coleta em tempo real de informação sobre localização e rota	Expansão da indústria relacionada ao GPS; coleta de informações de viagem e previsão do ambiente do entorno usando AI e sensores		
	Infraestrutura de rede	Mapas 3D / sistema de controle de trânsito		
	Condução autônoma (terrestre)	Níveis 1 e 2 de veículos autônomos; indústrias periféricas expandidas utilizando dados automotivos; tecnologia de transporte / entrega autônoma como comboio; nível 3 de veículos autônomos	Transporte autônomo/entrega; nível 4 de veículos autônomos	
	Computação de borda	Dispositivos de transporte alimentados por IoT /aplicação expandida na indústria de manutenção	Atualização automática da versão dos dispositivos de transporte enquanto não estiver em uso; assegurar vários meios de viagem	
	Dispositivos de transporte	Diversificação dos aplicativos de transporte		
	Condução autônoma (aérea)	Diversificação de dispositivos de transporte espacial, como drones; Industrialização do entretenimento em viagens		
	AI, dados pessoais	Fornecer espaço valioso para viajantes; industrialização do entretenimento em viagens	Privatização do tempo e espaço de viagem	
	Realidade virtual, ambiente de comunicação	Difusão de teletrabalho com progresso em IT; escritório virtual que oferece pseudo-comunicação baseada em face-a-face; fornecimento de turismo virtual completo	Fornecimento de viagens virtuais em grande escala	

Fonte: Strategic Council for AI Technology. *Artificial Intelligence Technology Strategy*, March 31, 2017.

Estratégia de crescimento em uma sociedade superinteligente (Sociedade 5.0). Como mencionado, em abril de 2016, o Comitê Nova Estrutura Industrial divulgou um relatório preliminar, denominado *Visão da Nova Estrutura Industrial*, que detalha a visão comum do governo, do setor privado e dos institutos de pesquisa sobre os esforços estratégicos do Japão para assumir a liderança da Quarta Revolução Industrial. De acordo com o documento preliminar, com o rápido avanço das inovações tecnológicas, como IoT, grandes dados, robôs e AI, cujos impactos são cada vez maiores em domínios variados, é possível afirmar que a Quarta Revolução Industrial já é uma realidade.

Os avanços tecnológicos utilizados na revolução são base fundamental para a inovação em todas as indústrias e permitem abordar novas necessidades. Por exemplo, a tecnologia de edição do genoma combinado com dados biológicos pode conduzir tanto à descoberta de novos medicamentos como de um novo tipo de produto agrícola e nova fonte de bioenergia, etc. De igual modo, o progresso na tecnologia de condução automática guiada (*drone)* está dando origem a novos serviços e produtos, como veículos de condução autônoma, afetando uma variedade de setores e indústrias. Capturar as tendências exatas das inovações tecnológicas e da mudança, em plena evolução, dos sistemas econômicos e sociais é a chave para o Japão assumir, de forma ousada, a liderança e atingir para uma nova fase de crescimento.

O documento apresenta sete diretrizes de política e as estratégias específicas voltadas para o redesenho do sistema socioeconômico, tendo como horizonte o ano de 2030. Igualmente, indica a direção para as reformas em setores, como indústria de transformação, mobilidade e condução autônoma, saúde e cuidados médicos, agricultura, educação e turismo, entre outros.

Na indústria de transformação, as prioridades são: inovação industrial, segurança industrial, cadeia de suprimentos e varejo. As orientações para mudança incluem:

- Habilitar a capacidade de resposta instantânea, com produção personalizada por encomenda em fábrica de produção em massa.
- Alcançar o zero desperdício e minimizar o tempo de entrega por meio da conexão de dados da produção, logística e vendas.
- Utilização em grande escala de *drones* para logística.
- Monitorar constantemente o equipamento da fábrica para detectar precocemente sinais de falha e emitir os avisos adequadamente.

Japão - Redesenho do sistema socioeconômico para o futuro (2030)

Diretrizes políticas	Estratégias específicas
1) Desenvolver ambiente para promover a utilização de dados	Construção de plataforma de dados, criando mercado de distribuição de dados Facilitar a utilização de dados pessoais Construição de um ecossistema que produz tecnologia de segurança / recursos humanos Formulação estratégias sobre propriedade intelectual na Quarta Revolução Industrial Formulação de estratégias de política de concorrência em consonância com a Quarta Revolução Industrial
(2) Melhorar a flexibilidade no desenvolvimento / recrutamento de recursos humanos e sistema de emprego	Desenvolvimento de sistema educacional em resposta às novas necessidades Recrutamento de talentos mudialmente Promoção de diversos tipos de emprego Melhoria da flexibilidade no mercado de trabalho / sistema de emprego
(3) Acelerar a inovação e o desenvolvimento tecnológico ("Sociedade 5.0")	Construção de um sistema aberto de inovação Desenvolver bases de inovação que liderem o mundo / Estabelecer projetos nacionais / acelerar a implementação social (por exemplo, AI), Promoção estratégica de gestão de propriedade intelectual e padronização internacional
(4) Fortalecer as capacidades financeiras	Fortalecer financiamento de capital acionário para oferta de capital de risco Incentivar o investimento em ativos intangíveis em consonância com a Quarta Revolução Industrial Melhorar as capacidades de financiamento e compensação com foco na FinTech
(5) Facilitar mudança de estrutura industrial e do emprego	Desenvolver um sistema de governança que permitir a tomada de decisão rápida e positiva, como iniciar negócios em novo domínio ou vender/encerrar uma área de negócio Desenvolver sistemas e ambientes para permitir uma revitalização / reorganização de negócios rápida e flexível, etc. Melhoria da flexibilidade no mercado de trabalho / sistema de emprego
(6) Difundir os frutos da Quarta Revolução Industrial entre as PMEs e a economia regional	Disseminação de IoT e demais tecnologias nas PMEs e economia regional, e criação de base para sua utilização Redução dos custos de introdução de robôs em 20% em 2020 Envio de peritos em TI para 10 mil empresas nos próximos dois anos
(7) Assegurar um sistema sofisticado de economia e sociedade para a Quarta Revolução Industrial	Garantir uma reforma regulatória ótima em consonância com a Quarta Revolução Industrial Melhorar os serviços administrativos mediante utilização de dados Realizar implantação global aprimorada através de parceria estratégica, etc. Difundiar os benefícios da Quarta Revolução Industrial na sociedade em geral

Fonte: METI, Future Vision of Innovative Industrial Structures: Interim Report, April 2016.

O documento contrapõe dois cenários básicos: um cenário em que a estrutura industrial e de emprego permanece inalterada e o cenário de reforma, com mudança e mobilidade na estrutura industrial e de emprego. No primeiro cenário, as empresas japonesas se tornariam subcontratantes e *players* inferiores nas plataformas tecnológicas do exterior, cujos provedores capturariam o valor agregado pelas novas tecnologias. O país ficaria sujeito à inovação gradual com foco apenas em *hardware*. Ao mesmo tempo, ocorreria uma crescente bipolarização dos trabalhadores de classe média, em razão da perda de oportunidades de emprego devido à automação e/ou digitalização e à diminuição do salário.

O segundo cenário, de reforma, prevê a construção de plataformas de dados, que abolirá as fronteiras entre empresas e *keiratsu*, e mercado de trabalho flexível, com incorporação de trabalhadores estrangeiros qualificados. Nesse cenário será possível: simultaneamente reorganizar a indústria e mobilizar emprego; criar produtos e serviços inovadores, tirando proveito das tecnologias de AI e dos dados; realizar inovação disruptiva em *software*; resolver problemas sociais criando novos serviços/produtos e adquirindo mercados globais e valor agregado; obter aumento de produtividade e salário para compensar o declínio da população; disseminar os resultados da nova revolução industrial entre as pequenas empresas e economias locais, etc.

No final de maio de 2017, foi divulgada a versão final do relatório do Comitê Nova Estrutura Industrial, renomeado como ***Visão do Futuro em 2030***. Todavia, até a conclusão do presente estudo, a versão em inglês ainda não havia sido disponibilizada. De acordo com o comunicado de imprensa do METI, a *Visão do Futuro 2030* tem como objetivo identificar e superar todos e quaisquer desafios sistêmicos para a sociedade, aproveitando as inovações tecnológicas, incluindo IoT, Big Data, AI e robôs, e orientar tais conquistas em direção ao crescimento econômico do Japão e construção de uma sociedade mais próspera que cada pessoa possa desfrutar.

A Visão reconsidera as vantagens e as desvantagens do Japão, desenha as estratégias futuras de médio e longo prazo para conquistar mercados globais, estipula os contornos de um método retroativo de cálculo para a determinação de estratégias e abordagens concretas que resultem no sucesso de metas específicas, e apresenta uma compilação de projetos inovadores, prevendo reformas específicas de sistemas relacionados. Foram delineadas estratégias especificas para: i) mobilidade (pessoas e produtos); ii) cadeia de suprimento (cadeias de fornecimento inteligentes, sofisticação aprimorada e eficiência na indústria de transformação); iii) cuidados com saúde (saúde, cuidados médicos, cuidados de enfermagem); iv) modos de vida (desenvolvimento de novas cidades, economia compartilha economia, *FinTech*).

Também foram definidas estratégias intersetoriais para os desafios relacionados às mudanças estruturais industriais e de emprego:

- Maior sofisticação das regras (dados, propriedade intelectual padronização, regulamentos / sistemas);
- Ecossistemas de inovação (bases para centros de excelência, colaboração entre indústria e academia/universidades, P&D de empresa, plano de desenvolvimento de AI, empreendimento de risco);
- Sistema de rejuvenescimento econômico (investimento em capital de risco/ativos intangíveis, reestruturação de negócios/mudanças nas estruturas industriais, governança/diálogos);
- Sistemas de desenvolvimento/utilização de recursos humanos;
- Sistemas de segurança social
- Sistemas regionais / PMEs
- Desenvolvimento de negócios no exterior

Política de Indústrias Conectadas

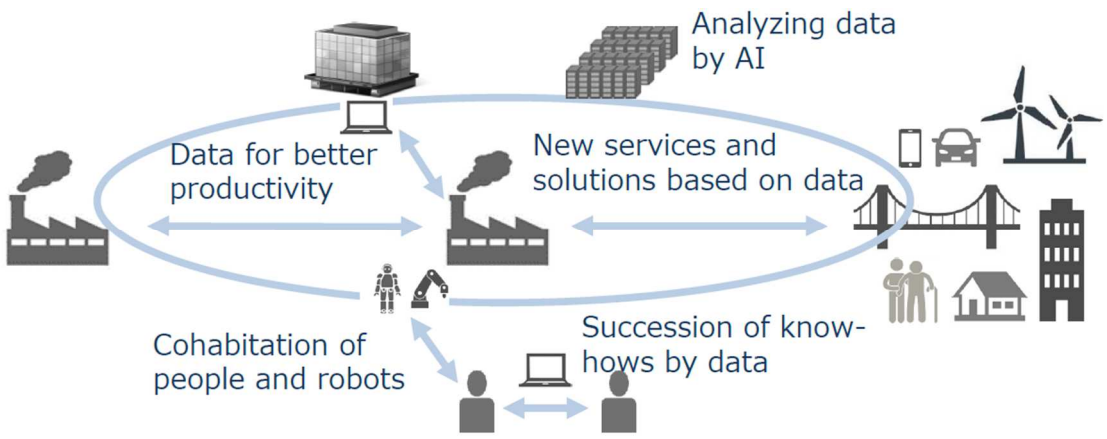
Como já mencionado, o Japão pretende alcançar a "Sociedade 5.0" no futuro mediante a plena utilização da inovação tecnológica, incluindo internet das coisas (IoT), inteligência artificial (AI) e *Big Data*, derivados da quarta revolução industrial. Nesse processo, as indústrias deverão desempenhar um papel fundamental, razão pela qual o governo japonês anunciou, em março de 2017, o conceito de "Indústrias Conectadas" (CI, na sigla em inglês) que deverá se tornar no futuro uma grande competência das indústrias japonesas, tal como ocorreu com as políticas de *Made in Japan,* Robôs Industriais e *Kaizen* (melhoria contínua).

Os pontos fortes do Japão em tecnologias, mão de obra qualificada e compreensão do chão de fábrica combinados com os avanços digitais irão resultar em uma nova sociedade, centrada no ser humano. Os pilares dessa nova sociedade serão: o trabalho conjunto de pessoas, robôs e sistemas, com ampla utilização das ferramentas de inteligência artificial na maximização das habilidades humanas; a cooperação em vários níveis entre indivíduos, empresas, indústrias e países para soluções efetivas dos desafios

sociais, o desenvolvimento de recursos humanos com aquisição de conhecimentos e habilidades para a era digital.

De acordo com o METI, nesse novo quadro conceitual, as indústrias criarão valor agregado e soluções para vários desafios da sociedade por meio da conexão de uma variedade de coisas, incluindo máquinas, dados, tecnologias, pessoas, sistemas, empresas, infraestrutura e organizações, bem como de indústrias existentes com as tecnologias digitais. Com o avanço das tecnologias de informação, e em particular da IoT, os vários dispositivos e sistemas conectados à rede, através das fronteiras e das gerações, permitem a obtenção dos dados do espaço real, cuja utilização eficiente incentivará a inovação, a melhoria da produtividade e uma série de novas tecnologias e gerará novos valores continuamente.

A Iniciativa Indústrias Conectadas



Extraído de MAEDA. METI's IT Policy "Connected Industries". 15º Meeting, Japan Open Source Software Promotion Forum, Keynote Speech, pág. 5, November 16th, 2017.

Como primeiro passo na concretização dessa iniciativa, o METI realizou, em meados de 2017, mesas redondas com importantes representantes do mundo industrial e especialistas para liderar as empresas industriais japonesas nas discussões sobre esforços públicos e privados necessários a concretização do conceito de política. Também realizou um simpósio com mais de seiscentos participantes, incluindo representantes do governo e especialistas da indústria e da academia.

Nas discussões da primeira reunião da mesa redonda, realizada em maio, os participantes mencionaram exemplos de casos específicos de esforços industriais envolvendo o conceito de política, como os avanços nas tecnologias de ponta no âmbito da política de Manufatura Inteligente, as abordagens para integrar biotecnologia e

tecnologia digital, a utilização de inteligência artificial (AI) e outras iniciativas. Com base nestes exemplos de casos, explicitaram divergências, identificaram áreas que exigem iniciativas competitivas e cooperativas, explicaram a necessidade de mudar os modelos de negócios e de melhorar o desenvolvimento de recursos humanos, temas que foram abordados na segunda reunião realizada no mês de julho.

Dando continuidade a execução da política de CI, em outubro de 2017, o METI lançou a Iniciativa "Indústrias Conectadas - Tóquio 2017", como uma visão futurista das indústrias japonesas. No contexto dessa iniciativa, para a qual ainda não há informação detalhada em inglês além daquelas contidas no comunicado de imprensa, o Japão identificou cinco campos prioritários, nos quais investirá intensivamente recursos políticos. Esses campos prioritários são: condução autônoma e serviço de mobilidade; indústria de transformação e robótica; biotecnologia e materiais; gerenciamento de segurança de instalações industriais e infraestrutura; e vida inteligente. Para cada um deles foi definido um conjunto de medidas de política.

No âmbito da iniciativa, o governo japonês também promoverá medidas de suporte intersetoriais no que se refere ao compartilhamento e utilização de “dados reais”, melhoria do ambiente para a utilização de dados e iniciativas de expansão adicional de empresas globais, de risco, empresas locais e PMEs. Essas medidas têm como propósito viabilizar a instalação das indústrias japonesas nos competitivos mercados mundiais de “dados reais”. Esses dados são aqueles que não podem ser extraídos do mundo “virtual”, mas somente dos locais onde efetivamente são produzidos, como as fábricas, os locais de tratamento médico, os locais de teste da condução autônoma, etc.

Dado que o *software* de código aberto (OSS) já foi amplamente aceito, o METI pretende, ainda, incentivar a construção de plataforma aberta baseada em tecnologia padronizada como uma nova OSS (*Open Standard Strategy*) com o objetivo de expansão da inovação e de mercado por livre circulação de informações e dados. A ideia é que as empresas cooperem na realização de P&D em tecnologias avançadas em campos harmonizados a partir dos desafios industriais identificados, selecionado tecnologias e talentos de acordo com sua própria estratégia concorrencial.

Japão - Esforços para Viabilizar a Política de Indústrias Conectadas

1. Esforços no terreno para viabilizar a política	
Manufatura inteligente	Auxiliar as indústrias na criação de exemplos importantes de casos: desenvolvimento de fundações para a padronização internacional e outras regras; e compartilhamento de dados de ordem de venda/ design / produção e segurança industrial, visando alcançar a politica de manufatura inteligente, segundo a qual as indústrias japonesas utilizam os pontos fortes técnicos e as capacidades de gerenciamento no local.
Veículos de condução autônoma	Com o objetivo de alcançar tecnologias globalmente avançadas mediante a comercialização bem-sucedida de veículos de condução autônoma (concepção de sistemas públicos = testes de demonstração regionais, etc.) e desenvolvimento de tecnologias relacionadas (maximização de regiões harmonizadas = mapas altamente precisos, etc.), de modo a manter a competitividade existente na indústria automobilística.
Drones, robôs	Avançar no P & D das tecnologias fundamentais de robótica e no desenvolvimento de recursos humanos e acelerar a utilização pública de robôs nos setores da indústria de transformação, indústrias de serviços, enfermagem, inspeção de infraestrutura, etc., como um país líder mundial de robótica.
Biologia e cuidados com a saúde	Transformar a estrutura industrial existente mediante uma abordagem ambientalmente amigável por meio da integração de tecnologias biológicas e digitais e auxiliando as indústrias no desenvolvimento de serviços, dispositivos, etc., nos quais informações sobre cuidados de saúde e cuidados médicos são utilizadas.
2. Esforços transversais para alcançar a política	
Utilização de dados	Liberar dados públicos, incentivar a distribuição ou utilização de dados industriais ou pessoais e promover uma distribuição de dados uniforme a nível global, como fundações para a realização da utilização de dados no âmbito da política de Indústrias Conectadas (CI, na sigla em inglês).
Desenvolvimento de recrusos humanos na área de tecnologia de informação	Melhorar a qualidade dos programas de treinamento educacional, tornando obrigatórios os programas educacionais de programação de computadores nas escolas e estabelecendo um novo programa de apoio à criação de empresas no campo da Tecnologia de Informação (TI), dirigindo os esforços aos recursos humanos que irão liderar a política de CI.
Cibersegurança	Construir um quadro de referência comum para compartilhar informações de incidentes, etc., realizar o desenvolvimento de recursos humanos e promover o investimento em segurança cibernética, visando garantir medidas de segurança cibernética, como esforços indispensáveis para avançar a política de CI.
Pesquisa de inteligência artificial	Incentivar o Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia Industrial Avançada (AIST, na sigla em inglês) a colaborar com universidades e outros institutos na realização de P & D, contribuindo para a melhoria da produtividade do Japão, e para aprimorar os esforços colaborativos interinstitucionais a nível mundial, de modo a assegurar completamente as abordagens baseadas em CI para obter novas partes de mercado.
Propriedade intelectual e sistemas de padronização	Elaborar regras para a integração de hardware e *software* e promover o desenvolvimento de um ambiente que permita a utilização harmoniosa dos direitos de propriedade intelectual necessários para que as indústrias respeitem as normas e os padrões, a fim de melhorar a qualidade das regras existentes no âmbito da políticade CI.

Extraído de METI. Round Table Conference on "Connected Industries" Held with METI Minister Mr. Seko and Top company executives in related industries. *Press release*, May 29, 2017.

Japão - Domínios Prioritários e Políticas Intersetoriais da Iniciativa Indústrias Conectadas

Prioridades da Iniciativa Indústrias Conectadas	
Campos Prioritários	**Medidas de Política**
Condução autônoma e serviço de mobilidade	Identificar abordagens para a harmonização de dados Melhorar a inteligência artificial (AI) e desenvolver recursos humanos relacionados Estabelecimento de visão futura do serviço de mobilidade em matéria de logística e de veículos elétricos
Indústria de transformação e robótica	Padronização internacional de regras de dados, incluindo formatos Reforçar a colaboração entre empresas em campos harmonizados (por exemplo, segurança cibernética e desenvolvimento de recursos humanos) Melhorar o ambiente para a introdução IoT para PMEs, por exemplo, ferramentas de IoT
Biotecnologia e materiais	Atingir a utilização conjunta de dados entre empresas em campos harmonizados Estabelecer de uma plataforma de tecnologia de AI para comercialização Obter aceitação pública
Gerenciamento de segurança de instalações industriais e infraestrutura	Melhorar a capacidade tecnológica para a segurança por meio da utilização de IoT Elaborar diretrizes e outras regras comuns para a harmonização de dados entre empresas Promover novas reformas dos sistemas de regulação
Vida inteligente	Descobrir necessidades potenciais e materializar possíveis serviços Colaboração de dados por meio de alianças entre empresas Desenvolver outras regras para maior utilização de dados
Políticas intersetoriais	
Áreas	**Medidas de Política**
Compartilhamento e utilização de "dados reais"	Estabelecer um novo sistema de certificação de compartilhamento de dados entre as empresas e introduzir novos programas de redução de impostos. Apoiar as medidas que visam o desenvolvimento de sistemas de AI graças à colaboração entre empresas grandes e médias, que detêm "dados reais", e as empresas de risco de AI Criar modelos avançados e, em seguida, desenvolver regras baseadas em programas de demonstração Revisar as Diretrizes do Contrato sobre Direitos de Utilização de Dados
Melhoria do ambiente para a utilização de dados (P&D, desenvolvimento de recursos humanos, segurança cibernética)	Promover o desenvolvimento de chips de AI inovadores Ampliar os esforços para o desenvolvimento de recursos humanos no campo dos dados (por exemplo, tipo híbrido em sistemas físicos e virtuais, e em tecnologias de AI) Construir uma estrutura para atrair recursos humanos altamente qualificados do mundo inteiro Melhorar as medidas de segurança cibernética
Iniciativas de expansão adicional (globais, risco, empresas locais e PMEs)	Reforçar a cooperação mundial, especialmente com os países da União Europeia e da Ásia Promover as exportações dos sistemas do Japão através do Grupo de Trabalho de Colaboração Internacional Melhorar ainda mais a qualidade e a quantidade de recursos humanos relacionados aos esforços internacionais de padronização Construir ecossistemas japoneses de *venture* Melhorar as medidas de apoio às empresas locais e às PME, fornecendo programas para o desenvolvimento e/ou envio de especialistas

Fonte: METI. "Connected Industries' Tokyo Initiative 2017" Released, Press Release, Appendix, October 2, 2017.

4.5. O Projeto Catapulta e A Estratégia Industrial do Reino Unido para a Indústria 4.0[36]

Introdução

A elaboração deste capítulo recorreu a uma série de documentos oficiais do governo britânico, assim como análises e avaliações independentes de consultorias e do meio acadêmico. Dentre os documentos oficiais estão: UK HM Government, Industrial Strategy: Building a Britain fit for the future. White Paper, Department for Business, Energy & Industrial Strategy (BEIS), November 2017; JUERGEN, Maier (coord.). Made Smarter: Review 2017, October 2017; INNOVATE UK. Catapult Network: Fostering innovation to drive economic growth, Report, 2017; UK HM Government. Building our Industrial Strategy, Green Paper, Department for Business, Energy and Industrial Strategy - BEIS, January 2017; Building our Industrial Strategy, Green Paper, Department for Business, Energy and Industrial Strategy - BEIS, January 2017; Catapult Centres - Impact at the Heart of the UK's Industrial Strategy, Brochure, 2016; UK HM Government, Industrial Strategy: Government and industry in partnership. Progress Report, Department for Business, Innovation and Skills (BIS), April 2014; entre outros.

Além destes documentos, também foram utilizados relatórios de consultorias internacionais, tais como EY, Catapult Network Review, november 2017; CORDES Frank; STACEY, Nigel. Is UK Industry ready for the fourth Industrial Revolution?; BCG - The Boston Consulting Group, January 2017; Engineering Employers' Federation (EEF) - The 4th Industrial Revolution: A primer for manufacturers, 2016. Por fim, foram consultados os seguintes artigos acadêmicos: Eoin SULLIVAN e outros (2013), no artigo What is new in the new industrial policy? A manufacturing systems perspective. Oxf Rev Econ Policy, 29 (2): 432-462; COLEBROOK, Catherine. An industrial strategy that works for the UK: Framework and principles, London: Institute for Public Policy Research (IPPR), 2016.

Antes de avançar na síntese das políticas implementadas pelo Reino Unido para apoiar o desenvolvimento tecnológico fundamental para enfrentar desafios sociais e econômicos, bem como para resgatar a importância de seu parque industrial, cabe a identificação do ponto de partida dessas políticas, isto é, uma avaliação do prévio panorama industrial e tecnológico do país.

[36] Trabalho divulgado como Carta IEDI n. 847. Disponível em https://iedi.org.br/cartas/carta_iedi_n_847.html

Panorama da Indústria de Transformação Britânica

No Reino Unido, a contribuição da indústria de transformação para o PIB declinou de forma constante: de 30% do PIB em 1970 caiu para 17,4% em 1990, reduzindo a 12% em 2010 e se manteve torno de 10% na presente década. Esse percentual é o menor entre as principais economias desenvolvidas. Todavia, em termos absolutos, o valor adicionado da produção industrial se manteve, desde 1990, relativamente estabilizado em torno de £ 170 bilhões.

Esse processo de desindustrialização no Reino Unido que, a exemplo de outras economias desenvolvidas, se traduziu na transferência de fábricas para países com menor custo de produção teve sérios impactos na estrutura de empregos. Embora nos últimos 30 anos, o valor da produção industrial tenha permanecido praticamente o mesmo, o número de pessoas empregadas na indústria caiu significativamente: de 5,7 milhões em 1981 para 2,7 milhões em 2016. Atualmente, o emprego industrial representa apenas 8% do emprego total (ante 22% em 1981).

Em contrapartida, a participação do setor de serviços no PIB saltou de 69% em 1990 para 80% em 2016. De acordo com Eoin SULLIVAN e outros (2013), no artigo What is new in the new industrial policy? A manufacturing systems perspective. *Oxf Rev Econ Policy*, provavelmente, o Reino Unido é o país desenvolvido que experimentou ao longo das últimas três décadas, a mais profunda transformação estrutural em favor de serviços intensivos em conhecimento, como finanças, serviços profissionais e tecnologia da informação e comunicação (TIC). Em 2011, esses serviços respondiam por um terço do total do valor adicionado bruto e um quarto do emprego total.

Embora a escala relativa de indústria britânica tenha diminuído, o setor manufatureiro é responsável por 45% das exportações (£ 242,5 bilhões) e por 58% das importações (£ 341,2 bilhões). Em muitos setores, as empresas britânicas continuam fortes. A indústria aeroespacial é a segunda maior do mundo depois da dos Estados Unidos, enquanto as fábricas de automóveis registram os maiores níveis de produtividade e a indústria reteve altas habilidades de *design*. Os veículos, juntamente com máquinas e produtos elétricos, são os principais produtos exportados e respondem por quase 27% do total. O Reino Unido é o quarto maior produtor de veículos da Europa, exportando mais de 80% da produção anual de veículos. Este sucesso é o produto do investimento estrangeiro no Reino Unido, uma vez que não existe nenhum fabricante britânico de automóveis de consumo de massa.

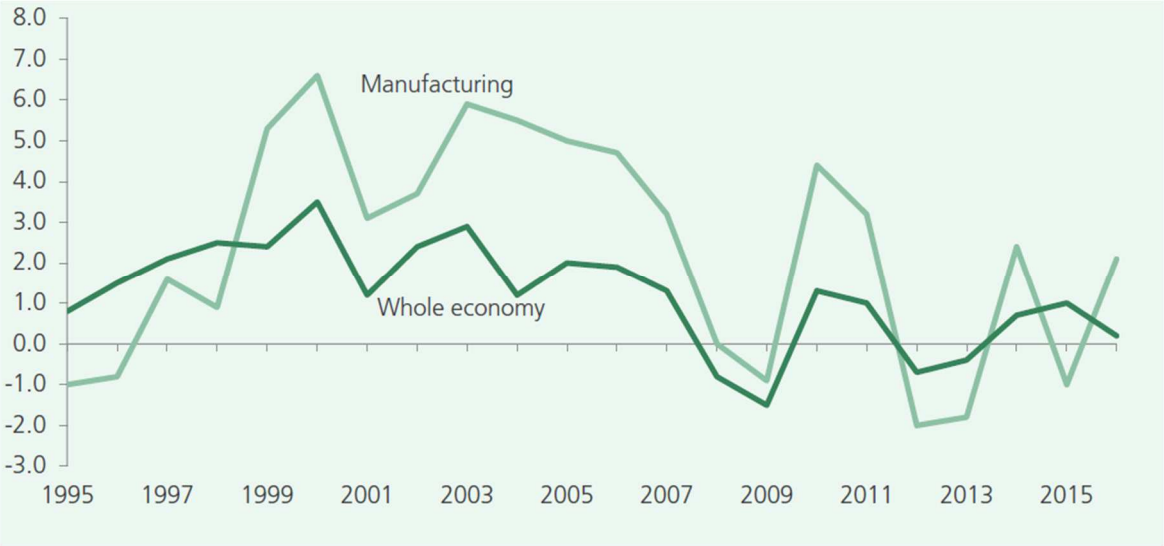
O Reino Unido detém uma participação de 17% no mercado global do setor aeroespacial e de defesa e é o segundo do mundo na exportação de equipamentos e serviços de defesa. A indústria emprega diretamente 100 mil pessoas no Reino Unido e contribui com mais de £ 22 bilhões em receitas anuais.

As empresas do setor químico e farmacêutico também são competitivas internacionalmente, proporcionando um saldo comercial líquido positivo de quase £ 7 bilhões. Indústrias pesadas, incluindo mineração, siderurgia e construção naval, diminuíram substancialmente, embora as indústrias de petróleo e gás do Mar do Norte continuem a ter bom desempenho e, de fato, estão experimentando um recente ressurgimento.

A indústria farmacêutica do Reino Unido é a quarta maior do mundo, com uma balança comercial positiva de £ 7 bilhões. A GlaxoSmithKline e a AstraZeneca são a segunda e quarta maiores empresas do mundo em termos de participação das vendas mundiais. As indústrias farmacêuticas, de biotecnologia médica e tecnologia médica incluem 4.500 empresas, empregam 165.000 funcionários, gastam quase £ $ 5 bilhões em P&D e faturam anualmente mais de 50 bilhões de libras. O setor industrial de ciências da vida responde por 8% do valor adicionado bruto do Reino Unido. Somente o setor farmacêutico é responsável por mais atividades de P&D de empresas sediadas no Reino Unido do que qualquer outro setor manufatureiro (respondendo por mais de 28% de todo P&D privado).

Entre o final da década de 1990 e a crise financeira de 2008, a produtividade na indústria de transformação do Reino Unido cresceu mais rapidamente do que a produtividade em toda a economia. Nos anos de 2009 e 2010 após a crise financeira, a produtividade na indústria britânica e em toda a economia caiu. Desde então, o padrão anterior não se restabeleceu e o crescimento da produtividade industrial não tem sido consistentemente superior ao crescimento da produtividade global, à exceção do subsetor de médio e alto valor, o qual manteve níveis de investimento em máquinas e equipamentos próximos da média histórica.

Reino Unido – Produtividade (produto por hora trabalhada)
Variação anual em %



Extraído de RODES, Christian. Manufacturing: Statistics and Policy. *House of Commons Briefing Paper*. Number 01942, 2 January 2017, pág. 11.

No que se refere aos investimentos em P&D, a indústria de transformação britânica responde atualmente por 70% dos investimentos privados totais do país. Todavia, essa participação vinha registrando tendência de queda desde 2002 (78%). Como será visto a seguir, um dos principais focos da política industrial do Reino Unido na presente década tem sido a reversão dessa tendência. Governos sucessivos apoiaram o desenvolvimento do Programa da Rede de Centro Catapulta, que atuam os avanços tecnológicos possam ser mais facilmente convertidos em produtos ou processos comerciais.

Projeto Catapulta

A crise financeira de 2008 e a profunda recessão econômica subsequente trouxeram consigo a necessidade de captar benefícios econômicos da excelência do Reino Unido na geração de conhecimento científico e tecnológico para elevar a produtividade da economia e relançar o crescimento. A constatação de que o Reino Unido padecia de uma lacuna crítica entre as descobertas e resultados da pesquisa básica e seu desenvolvimento em proposições comerciais deu origem à proposta de criação de Centros de Tecnologia e Inovação, à semelhança, entre outros, dos Institutos Fraunhofer da Alemanha, elaborada pelo professor e empresário industrial Herman Houser no início de 2010.

Este tipo de centro desempenha um papel fundamental nos sistemas nacionais de inovação ao permitir uma melhor transferência de conhecimento, atuando como uma ponte entre a pesquisa básica e as empresas, grandes e pequenas, que ambicionam o crescimento em mercados de base tecnológica. Esses centros ajudam a preencher lacuna entre a pesquisa básica financiada por fundos públicos e a pesquisa financiada pelo setor privado no final da comercialização, comumente chamada de "Vale da Morte", no qual a inovação é sufocada devido à falta de pesquisa translacional aplicada.

Seguindo as recomendações do professor Houser, o governo britânico anunciou em outubro de 2010, o projeto de criação de uma rede de centros de tecnologia e inovação de primeira linha: os centros Catapulta. Com dotação inicial prevista de £ 200 milhões, o projeto Catapulta representou um investimento estratégico de longo prazo para criar um recurso transformador de inovação, permitindo ao Reino Unido atender às necessidades do mercado em áreas-chaves. A agência britânica de inovação, Technology Strategy Board (TSB), criada em 2007 e atualmente denominada Innovate UK, é responsável pela execução, supervisão e coordenação do projeto.

O programa Catapulta procurou aproveitar os pontos fortes do Reino Unido, em termos de pesquisa básica de excelência e da capacidade empresarial doméstica para explorar e investir em tecnologia, para criar capacidade e gerar a massa crítica necessária para competir efetivamente nas cadeias globais de valor, e potenciais mercados globais de alto crescimento. Com base nesses critérios, em 2011, foi iniciada a criação de três dos seis centros Catapulta planejados para a primeira fase do programa (período 2011-2014/5): Indústria de Transformação de Alto Valor, Terapia Celular, Energia Renovável de Alto Mar. Posteriormente, com a Estratégia Industrial, o projeto recebeu dotação orçamentária adicional de £ 239 milhões, e o número de Catapultas foi elevado a sete, cobrindo áreas como: Aplicações de Satélites, Digital, Cidades Futuras, Sistema de Transporte.

Reino Unido - A Rede de Centros "Catapulta" de Tecnologia e Inovação

Centro Catapulta	Data operacional	Local	Objetivo	Membros	Dotação Governamental Inicial	Funding Adicional
High Value Manufacturing (HVMC), composto de sete centros independentes	Outubro 2011	Strathclyde (Escócia); Rotherham; Wilton/Sedgefield, Ansty; Bristol, Conventry	O HVMC foi criado com a missão de ser o catalisador do crescimento futuro e sucesso da indústria de transformação britânica, ajudando a acelerar à tradução de novos conceitos para a realidade comercial, de modo a criar um futuro sustentável de indústria de alto valor agregado do Reino Unido.	Universidades, grandes empresas como RollsRoyce, Boeing , Jaguar Land Rover, e inúmeras PMEs	Cada Catapulta recebeu da agência de inovação do Reino Unido uma dotação inicial de capital da ordem de £ 50 milhões (£10 milhões por ano ao longo de um período de cinco anos)	Contratos de P&D financiado pelas empresas privadas; Projetos de P&D colaborativos ganhos em base competitiva.
Cell and Gene Therapy (CGTC)	Outubro 2012	Guy's Hospital, Londres	O CGTC foi criado para apoiar o desenvolvimento e a comercialização de tais medicamentos, bem como as tecnologias subjacentes que abordam os desafios de fabricação, controle de qualidade, segurança e eficácia desses produtos	Universidades, grandes empresas , como GSK e Ajinomoto, e PMEs		
Satellite Applications (SAC)	Dezembro 2012	Harwell Science and Innovation Campus, Oxfordshire	O centro ajuda as empresas aproveitar e se beneficiar das tecnologias de satélite e reunir equipes multidisciplinares para gerar ideias e soluções em um ambiente de inovação aberta.	UK Space, UK Space Agency, European Space Agency, Rutherford Appleton Laboratory, Universidades, Harwell Space vluster		
Offshore Renewable Energy (OREC)	Março 2013	Glasgow e Blyth, Northumberland	Esse centro de tecnologia e inovação em energia renovável offshore tem como foco as tecnologias para energia eólica offshore, ondas e marés.	Produtores de equipamentos, Institutos de Pesquisa, PMEs e start-ups britânicas		
Digital (DC)	Junho 2013	Londres e centros regionais em Brighton, Sunderland, Bradford, Belfast	A Catapulta Digital apoia e promove a inovação e transformação digital para impulsionar o crescimento na economia do Reino Unido	Visa, PWC, SuissRe, ViviHealthCare, Thales, Evershed		
Future Cities (FCC)	Junho 2013	Londres	A missão da Catapulta Cidades do futuro é promover a inovação urbana, o desenvolvimento das empresas britânicas e melhorar as cidades.	Arquitetos, engenheiros, designers, acadêmicos e empresários		
Transport Systems (TSC)	Agosto 2013	Milton Keynes	Esse centro executa projetos de pesquisa aplicada em colaboração com a academia, PMEs e indústria, com o objetivo de tornar o Reino Unido um líder mundial em inovação de transporte.	Universidades, Grandes empresas industriais, PMEs, provedores de transporte		
Energy Systems (ESC)	Abril 2015	Birmingham	O centro explora oportunidades comerciais para novos produtos e serviços criados pela transformação de redes de energia.	Energy Technology Institute, Institute of Engineering and Energy		
Compound Semiconductor Applications (SCA)	Agosto 2016	Cardiff, País de Gales	O Centro tem como foco os programas relacionados à Eletrônica de Potência; RF e microondas; e Fotônica	A criação do Centro foi liderado pela IQE plc, empresa fabricante de semicondutores, e pela Universiade de Cardiff, País de Gales,		
Medicine Discovery (MDC)	Março 2017	Alderley Park, Cheshire	A MDC tem como missão explorar e desenvolver novas abordagens para a descoberta e comprovação de medicamentos, diagnósticos e biomarcadores, acelerando a transformação da boa ciência em produtos de alto valor agregado	Universidade de Warwick, UK Biotech, Empresas farmacêuticas globais, empresas de pesquisa médica sens fins lucrativos		

Fontes: Catapult Centres - *Impact at the Heart of the UK's Industrial Strategy*, Brochure, 2016; INNOVATE UK. *Catapult Network*: Fostering innovation to drive economic growth, Report 2017; Informações extraídas do site https://catapult.org.uk/catapult-centres/. Elaboração IEDI.

Em casos como o das Catapultas Indústria de Transformação de Alto Valor e Aplicações de Satélite, os investimentos e capacidades existentes foram aproveitados para formar o que agora são Catapultas. Outros, como Catapulta de Terapia Celular e Genética (CGTC na sigla em inglês) e Cidades Futuras (FCC), foram estabelecidos do zero.

Entre 2015 e 2017, entraram em operação mais três Catapultas: Sistema de Energia, Aplicações de Semicondutores Compostos (SCA), Descoberta de Medicamentos (MDC). Em 2015, houve o anúncio do lançamento da Catapulta Medicina de Precisão (PMC), que previa Cambridge como o centro de coordenação de centros de excelência em Belfast, Cardiff, Glasgow, Leeds, Manchester e Oxford. Porém, a iniciativa fracassou e parte da planejada missão científica da PMC foi transferida em junho de 2017, com a aprovação da Innovate UK, para a Catapulta Descoberta de Medicamentos, que entrou em funcionamento em março de 2017.

Além dos recursos orçamentários do governo, denominado *core grant* aportados por meio da Innovate UK, no montante de £ 50 milhões para cada nova Catapulta por um período de cinco anos (£ 10 milhões por ano), o modelo de *funding* das Catapultas prevê que um terço dos recursos sejam captados mediante participação em projetos competitivos de atividades de pesquisa e desenvolvimento colaborativos (CR&D na sigla em inglês) e outro terço seja captados por meio de contratos projetos comerciais de pesquisa junto às empresas privadas e ao setor público. Todavia, avaliação realizada pela

Consultoria EY, *Catapult Network Review*, em novembro de 2017, para o Departamento de Empresas, Energia e Estratégia Industrial (BEIS, na sigla em inglês) constatou que apenas a Catapulta Indústria de Transformação de Alto Valor (HMVC, na sigla em inglês) superou essas metas. Todas as demais Catapultas permanecem altamente dependentes do financiamento governamental.

De acordo com a EY, nos anos fiscais de 2014 a 2017, as Catapultas receberam um financiamento total de £ 1.250 milhões, incluindo cerca de £ 745 milhões (60%) do setor público ("subvenção principal" e "outros fundos públicos"). A maior parte do financiamento do setor público (68%) foi destinada a HVMC e a CGTC.

Como infraestrutura translacional, os centros Catapulta de tecnologia e inovação têm como missão oferecer acesso aos melhores conhecimentos técnicos, infraestrutura, habilidades e equipamentos - recursos que as empresas, particularmente pequenas, raramente podem pagar sozinhas. Mediante o trabalho conjunto com pesquisa básica e empresas de todos os portes, os centros Catapulta proporcionam um ambiente inovador e empreendedor, permitindo o desenvolvimento de novas cadeias de valor e a facilitação de uma variedade de rotas para a comercialização de novos produtos, processos e serviços.

De acordo com o professor Houser, em sua avaliação da Rede Catapulta realizada em novembro de 2014 para o então Departamento de Empresas, Inovação e Competências (BIS, na sigla em inglês), *Review of the Catapult network*: Recommendations on the future shape, scope and ambition of the programme, a gama de atividades de inovação que os centros de tecnologia e inovação individuais se engajam depende fortemente do seu ambiente local de inovação e sua missão organizacional. No caso britânico, as atividades realizadas pelas Catapultas espelham suas contrapartes internacionais e incluem:

- Serviços de tecnologia: fornecimento de serviços avançados de P&D para a indústria através de uma combinação de instalações especializadas internas e uma força de trabalho técnica altamente qualificada que muitas PMEs ou empresas de médio porte não poderiam pagar;

- Desenvolvimento tecnológico: realização de tarefas pré-competitivas de P&D e integração de sistemas; caracterização / medição; traduzir conhecimento e tecnologia;

- Desenvolvimento de capital humano: formação profissional; treinamento avançado de competência em P&D; serviços de consultoria de fabricação técnica e operacional; e

- *Networking* e desenvolvimento do setor: diálogo com a indústria; desenvolvimento de normas e assessoria no marco regulatório; assessoria em acesso ao financiamento; coordenação de projetos de P&D.

As Catapultas desempenham um papel vital ao ajudar a reduzir o risco da inovação. Trabalham com a indústria em desafios que, quando superados, criam novos produtos e abrem novos mercados. Isso envolve testar as novas tecnologias em ambientes reais e, em alguns casos, a procura de clientes para as novas tecnologias. Muitas vezes, isso significa fornecer equipamentos e conhecimentos que serão necessários para as empresas no longo prazo, mas nos quais nenhuma empresa investirá até que o retorno sobre o investimento (ROI) seja mais claro. Segundo a Innovate UK, as Catapultas unem universidades e indústria para trabalhar em problemas relevantes para o mercado - uma abordagem de "impulso pela demanda" que economiza tempo e dinheiro. Em cinco anos de existência do projeto, mais de 3.000 colaborações acadêmicas e industriais foram realizadas, com o suporte focado nessas ideias fortes o suficiente para fazer a transição do conceito para a comercialização.

Embora foco do projeto Catapulta esteja no Reino Unido, o alcance da Rede Catapulta é global. Os Centros Catapultas trabalham com 24 países e se mostraram altamente bem-sucedidos em atrair investimentos estrangeiros, ajudando a ancorar a inovação e empregos qualificados no Reino Unido. De acordo com a Innovate UK, muitos países estão agora tentando replicar o modelo da Rede Catapulta, incluindo Austrália, Canadá, Chile, China, França, Noruega e Tailândia.

A avaliação da rede Catapulta pela Consultoria EY, já mencionada, concluiu que as Catapultas são uma parte importante e bem-sucedida do ecossistema britânico de inovação e que podem impulsionar a inovação e o benefício econômico no Reino Unido. E o governo May, como será visto mais à frente, quer ampliar o papel que essa Rede desempenha no processo de inovação no Reino Unido.

Maiores detalhes são apresentados a seguir para alguns dos centros da Rede Catapulta. O critério de seleção foi o maior grau de envolvimento com as tecnologias associadas à Quarta Revolução Industrial.

Catapulta da Indústria de Transformação de Alto Valor (HVMC). A HVMC atua como catalisador para o futuro crescimento e sucesso da indústria de transformação no Reino Unido. Sua missão principal é ajudar as empresas a acelerar e reduzir o risco associado à aplicação de novos conceitos para a realidade comercial e, assim, a criar um futuro sustentável para a fabricação de alto valor no país. Além de ajudar a desenvolver tecnologias de próxima geração com potencial para transformar a indústria britânica e promover inovação com vistas a alcançar novos setores e mercados, a HVMC também tem como objetivo contribuir para aumento significativo da importância do setor manufatureiro para a economia britânica.

A HVMC oferece às empresas privadas de todos os tamanhos acesso a:

- Capacidade que abrange matérias-primas básicas através de processos de montagem de produtos de alta integridade;
- Instalações e habilidades de classe mundial para ampliar e comprovar processos de fabricação de alto valor;
- Rede de fornecedores líderes que contribuem para as principais cadeias de fornecimento da indústria do Reino Unido;
- Parceria entre indústria, governo e pesquisa em um objetivo comum para tornar o Reino Unido um lugar atraente para investir em manufatura.

Primeira Catapulta a operar, em outubro de 2011, a HVMC foi constituída a partir de uma parceria pública e privada de sete centros de pesquisa independentes, previamente existentes: o Centro de Pesquisa de Produção Avançada (AFRC)**,** baseado na Universidade de Strathclyde, o Centro de Pesquisa em Manufatura Avançada (AMRC), baseado na Universidade de Sheffield e patrocinado pela Boeing, o Centro de Inovação de Processos (CPI), localizado em Wilton e Sedgefield, o Centro de Tecnologia Industrial (MTC), patrocinado pelas universidades de Birmingham, Loughborough e Nottingham, e TWI Ltd, o Centro Nacional de Compósitos (NCC), com sede na Universidade de Bristol, o Centro Nuclear de Pesquisa em Manufatura Avançada (NRC AMRC) patrocinado pelas universidades Manchester e Sheffield e o Warwick Manufacturing Group (WMG) na Universidade de Warwick.

A HVMC combina as capacidades desses sete centros ultramodernos de inovação industrial de classe mundial, desenvolvendo peças impressas em 3D para motores a jato, sendo pioneiras em compósitos mais leves e de baixo custo, projetando baterias de carros mais eficientes e produzindo também *"Factory in a Box"*: um módulo do tamanho

de contêineres, equipado com o que há de mais moderno em ferramentas de manufatura digital. Esses módulos permitem que firmas de engenharia menores possam alugar capacidade técnica que antes era reservada a seus concorrentes maiores e mais ricos.

Os centros de pesquisa da HVMC oferecem acesso aberto aos equipamentos de última geração em escala industrial, especialização de classe mundial e um ambiente de colaboração entre a indústria, a academia e o governo. Em conjunto, os centros cobrem toda a gama de recursos de tecnologia industrial, incluindo as tecnologias associadas à Quarta Revolução Industrial, como manufatura aditiva, automação, manufatura avançada, simulação e realidade virtual e aumentada. Os domínios de *expertise* da HVMC abrangem ainda: montagem avançada, biotecnologia, fundição, materiais compósitos, *design* para produtos industriais, sistemas eletrônicos complexos de alto valor, produção flexível, formulações, processamento de alta temperatura, modelização e simulação, tecnologias de juntas, tecnologias de usinagem, metrologia, forjamento, caracterização de materiais, tecnologia de pó, eletrônica imprimível, engenharia de superfície, ferramentas e acessórios.

A necessidade das empresas industriais em escala real é replicada na infraestrutura tecnológica em escala industrial fornecida pela HVMC. Esta abordagem está alinhada às demandas do setor, que tem sido muito positiva para o programa. Desde a sua criação em 2011, a HVMC experimentou níveis significativos de demanda do setor industrial, com mobilização de montantes elevados de *funding* junto ao setor privado (40% da receita da HVMC no ano fiscal de 2015/2016 e 36% no ano fiscal de 2016/2017). O investimento do setor industrial na HVMC está acima níveis previstos no plano inicial de negócio da Catapulta. Dos quase 3.400 empresas do setor privado clientes da HVMC, mais de 40% são pequenas e médias empresas (PMEs).

Segundo a Consultoria EY, em sua avaliação para o governo de Theresa May, a HVMC estabeleceu um sólido histórico de ajudar as empresas industriais do Reino Unido de todos os portes a se conectarem melhor com seus clientes e cadeias de suprimento e aumentar sua competitividade aplicando novas tecnologias que possibilitam a produção mais rápida e barata de produtos e componentes. A HVMC tem contribuído não somente para ancorar a produção industrial no Reino Unido, mas também está ajudando a reorientar a produção perdida para outros países e a conquistar projetos de investimento estrangeiro de alto valor que geram empregos e crescimento local.

Catapulta de Aplicação de Satélite (SAC). A SAC tem como missão ajudar as organizações a usar e se beneficiar das tecnologias de satélite e reunir equipes

multidisciplinares para gerar ideias e soluções em um ambiente de inovação aberta. Desde a sua criação em abril de 2013, a SAC experimentou uma demanda crescente por seus serviços, como acesso a instalações, especialização e colaborações financiadas em conjunto. Essa demanda é impulsionada pela indústria e aumentou significativamente o financiamento para a Catapulta.

Com uma equipe de mais de cem pessoas, reunindo engenheiros espaciais e especialistas em dados; gurus da tecnologia e empreendedores; pensadores *blue sky* e investidores anjos, o SAC tem como objetivo garantir que a inovação produzida no Reino Unido esteja no coração de uma nova era espacial.

Entre 2005 e 2015, foram lançados 1.480 satélites. No período correspondente a 2025, prevê-se que cinco vezes esse número entrará em órbita. Isso reflete o fato de que os serviços e dados espaciais permitem quase todos os aspectos do mundo moderno: tempo, navegação, comunicação, entretenimento, agricultura, monitoramento da poluição, cidades inteligentes, telemedicina, veículos autônomos, etc. Todos eles dependem de informações em cascata do espaço e transformados se em aplicativos e produtos por uma multidão crescente de empresas criativas e inteligentes em termos de dados.

Uma barreira significativa neste setor é a falta de conhecimento sobre os benefícios potenciais da tecnologia de satélite. A SAC estabeleceu várias parcerias importantes com organizações fora do setor espacial como parte de sua missão de informar e atrair esses usuários para aplicações de satélite. Uma colaboração importante foi com o The Pew Charitable Trusts, uma organização filantrópica dos Estados Unidos, que tem a com a ambição de eliminar a pesca ilegal no prazo de 10 anos. A Catapulta foi financiada para desenvolver um protótipo de uma ferramenta de monitoramento de pesca que combina dados de satélite e informações de embarcações para detectar e rastrear pescadores ilegais.

Catapulta Digital (DC). Com sede em Londres, a Catapulta Digital apoia e promove a inovação e transformação digital para impulsionar o crescimento na economia do Reino Unido. Faz a ponte entre a pesquisa e a indústria para ajudar as empresas britânicas a fornecer soluções mais inteligentes, mais rápidas e mais eficientes e abrir novos mercados. Os programas e instalações da Catapulta estimulam a inovação e aceleram a adoção de tecnologias digitais avançadas, ajudando as empresas a competir globalmente. O Centro prioriza três áreas de tecnologia:

- Tecnologias imersivas- Virtual (VR), aumentada (AR), realidade mista e tátil;

- Inteligência Artificial - Inteligência artificial (IA) e aprendizado de máquina

- Redes Futuras - 5G, redes de longa distância de baixa potência (LPWAN) e Internet das Coisas (IoT)

Atuando desde a fase de conceito à comercialização, a DC está focada em dois setores econômicos, indústria criativa e indústria de transformação - com dois objetivos: 1) acelerar o número de empresas pioneiras que trabalham com tecnologias digitais avançadas; 2) proporcionar maior pesquisa aplicada, desenvolvimento e inovação em tecnologias digitais avançadas.

A Catapulta Digital opera com quatro centros regionais:

- O Centro de Brighton se concentra especificamente em projetos que incentivam a inovação tanto no setor de varejo quanto nas indústrias criativas, gerando valor explorando e explorando tecnologias. Esse centro regional cria ligações entre universidades e empresas para permitir que os resultados pré-comerciais de P&D da Catapulta Digital sejam convertidos em oportunidades de mercado comercial, prototipados e testados por *start-ups* e PMEs.

- O Centro Catapulta Digital Irlanda do Norte se dedica aos desafios das empresas e ajuda a fornecer soluções digitais que podem ser repetidas, escaladas e exportadas, criando oportunidades comerciais internas e externas para a região. O Centro trabalha em estreita colaboração com as principais universidades de pesquisa; Queens University e Ulster University, bem como organizações da indústria; Catalyst Inc., Matrix, Invest NI e Digital Circle para ajudar a promover a Irlanda do Norte nos mercados globais.

- O Centro da Catapulta Digital da região Center North East & Tees Valley oferece um espaço de incubação de ponta para *start-ups* e PMEs que desenvolvem novos produtos e serviços baseados em dados usando tecnologias emergentes. O Centro também auxilia empresas de todos os tamanhos a transformar seus negócios por meio da inovação digital, acelerando a aplicação prática de tecnologias emergentes, como a Internet das Coisas, 5G, inteligência artificial (AI) e tecnologias imersivas. Esse centro regional é uma parceria liderada pela Sunderland Software City em nome da North East LEP & Tees Valley Unlimited. Outros

parceiros importantes envolvidos incluem a Universidade de Newcastle, a Universidade de Northumbria, a Universidade de Durham, a Universidade de Sunderland e a Universidade de Teesside

- O Centro de Yorkshire tem como missão ajudar a aumentar a economia digital da região. Suas atividades incluem: pesquisa acadêmica de ponta e experiência em desenvolvimento; apoiar as PME a crescer e aumentar de escala, acessando mercados tecnológicos novos e emergentes; ajudar grandes empresas e instituições a resolver seus problemas usando a transformação digital.

Em Londres, o *Immersive Lab* da Catapulta Digital oferece a todos a oportunidade para empresas de todos os tamanhos – bem como acadêmicos e pesquisadores – demonstrar, inovar e testar as mais recentes tecnologias e conteúdos imersivos. O espaço está equipado com uma variedade do mais recente *hardware* de realidade virtual e aumentada para incentivar a inovação comercial da crescente comunidade imersiva do Reino Unido.

Catapulta de Aplicação de Semicondutores Compostos (CSA). Instalado no Sul do País de Gales, o CSA foi criado a partir de dois centros de pesquisa regionais, o Instituto de Semicondutores Compostos e Centro de Semicondutor Composto. Sua criação foi liderada pela IQE plc, empresa fabricante de semicondutores, e pela Universidade de Cardiff.

Desde a sua invenção, o *chip* de silício revolucionou todos os setores industriais do mundo. À medida que o silício se aproxima do limite, a corrida começa a encontrar novos materiais para atender às crescentes demandas por internet mais rápida, maior vida útil da bateria e melhores diagnósticos de saúde. Os novos semicondutores compostos superam o silício em muitas áreas de aplicação novas e emergentes, incluindo a eletrônica de potência, rádio frequência e micro-ondas, fotônica e sensores.

A missão do CSA é ajudar as empresas britânicas a explorar avanços em tecnologias de semicondutores compostos em áreas de aplicação essenciais como saúde, economia digital, energia, transporte, defesa e segurança e espaço, permitindo que acessem mercados globais, incluindo eletrônicos, wi-fi e fotônicos, estimados no valor de £ 125 bilhões até 2025.

A Estratégia Industrial do Reino Unido

Como já mencionado, a profunda recessão que sucedeu à crise financeira internacional de 2008 levou o governo britânico a desenvolver uma estratégia industrial de longo prazo com vistas a melhorar a produtividade e competitividade das empresas em um conjunto de setores. Essa foi uma mudança de postura significativa, pois desde a década de 1970, como ressalta Catherine Colebrook no trabalho *An industrial strategy that works for the UK*: Framework and principles, London: Institute for Public Policy Research (IPPR), 2016, os sucessivos governos do Reino Unido, tanto da direita quanto da esquerda, realizaram o mínimo possível de intervenção ativa na economia, restringindo-se apenas às políticas horizontais, com foco especial em educação, ciência e tecnologia, e em medidas de apoio à inovação, empreendedorismo e eficiência empresarial, e às ações de desenvolvimento regional.

Essa abordagem começou a mudar em 2009, no final do governo trabalhista, liderado por Gordon Brown, quando foi aprovado um pacote de resgate de £ 2,3 bilhões de libras para a indústria automobilística, ocasião em que foi criado o *UK Automotive Council*. No mesmo ano, o Departamento de Negócios, Empresas e Reforma Regulatória (BERR) publicou uma estratégia industrial para o setor de baixo carbono. Segundo Colebrook, essa estratégia resultou em intervenções de apoio às empresas de baixo carbono, incluindo produção de energia eólica em alto mar, energia nuclear, carro elétrico, e na criação do Instituto de Tecnologias de Energia (ETI).

Também em 2009 foi criado o programa Iniciativa de Pesquisa para Pequenas Empresas (SBRI), inspirado no SBIR norte-americano, sendo um programa em duas fases baseado em contrato para financiar o desenvolvimento de soluções tecnológicas inovadoras a fim de atender às necessidades do governo, seja para atender às necessidades dos departamentos seja para enfrentar os desafios da política. Os contratos da Fase 1 normalmente tem valor de até £ 100.000 e a Fase 2, de £ 250.000 a £ 1 milhão. Os custos do projeto são 100% financiados.

O governo da Coalizão dos partidos conservador e democrata liberal (2010-2015) deu continuidade a essa abordagem. Como foi visto acima, em 2010, o governo de Coalizão decidiu criar a rede Catapulta de modo a estimular e acelerar a comercialização de novas inovações. O governo do primeiro ministro David Cameron também lançou, em 2011, a Iniciativa de Cadeia de Suprimentos de Manufatura Avançada (AMSCI, na sigla em inglês), um fundo competitivo para criar cadeias de suprimentos domésticas mais competitivas que ancoram o emprego de alto valor no país. A AMSCI fornece subvenções ou empréstimos reembolsáveis para cobrir parte dos custos com

investimento de capital, pesquisa e desenvolvimento e treinamento para projetos industriais envolvendo colaborações em cadeias de suprimentos. Um total de £ 25 milhões foi disponibilizado para a primeira rodada dessa iniciativa em outubro de 2011, que teve como alvo projetos nos setores aeroespacial e automotivo, com foco nas cidades de Birmingham, Black Country, Coventry e Liverpool. Em dezembro de mesmo ano, £ 100 milhões foram concedidos em duas rodadas nacionais com alvo em um conjunto de setores mais amplo, incluindo energia renovável, química e nuclear. Duas novas rodadas foram realizadas em 2013 financiando projetos industriais no montante total de £ 120 milhões.

Em setembro de 2012, o então Departamento de Empresas, Inovação e Competências (BIS) consolidou a nova abordagem setorial da estratégia industrial britânica no documento *Industrial Strategy*: UK sector analysis. Reconhecendo que diferentes setores necessitam de diferentes níveis de suporte, a nova abordagem estabelece um espectro para a intervenção governamental, de medidas mais horizontais ao envolvimento direto do governo com os setores na moldagem de seu desenvolvimento.

Reino Unido - Estratégia Industrial - Espectro de apoio para diferentes setores

Contato suave	Ação	Diálogo Sustentado	Parceria Estratégica
Governo define o ambiente de negócio por meio de políticas horizontais (por exemplo, impostos, direitos de propriedade intelectual, competências)			
	Governo toma medidas para responder a questões específicas (por exemplo, turismo em 2012)		
		Diálogo e ação sustentados, por exemplo: conselhos setoriais, estratégias conjuntas	
			Parceria estratégica de longo prazo

Extraído de BIS - Department for Business, Innovation and Skills. *Industrial Strategy*: UK sector analysis. BIS Economics Paper No 18, September 2012, pg 30.

Nesse documento, o Secretário Vince Cable também anunciou a intenção do governo em construir e manter parcerias estratégicas, com foco especial no desenvolvimento da competitividade empresarial, com setores nos quais o país possui forte vantagem comparativa, abrangendo as seguintes áreas: Manufatura avançada, especialmente aeroespacial, automotiva e ciências da vida; Serviços comercializados intensivamente em conhecimento, particularmente serviços profissionais / empresariais, economia da informação e aspectos comerciais da educação superior e educação continuada; e

Indústrias habilitadoras como energia e construção. Essa nova abordagem representou, segundo Sullivan e outros (2013), uma mudança substancial nas políticas do governo britânico em relação à indústria de transformação.

A Estratégia Industrial de 2013

Em 2013, o governo de Coalisão anunciou a Estratégia Industrial, que, embora não tivesse como alvo exclusivo o setor da indústria de transformação, contribuiu para preparar as empresas industriais britânicas para enfrentar o aumento na competição e aproveitar as oportunidades nos mercados globais associadas à incorporação de novas tecnologias. A Estratégia foi construída em torno de cinco temas:

Parcerias setoriais: Auxiliar os setores a aumentar a competitividade global, ampliar a inovação e a maximizar o potencial de exportação.

Tecnologias: Apoiar o desenvolvimento e comercialização de tecnologias nas quais o Reino Unido possui *expertise* em pesquisa e capacidade de negócios para se tornar um líder mundial.

Acesso das pequenas empresas ao financiamento: Ajudar as pequenas empresas com potencial de crescimento a obter o financiamento necessário para investir em pessoas e equipamentos e crescer.

Habilidades e competências: Trabalhar para fornecer as habilidades e competências de que os empregadores precisam, dando às empresas maior influência sobre a maneira como o financiamento das habilidades pelo governo é utilizado.

Compras públicas. Fazer uso das compras governamentais para promover o desenvolvimento de cadeias de suprimento no Reino Unido e criação de um sistema de compras do setor público mais simples, transparente e mais efetivo. O governo fixou como objetivo que 25% de seus gastos em aquisições sejam destinados às PMEs até 2015.

Os três primeiros temas se referem a setores, econômicos ou tecnológicos, e a um segmento empresarial (PMEs), enquanto os dois últimos são temas transversais, que dizem respeito a todos os setores de atividade.

As parceiras estratégicas foram estabelecidas mediante a criação de conselhos setoriais ou “grupos de liderança”, formados por altos executivos industriais e funcionários

públicos, responsáveis pelo desenvolvimento de estratégias coerentes de longo prazo em setores fundamentais, para atender às necessidades de habilidades, tecnologia, P&D, acesso a financiamento e aquisições governamentais. Na avaliação do governo britânico, a colaboração duradoura entre as empresas e o governo permitirá que a indústria planeje investimentos com um horizonte temporal mais longo.

De acordo com o documento do BIS, *Industrial Strategy*: Government and industry in partnership. Progress Report, publicado em abril de 2014, foram criados (e/ou renovados) conselhos setoriais em parceria com as empresas privadas para setores estratégicos da indústria manufatureira: aeroespacial, tecnologias agrícolas, automotivo, ciências da vida, energia renovável de alto mar e nuclear. Outros setores da indústria que também estabeleceram com o governo foram: indústria eletrônica, produtos químicos, compósitos, alimentos e bebidas, setor ferroviário. Parcerias setoriais foram igualmente estabelecidas com os setores de construção, economia da informação, educação internacional, óleo e gás, economia criativa e comércio varejista.

Reino Unido - Parcerias Setoriais na Estratégia Industrial de 2013

Setores Industriais	Conselho Setorial	Objetivos	Principais Medidas
Aerospacial e defesa	**Aerospace Growth Partnership (AGP); Defence Growth Partnership**	Manter a posição do Reino Unido como o segundo maior exportador aeroespacial e de defesa e criar e fabricar no país aeronaves mais rápidas e energeticamente mais eficientes.	• Usar o orçamento de defesa do Reino Unido para adquirir itens produtos ao invés de " sob medida), aplicando um requisito de exportabilidade para tornar mais fácil para as empresas britânicas o exportarem o mesmo equipamento sem uma adaptação cara. • Enfrentar a escassez de habilidades de engenharia através do aumento do número de aprendizes. • Tratar os problemas de financiamento mediante um novo fórum de finanças do setor aeroespacial e a formação de consultores especializados em um banco britânico.
Automotivo	**UK Automotive Council (criado em 2009)**	Conseguir £ 3 bilhões em novos negócios para o Reino Unido no setor automotivo e capturar uma porcentagem maior da cadeia de valor de componentes para fornecedores baseados no Reino Unido	• Criar uma catapulta de sistemas de transporte e uma plataforma de inovação de veículos de baixo carbono para incentivar o desenvolvimento de novos veículos tecnologicamente avançados no Reino Unido. • Garantir que não haja escassez de competências e habilidades no setor e que trabalhadores qualificados sejam substituídos
Ciências da Vida	**Medicines Manufacturing Industry Partnership (MMIP); Ministerial Medical Technologies Strategy Group (MMTSG)**	Construir um ecossistema de ciências da vida envolvendo universidades, organizações de pesquisa, empresas e o NHS; atrair, desenvolver e premiar os melhores talentos; superae barreiras e criar incentivos para a promoção da inovação em saúde.	• Utilizar a marca global do Sistema Nacional de Saúde (NHS) para promover as exportações e incentivar a colaboração com instituições estrangeiras de pesquisa. • Incentivar financeiramente o investimento em novos medicamentos por meio da construção de um sistema fiscal competitivo que favoreça o patenteamento de invenções no Reino Unido. • Reduzir os entraves burocráticos ao acesso dos pacientes do Reino Unido aos medicamentos experimentais e à participação em testes e aprovação de medicamentos em estágio inicial.
Tecnologias agrícolas	**Agri-Tech Leadership Council**	Tornar o Reino Unido um centro mundial de excelência em segurança alimentar e especialização agrícola	• Reduzir o custo da regulamentação do setor e aumentar o investimento em pesquisa, aproveitando o financiamento adicional de fundações privadas e estrangeiros • Estabelecer Centros de Inovação Agrícola para enfrentar os principais desafios do setor e um catalisador agro-tecnológico para fazer a transição das inovações para a comercialização
Nuclear	**Nuclear Industrial Council (NIC)**	Tornar o Reino Unido um líder mundial no desmantelamento de instalações nucleares e gestão de resíduos e aumentar as exportações no novo mercado de construção; Aumentar a porcentagem da cadeia de valor nuclear do Reino Unido capturada por empresas britânicas.	• Construir novos reatores nucleares no Reino Unido sem estender um subsídio direto aos fornecedores e com a exigência de que adotem uma estratégia comleta de desmantelamento. • Colaboração com os Estados Unidos no desenvolvimento de um novo tipo de projeto de reator e com os franceses para construir um reator nuclear e instalações de testes
Energia Eólica de Alto Mar	**Offshore Wind Industry Council**	Manter o Reino Unido na liderança mundial na indústria de energia eólica de alto mar.	• Criar uma Catapulta em energia renovável offshore para coordenar pesquisa no Reino Unido e subsidiar projetos de demonstração. • Fixar os preços do mercado de eletricidade para permitir o investimento a longo prazo em geração de energia eólica não rentável. • Incentivar a inovação por meio do novo Banco de Investimento Verde (GIB) e garantir empréstimos privados. • Promover o setor como uma escolha de carreira para engenheiros qualificados e para potenciais fornecedores do Reino Unido para capturar uma parcela maior da cadeia de fornecimento de energia eólica do Reino Unido para empreas domésticas.
Alimentos e bebidas	**UK Food & Drink Council**	Crescimento de 20% até 2020	• Tabalhar para garantir que o setor tenha acesso às matérias-primas de qualidade necessárias para continuar a inovar e crescer • Enfrentar a escassez de habilidades do setor por meio da reforma do programa governamental de aprendizagem.
Compósitos	**Composites Leadership Forum (CLF)**	Manter a posição do Reino Unido como um dos principais locais do mundo para pesquisa e exploração comercial de materiais e processos compósitos.	• Ampliação do Centro Nacional de Compósitos, criado em 2011.
Eletroeletrônica	**Electronic Systems Council (ESCO)**	Fortalecer o setor para que se torne um líder mundial em uma ampla gama de tecnologias eletrônicas. Criar mais 150.000 empregos no setor (elevando o total para 1 milhão); Aumentar sua contribuição anual para a economia do Reino Unido em 50% para um total de £ 120 bilhões (equivalente a 7,1% do PIB) até 2020.	• Impusionar a inovação por meio de compras governamentais. • Proteção de propriedade intelectual. • Desenvolver uma base de habilidades que forneça à indústria do Reino Unido (horizontal e vertical) os recursos necessários para aproveitar os futuros mercados, ampliando a gama de aprendizes e estudantes disponíveis.
Químico	**Chemistry Growth Partnership (CGP)**	Alcançar um crescimento no valor adicionado bruto do setor da ordem de 50% até 2030	• Garantir que a energia e as matérias-primas para a fabricação de produtos químicos estejam disponíveis, acessíveis e ambientalmente otimizadas.
Ferroviário	**Rail Supply Group**	Fortalecer a capacidade e a competitividade da cadeia de fornecimento da indústria ferroviária do Reino Unido para expandir os negócios no país e no exterior.	Informação não disponível

Fonte: UK HM Government. *Industrial Strategy*: Government and industry in partnership. Progress Report, Department for Business, Innovation and Skills (BIS), April 2014/ The ESCO Report: A Blueprint for UK Economic Growth; e informações disponíveis nos *sites* dos conselhos setoriais. Elaboração IEDI.

A parceria entre o governo britânico e o setor da indústria eletrônica merece destaque, pois esse setor industrial é considerado como um dos que mais impulsionam a inovação e criatividade em qualquer economia desenvolvida. Embora não tenha sido classificado como setor-chave na Estratégia Industrial, é também conhecido como um setor industrial "horizontal", dado que reúne habilidades e conhecimentos compartilhados que afetam muitos setores "verticais", tais como: aeroespacial, automotivo e automação.

O Conselho de Eletrônica e Sistemas Elétricos (ESCO) representa as indústrias eletroeletrônicas, incluindo empresas que projetam, implantam e suportam *hardwares* construídos usando uma combinação de chips eletrônicos altamente integrados e de baixíssima potência; sistemas eletrotécnicos de média e alta potência e *software* integrado (o *software* de baixo nível que controla o *hardware*). Atualmente denominado ElecTech Council, esse Conselho é um grupo crescente de empresas, abrangendo empresas Tier1 da cadeia de suprimento, PMEs e *start-ups*, apoiadas por vários departamentos governamentais, para representar e impulsionar o suporte para o setor da indústria ElecTech, que é o coração de todo sistema de automação e de todos os robôs.

As prioridades estabelecidas para esse setor incluem: enfrentar os desafios de escassez de competências e habilidades do setor; assumir um papel de liderança na área de automação industrial; acelerar o crescimento em outros setores por meio do uso de seus sistemas eletrônicos nas cadeias de fornecimento do Reino Unido; e capitalizar as oportunidades potenciais de crescimento oferecidas pela Internet das Coisas (IoT).

A ênfase à P&D e à industrialização de tecnologias emergentes relacionadas à indústria de transformação é outro aspecto importante da Estratégia Industrial britânica. A grande maioria das oito prioridades tecnológicas definidas pela Estratégia Industrial – *Big data* e a computação com eficiência energética; Satélites e aplicações comerciais do espaço; Robótica e sistemas autônomos; Ciências da vida, genômica e biologia sintética; Medicina regenerativa; Agrociência; Materiais avançados e nanotecnologia; Energia e seu armazenamento – tem impacto direto no setor industrial.

No orçamento do ano fiscal de 2012/2013, foi incluída uma dotação adicional de £ 600 milhões para financiamento da pesquisa científica. Esse montante se somou ao orçamento de ciência e tecnologia de £ 4,6 bilhões por ano, cujos recursos são vinculados e protegidos de cortes em momentos de ajuste fiscal.

A Estratégia Industrial contou com dotação superior a £ 4 bilhões, com intuito de mobilizar bilhões a mais em recursos do setor privado. Desse total, £ 1 bilhão foi

destinado à criação do banco de desenvolvimento British Business Bank, cuja missão é facilitar o acesso das empresas, em particular PMEs, ao financiamento bancário. A ideia é que pequenas somas de financiamento público sejam fornecidas para alavancar o financiamento privado. O montante de £ 1 bilhão foi direcionado ao financiamento, em conjunto com o setor privado, de iniciativas tais como: a criação do Instituto de Tecnologia Aeroespacial, do Centro de Propulsão Avançada, projetos de desenvolvimento de competências em setores e tecnologias. E os dois bilhões restantes foram destinados ao Green Investment Bank (GIB), criado em 2012 para financiar a infraestrutura de baixo carbono, e privatizado em 2016.

Com intuito de impulsionar o uso mais estratégico das compras governamentais, o governo britânico fixou, em 2013, uma meta £ 200 milhões ao ano para o programa SBRI, voltado à promoção de inovação e crescimento de pequenas empresas de base tecnológica. Todavia, essa meta ainda não havia sido alcançada em 2016, dado que há muitos departamentos que não usam o SBRI.

Com a vitória do partido conservador nas eleições de 2015, a execução de algumas iniciativas da Estratégia Industrial foi descontinuada ou se arrefeceu, enquanto outras como o projeto da Rede Catapulta, que se beneficiava de apoio suprapartidário, continuaram a contar com apoio firme do novo gabinete. A aprovação plebiscitária da saída do Reino Unido da União Europeia (Brexit) em julho de 2016 reforçou, todavia, a necessidade de o país contar com uma indústria de transformação forte e tecnologicamente avançada, capaz de competir globalmente pelas oportunidades de mercado criadas pelas novas tecnologias emergentes.

A Nova Estratégia Industrial do Reino Unido

Uma das primeiras ações da nova líder do partido conservador, que substituiu David Cameron nas funções de primeiro ministro em julho de 2016, foi criar um novo ministério, o Departamento de Empresas, Energia e Estratégia Industrial (BEIS). Sinalizando, como ressalta COLEBROOK (2016), a intenção do novo governo de lançar uma abordagem mais intervencionista e ambiciosa da política econômica. De fato, sob o comando de Theresa May, o governo do Reino Unido lançou um documento oficial de consulta e debate (*Building our Industrial Strategy*, Green Paper, Department for Business, Energy and Industrial Strategy - BEIS, January 2017), em janeiro de 2017, sobre uma nova estratégia industrial, elaborada em torno de dez pilares, que se reforçam mutuamente:

1. Investir em ciência, pesquisa e inovação, com vistas a tornar o Reino Unido uma economia mais inovadora e fazer mais para comercializar a base científica líder mundial;

2. Desenvolver habilidades, ajudando as pessoas e as empresas a prosperar: garantindo que todos tenham as habilidades básicas necessárias em uma economia moderna baseada em conhecimento;

3. Modernizar a infraestrutura, atualizando os padrões de desempenho em infraestrutura de defesa digital, de energia, transporte, água e inundação, e alinhando melhor o investimento em infraestrutura do governo central com as prioridades de crescimento locais;

4. Apoiar as empresas a iniciar atividades e a crescer, garantindo acessar as habilidades financeiras e administrativas necessárias para crescer e criando as condições certas para as empresas investirem no longo prazo;

5. Melhorar a compras governamentais, utilizando-as de modo estratégico para impulsionar a inovação e permitir o desenvolvimento das cadeias de fornecimento no Reino Unido.

6. Incentivar o comércio e o investimento direto estrangeiro para impulsionar a produtividade e o crescimento em toda a economia;

7. Fornecer energia acessível e crescimento limpo, de modo a manter os custos baixos para as empresas e garantir os benefícios econômicos da transição para uma economia de baixo carbono;

8. Cultivar os setores líderes mundiais, aproveitando as vantagens competitivas e ajudar novos setores a florescer, em muitos casos desafiando os incumbentes.

9. Impulsionar o crescimento em todo o país, criando uma estrutura para aproveitar e manter os pontos fortes de diferentes lugares;

10. Criar instituições certas para reunir setores e locais, avaliando as melhores estruturas para apoiar pessoas, indústrias e lugares.

Após receber contribuições de mais de 2.000 empresas e organizações de todas as partes do Reino Unido, o governo britânico lançou, em novembro de 2017, o documento final (*Industrial Strategy*: Building a Britain fit for the future. White Paper, BEIS, November 2017) da nova estratégia industrial, com vista a promover o aumento da

produtividade. A Estratégia Industrial estabeleceu também quatro Grandes Desafios em áreas nas quais o Reino Unido pode liderar a revolução tecnológica mundial:

- Inteligência artificial e *big data* – colocar o Reino Unido na vanguarda da inteligência artificial e da revolução dos dados;
- Crescimento limpo – maximizar as vantagens e oportunidades para a indústria do Reino Unido na transição do mundo para uma economia de baixo carbono;
- Mobilidade – tornar o Reino Unido líder mundial na forma como pessoas, bens e serviços se movem;
- Sociedade em Envelhecimento – aproveitar o poder da inovação para ajudar a satisfazer as necessidades de uma sociedade em envelhecimento.

A nova Estratégia Industrial do Reino Unido busca fortalecer os cinco fundamentos da produtividade, estabelecendo para cada um deles objetivos ambiciosos e ações de política: Ideias, Pessoas, Infraestrutura, Ambiente de Negócio e Locais. Por questão de espaço, essa resenha apresenta maiores detalhes apenas sobre os temas Ideias e Ambientes de Negócios.

Reino Unido - Objetivos e Ações de Política da Estratégia Industrial de 2017

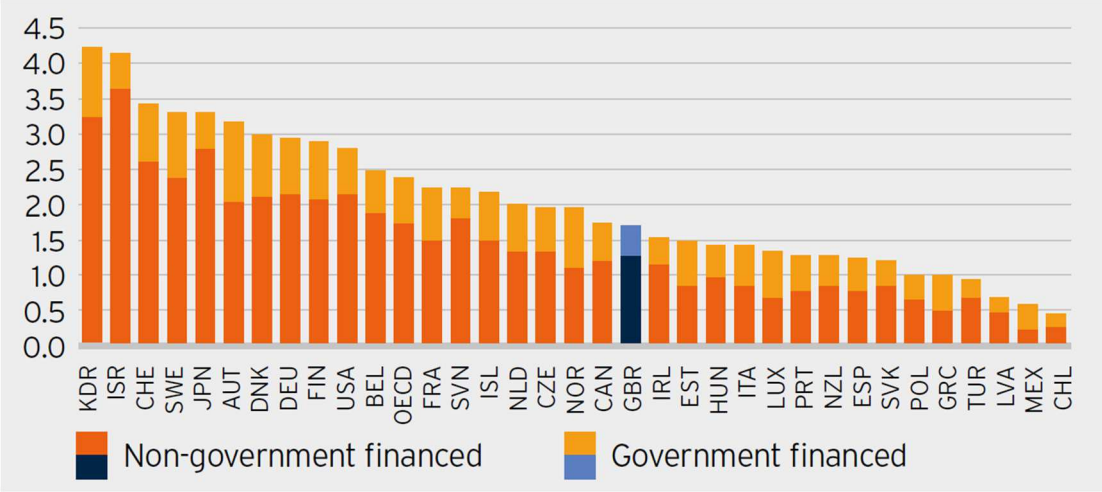
Fundamentos da Produtividade	Objetivos	Ações de Política
Ideias	Ser a economia mais inovadora do mundo	• Aumentar o investimento total em pesquisa e desenvolvimento (P & D) para 2,4% do PIB até 2027 • Aumentar a taxa de crédito fiscal para P & D para 12% • Investir £ 725 milhões em novos programas do Fundo de Desafio da Estratégia Industrial para capturar o valor da inovação
Pessoas	Criar bons empregos e maior poder aquisitivo para todos	• Estabelecer um sistema de educação técnica que rivalize com os melhores do mundo •Investir um adicional de £ 406m em matemática, educação digital e técnica para reduzir a escassez de habilidades em ciência, tecnologia, engenharia e matemática (STEM) • Criar um novo Esquema Nacional de Reeducação que apoie as pessoas na requalificação, começando com um investimento de £ 64m para treinamento digital e de construção
Infraestrutura	Efetuar uma importante modernização da infraestrutura do Reino Unido	• Aumentar o Fundo Nacional de Investimento em Produtividade para £ 31 bilhões, apoiando investimentos em transporte, habitação e infraestrutura digital • Promover veículos elétricos por meio de investimento de infraestrutura de carregamento de £ 400 milhões de libras esterlinas e um adicional de £ 100 milhões para estender a subvenção ao carro *plug-in* • Impulsionar a infraestrutura digital com mais de £1 bilhão de investimento público, incluindo £ 176 milhões para 5G e £ 200 milhões para áreas locais de modo a incentivar a implantação de redes de fibra total
Ambiente de Negócios	Tornar o Reino Unido o melhor lugar para começar e fazer crescer um negócio	• Lançamento e realização de acordos setoriais - parcerias entre governo e indústria com o objetivo de aumentar a produtividade do setor • Mobilizar mais de £ 20 bilhões em investimentos em negócios inovadores e de alto potencial de crescimento, • Lançar uma revisão das ações que poderiam ser mais eficazes para melhorar a produtividade e o crescimento das pequenas e médias empresas
Locais	Comunidades prósperas em todo o Reino Unido	• Acordar Estratégias Industriais Locais que se baseiam nos pontos fortes locais e proporcionem oportunidades econômicas • Criar um novo fundo para as Cidades Transformadoras que fornecerá £ 1,7 bilhão para o transporte intracidades • Fornecer £ 42 milhões para um Prêmio de Desenvolvimento de Professores em locais mais atrasados

Fonte: UK HM Government, *Industrial Strategy*: Building a Britain fit for the future. White Paper, Department for Business, Energy & Industrial Strategy (BEIS), November 2017. Elaboração IEDI.

Ideias como fundamento da produtividade se refere basicamente à inovação no sentido amplo, ou seja, novas ideias, novas formas de fazer as coisas, novos produtos e serviços, novas tecnologias e novos modelos de negócios. Para tornar o Reino Unido, a economia mais inovadora do mundo, a Estratégia Industrial propõe enfrentar quatro desafios principais.

O primeiro desafio é que nem o governo nem o setor privado estão investindo o suficiente em pesquisa e desenvolvimento, o que inibe ganhos de produtividade dos negócios e dos serviços públicos. Mesmo considerando a estrutura da economia britânica, dominada pelos serviços e não pela indústria de transformação, setor tradicionalmente intensivo em P&D, o país investe comparativamente pouco. O Reino Unido investe menos em P&D do que a maioria de seus principais concorrentes: apenas 1,7% do PIB ante a 2,8% do PIB nos Estados Unidos, 2,9% do PIB na Alemanha e 2,3% na França. Isso significa que o Reino Unido corre o risco de perder a corrida mundial para desenvolver as tecnologias e inovações que moldarão os negócios e mercados do futuro.

Gastos Domésticos Brutos com P&D por Fonte de Financiamento em % do PIB, 2015



Extraído de: UK HM Government, *Industrial Strategy*: Building a Britain fit for the future. White Paper, Department for Business, Energy & Industrial Strategy (BEIS), November 2017, pág. 62.

O investimento empresarial em P&D no Reino Unido é relativamente baixo. As atividades de P&D realizadas pelas empresas estão concentrada em um pequeno número de grandes empresas e em um pequeno número de setores, como farmacêuticos, veículos automotores e tecnologias de computação e informação. De fato, cerca de 400 empresas são responsáveis pouco mais de três quartos do investimento britânico privado em P&D. Comparativamente aos seus concorrentes europeus, um número menor de PMEs britânicas introduzem novos produtos e processos. Além disso, os dados mais recentes mostram que a força da pesquisa no Reino Unido está sendo desafiada pelas economias emergentes.

O segundo desafio é melhorar a capacidade de transformar ideias inovadoras interessantes em produtos e serviços comerciais e capturar seu valor máximo no próprio país. Houve grandes avanços nas universidades e laboratórios de pesquisa britânicos comprados por empresas globais - de ressonância magnética nos anos 1970, baterias de

íons de lítio nos anos 1980, anticorpos monoclonais nos anos 1990 e sequenciamento genético na década de 2000. Porém, todas essas ideias pioneiras do Reino Unido foram desenvolvidas em outros lugares ou compradas por empresas do exterior. No âmbito das atividades de P&D, o desenvolvimento precisa de um impulso especial.

Grande parte da inovação britânica tende a estar em áreas como *software* e imagem de marca, incluindo *marketing* e publicidade, que muitas vezes exigem menos capital paciente para financiá-los. O país é forte em inovações de baixo custo e *start-ups* flexíveis, mas o processo longo e paciente de colocar uma nova tecnologia no mercado é difícil. Como resultado, muitas empresas inovadoras são ágeis, flexíveis e imaginativas, mas não se tornam substanciais, grandes ou fortes. Há exceções, mas, em geral, as atividades de P&D das empresas britânicas tende a favorecer rotas rápidas para o mercado, em vez de longos períodos de desenvolvimento, e a vender as empresas para seu crescimento.

O terceiro desafio é construir excelência em pesquisa e inovação em todo o Reino Unido. Há P&D de classe mundial e inovação sendo realizado em toda parte do país, desde excelentes pesquisas em departamentos universitários e organizações de pesquisa pública até investimentos de empresas líderes. Porém, é preciso aproveitar esses pontos fortes e promover os ecossistemas locais que podem apoiar a inovação e o crescimento sustentado.

O quarto e último desafio é garantir que o Reino Unido continue sendo um líder mundial em colaboração global em ciência e inovação. Um total de 17% do investimento britânico em P&D é financiado pelo exterior e metade do P&D privado no país foi realizado por empresas de propriedade estrangeira. Metade de todas as publicações de pesquisa científica do Reino Unido em 2014 foi coautoria internacional – uma parcela que tem aumentado a cada ano desde 2010 – com esses artigos tendendo a ter uma pontuação mais alta em excelência e impacto. Mas a liderança do Reino Unido está sendo desafiada pelas economias emergentes e pela concorrência crescente na atração de talento de pesquisa e o investimento privado.

De acordo com o governo britânico, se esses desafios foram enfrentados, o país será mais forte não apenas em P&D e inovação mais ampla, mas também em maximizar os benefícios de produtividade e poder aquisitivo para empresas e pessoas em todo o país. A ambição do governo May é tornar o Reino Unido, até 2030, o país mais inovador do mundo: um lar para as mais dinâmicas empresas na vanguarda de novas tecnologias e processos. Isso significa investir em P&D e nas habilidades necessárias em um ambiente

de trabalho em mutação para maximizar as recompensas e os benefícios que a inovação pode trazer para todos.

Na Estratégia Industrial, o governo May estabelece o objetivo de elevar a 2,4% do PIB o investimento bruto total em P&D até 2027 e a atingir 3% do PIB no longo prazo, colocando o Reino Unido no primeiro quartil dos países da OCDE. Para alcançar essa meta, será necessário aumentar o investimento público e privado em P&D em até £ 80 bilhões por ano durante os próximos dez anos. O governo se compromete a elevar o investimento público em P&D de cerca de £ 9,5 bilhões no ano fiscal 2016/17 para cerca de £ 12,5 bilhões no ano fiscal de 2021/22, destinando estrategicamente esses recursos extras para tecnologias e ideias mais próximas da etapa de comercialização de modo a impulsionar a competitividade do Reino Unido.

Entre outras medidas, o governo investirá mais £ 725 milhões em uma segunda rodada do programa Desafio de Estratégia Industrial para responder a alguns dos maiores desafios e oportunidades globais: da mudança climática à automação. Essa iniciativa reunirá a pesquisa de classe mundial no Reino Unido com investimento empresarial para desenvolver as tecnologias e indústrias do futuro e garantir que o valor dessas inovações seja captura pela economia doméstica.

O governo britânico investirá £ 300 milhões nos próximos três anos em talentos de nível mundial, inclusive em áreas prioritárias alinhadas à Estratégia Industrial, como inteligência artificial, para aprimorar a força de trabalho qualificada e atrair investimentos em P&D do setor privado. Esse investimento se concentrará na colaboração e no fluxo de pessoas entre a indústria e a academia, e a pesquisa e inovação interdisciplinares e de ponta para apoiar o programa da Estratégia Industrial. O apoio incluirá desde parcerias de transferência de conhecimento e programas de doutoramento a prêmios de prestígio para estrelas em ascensão e os melhores talentos do Reino Unido e do estrangeiro.

Para incentivar o investimento privado em P&D, o governo britânico propôs elevar de 11% a 12% o crédito fiscal para os gastos com P&D a partir de 1º de janeiro de 2018. Para dar às empresas a confiança necessária para tomar decisões de investimento em P&D, o governo lançará, igualmente, um novo Serviço de Liberação Avançada de Créditos por Gastos com P&D. Também trabalhará com empresas de pequeno e médio porte, e aquelas que desenvolvem tecnologias novas e emergentes, para garantir que possam acessar o montante máximo de apoio dos créditos fiscais de P&D e lançará uma campanha para aumentar a conscientização nesses setores.

O governo também se comprometeu a melhorar o mercado de compras públicas, importante fonte de financiamento para empresas inovadoras. O Reino Unido possui um programa de pesquisa em inovação para pequenas empresas (SBRI), o qual, contudo, não é tão eficaz quanto o seu similar norte-americano (SBIR), na utilização do instrumento de compras públicas para promover a inovação. Assim, na Estratégia Industrial, o governo May se comprometeu a reorientar o programa SBRI para aumentar seu impacto para as pequenas empresas inovadoras e a capacitar o setor público para impulsionar a produtividade. Como primeiro passo, em novembro de 2017, foi lançado uma iniciativa denominada GovTech Catalyst com dotação de até £ 20 milhões em três anos, que usará o SBRI para apoiar empresas de tecnologia que forneçam soluções inovadoras para serviços públicos mais eficientes.

A Estratégia Industrial prevê um papel crescente para os Centros Catapulta que, como foi visto, são peças-chave do sistema nacional de inovação do Reino Unido, ajudando acelerar a comercialização de tecnologias novas e emergentes. As Catapultas irão receber financiamento governamental em um montante provisório de £ 178 milhões. Em 2018, o governo deverá discutir os planos de negócio de modo a assegurar o financiamento de longo para essas organizações que fazem a ponte entre as empresas, a academia e o setor público, reunindo as melhores pessoas em seus campos, para trabalhar lado a lado em pesquisa e desenvolvimento em estágio avançado e transformar ideias de alto potencial em novos produtos e serviços.

No que se refere ao ambiente de negócios, embora o país já possua uma reputação mundial como um bom lugar para negócios, a Estratégia Industrial tem como objetivo tornar o Reino Unido o melhor lugar para começar e fazer crescer um negócio, atraindo inovadores de todo o mundo. Com esse intuito, o governo britânico pretende atuar para impulsionar a produtividade em empresas de todos os tamanhos, aumentando a colaboração como o setor privado e com universidades e instituições de pesquisa, desenvolvendo habilidades dos trabalhadores, garantindo que todos tenham a oportunidade de um bom trabalho e empregos com altos salários. Igualmente, pretende garantir que o setor financeiro esteja mais bem conectado ao resto da economia, gerando investimentos impactantes.

O Reino Unido abriga um dos grandes centros financeiros do mundo, com acesso a um profundo mercado de capital e investidores domésticos e estrangeiros atraídos pela reputação de jurisdição rigorosa. Todavia, essa vantagem não é interinamente aproveitada para fornecer acesso a financiamento para empresas em crescimento. As empresas iniciantes e as pequenas empresas de base tecnológica com alto potencial de

crescimento ainda enfrentam obstáculos na obtenção de financiamento para ampliar suas atividades e atingir todo o seu potencial.

Para ajudar empresas inovadoras de alto crescimento a alcançar seu potencial, o governo May lançou um plano de ação para mobilizar mais de £ 20 bilhões de investimento nessas empresas nos próximos 10 anos mediante:

- Criação um novo fundo de investimento de £ 2,5 bilhões, incubado no British Business Bank, para ser comercializado ou vendido uma vez que tenha estabelecido um histórico suficiente. O fundo, por meio de co-investimento com o setor privado, liberará um investimento total de £ 7,5 bilhões, garantindo que as empresas possam ter acesso ao capital de que precisam para crescer e se tornar líderes mundiais;

- Ampliação significativa do apoio que as empresas intensivas em conhecimento podem receber através do Esquema de Investimento Empresarial (EIS, na sigla em inglês) e dos Trusts de Venture Capital (VCTs, na sigla em inglês), liberando mais de £ 7 bilhões de novos investimentos;

- Fornecimento de capital semente, através do British Business Bank, para série de fundos de fundos do setor privado, com uma primeira onda de investimento de até £ 500 milhões de libras esterlinas, entregue, desbloqueando o dobro desse investimento em capital privado. Até duas novas ondas serão lançadas, atraindo um total de até £ 4 bilhões de investimento.

- Apoio a gestores de fundos novos e emergentes através do programa *Enterprise Capital Fund* do British Business Bank, apoiando pelo menos £ 1,5 bilhão em novos investimentos;

- Apoio ao investimento estrangeiro no mercado britânico de capital de risco, o que deverá gerar £ 1 bilhão de investimento.

Na Estratégia Industrial, o governo britânico também se compromete a promover o investimento de longo prazo, fornecendo confiança aos fundos de pensão de que, como parte de um portfólio diversificado, podem investir em ativos que respaldam empresas inovadoras. Como os fundos de pensão britânicos detêm mais de £ 2 trilhões em ativos, pequenas mudanças na carteira de investimento têm o potencial de transformar a oferta de capital para empreendimentos inovadores.

Nessa nova Estratégia Industrial, as parceiras setoriais, agora denominadas de Acordo Setoriais, continuam desempenhando um papel-chave na identificação de temas considerados prioritários pelas empresas para a transformação dos seus setores e que exigem ação governamental. O governo May reconhece o sucesso das iniciativas dos sucessivos governos na presente década e, embora enfatize que nenhuma iniciativa setorial deve ser uma estratégia para a incumbência, razão pela qual o governo encorajará abertamente as empresas futuras, bem como os *players* existentes, se compromete a trabalhar efetivamente com os setores existentes e emergentes; ajudando a identificar onde as intervenções específicas podem ajudar a aumentar a produtividade.

Alguns acordos setoriais já foram firmados (ciências da vida, construção, inteligência artificial e setor automotivo), enquanto outros estão em discussão. Esses são os casos dos setores de indústrias criativas e de digitalização industrial.

A proposta de parceria entre o setor de tecnologias de digitalização industrial e o governo britânico, apresentada no documento *Made Smarter:* Review 2017, foi elaborada, sob a liderança do professor Juergen Maier, principal executivo da Siemens no Reino Unido, com contribuição expressiva da comunidade empresarial, incluindo pequenas empresas, bem como de universidades líderes e investidores globais de vários setores industriais. O documento enfatiza que uma forte parceria entre empresas industriais e o governo e um foco na liderança, na adoção de tecnologias digitais industriais (IDT, na sigla em inglês) e em inovação digital podem tornar o Reino Unido um líder global na promoção da quarta revolução industrial. Também sugere a criação de um "órgão nacional, a Comissão *Made Smarter UK* (MSUK), abrangendo indústria, governo, academia, educação complementar e organizações líderes de pesquisa e inovação, que seriam responsáveis pelo desenvolvimento do país como líder em tecnologias e habilidades de digitalização industrial, com um mandato para desenvolver a marca doméstica e global da Indústria 4.0 do Reino Unido".

Setor de ciências da vida. O Acordo entre setor de ciências da vida e governo visa, por exemplo, assegurar que o Reino Unido permaneça na vanguarda da inovação neste setor transformador e multibilionário (£ 64 bilhões em faturamento e empregando mais de 233.000 cientistas e funcionários). Esse setor, que inclui a indústria farmacêutica, reúne grandes empresas líderes mundiais, como a GSK e a AstraZeneca, um forte setor de pequenas e médias empresas, grandes instituições sem fins lucrativos para a saúde, como o *Wellcome Trust* e o *Cancer Research UK*. Esse acordo setorial ajudará a garantir que novos tratamentos pioneiros e tecnologias médicas sejam produzidos no Reino Unido, melhorando a vida dos pacientes e dirigindo crescimento econômico. O acordo

envolve investimentos substanciais do setor privado e do setor beneficente e compromissos significativos do governo em pesquisa e desenvolvimento.

Setor de Inteligência artificial. O acordo com o setor de Inteligência artificial estabelecerá uma parceria duradoura entre a indústria, a academia e o governo por meio do Conselho de Inteligência Artificial do Reino Unido, onde todos os parceiros trabalharão juntos para promover a aplicação segura e justa dessa tecnologia. O acordo contém compromissos mútuos para incentivar o compartilhamento responsável de dados para desenvolver novos valores e garantir que o Reino Unido produza e retenha o melhor talento global. O governo britânico investirá £ 45 milhões para apoiar doutorados adicionais em inteligência artificial e disciplinas relacionadas e para criar um prestigiado programa de bolsas estudos em inteligência artificial. Também irá trabalhar junto com o setor para desenvolver um programa de mestrado financiado pela indústria.

O acordo reconhece a importância crítica da disponibilidade de dados e seu uso responsável para as empresas na vanguarda do desenvolvimento de aplicativos de inteligência artificial. O governo e a indústria trabalharão juntos para estabelecer relações de confiança de dados, uma abordagem inovadora para estimular o compartilhamento justo, seguro e equitativo de dados entre as partes.

Setor automotivo. O acordo com o setor automotivo baseia-se na parceria de longa data do governo com o setor e procura assegurar que o Reino Unido continue a colher os benefícios da transição para veículos com emissão ultrabaixa e de emissão zero e a construir a cadeia de suprimentos ágil, inovadora e competitiva em termos de custo, necessária para garantir a mobilidade internacional do investimento e ancorar produção industrial de alto valor no país.

O setor automotivo britânico é uma grande história de sucesso. O setor é o terceiro maior produtor europeu de automóveis e registra a maior produtividade entre os principais países europeus produtores de automóveis. O setor emprega 159.000 pessoas diretamente na fabricação de veículos, com um adicional de 238.000 na cadeia de fornecimento, proporcionando empregos altamente qualificados e bem remunerados.

A transição para emissões ultrabaixas e veículos autônomos e conectados (CAV) oferece uma oportunidade para maximizar os benefícios econômicos para a cadeia de suprimentos do Reino Unido. A estreita parceria do governo e da indústria já levou a melhorias significativas na competitividade da cadeia de suprimentos do Reino Unido nos últimos anos, aumentando o nível de conteúdo do Reino Unido em veículos produzidos nacionalmente de 36% em 2011 para 44% em 2016.

O governo, através do Centro de Propulsão Avançada Center, já está apoiando o desenvolvimento de tecnologias de baixo carbono que formarão a base das futuras cadeias de fornecimento de CAV. A fim de manter a posição como líder global, o governo e a indústria definiram ações específicas para desenvolver este trabalho.

O aumento da produtividade e da competitividade dos fornecedores britânicos da cadeia automotiva, especialmente à medida que surgem novas cadeias de valor, é considerado fundamental para o setor. Um programa de melhoria de produtividade liderado pela indústria será lançado para áreas-alvo onde as empresas precisam melhorar para se equiparar às melhores da Europa. O programa fornecerá treinamento sob medida e processos de negócios aprimorados para ajudar a construir a cadeia de suprimento verticalmente integrada necessária para produção em volume da futura geração de veículos no país. Isso irá apoiar a ambição setorial de aumentar o nível de conteúdo do Reino Unido em veículos produzidos nacionalmente para 50% até 2022.

Visão dos Empresários sobre os Avanços e Debilidades do Reino Unido na Adoção das Tecnologias da 4ª Revolução Industrial

O *Made Smarter:* Review 2017 traz uma avaliação detalhada do "estado da arte" dessas tecnologias associadas à Quarta Revolução Industrial no Reino Unido. Segundo o documento, a aplicação de tecnologias digitais industriais (IDTs), como manufatura aditiva, inteligência artificial e robótica, internet industrial das coisas (IIoT), análise de dados e realidade virtual já resultou em melhorias transformacionais na produtividade das empresas que exploraram seu potencial, mas existe a oportunidade de ir mais longe.

As estimativas realizadas pela equipe responsável pela elaboração do *Made Smarter* indicam que o impacto positivo de inovação mais rápida e da adoção de IDTs poderia chegar a £ 455 bilhões para a indústria britânica na próxima década, aumentando o crescimento do setor manufatureiro entre 1,5% e 3% ao ano, criando um ganho líquido de 175.000 empregos em toda a economia (estimativa conservadora) e reduzindo as emissões de CO2 em 4,5%. No geral, a partir dos dados e evidências coletadas, a produtividade industrial no Reino Unido pode ser melhorada em mais de 25% até 2025.

O Reino Unido já possui uma forte combinação de pesquisa e desenvolvimento de ponta e vários setores de alto desempenho na aplicação da digitalização no projeto, produção e prestação de serviço pelas empresas industriais. Alguns exemplos:

- A indústria aeroespacial já está apoiando o desenvolvimento e a adoção de tecnologias específicas, que definirão a revolução da digitalização industrial, incluindo manufatura aditiva, robôs colaborativos, inteligência artificial, análise de dados e realidade virtual e aumentada (VR e AR).

- Empresas, como a Unilever e AB Sugar, são líderes na aplicação das IDT para tratar da sustentabilidade. Dentro do setor de alimentos e bebidas, o Reino Unido é visto como um líder global em sistemas de monitoramento de refrigeração via IoT e em sistemas de segurança e rastreabilidade de alimentos.

- O Reino Unido tem o mercado mais forte de IA e aprendizado de máquina na Europa, com mais de 200 PMEs (em comparação com apenas 81 na Alemanha e 50 nos países nórdicos e na França).

- O Reino Unido está investindo significativamente em áreas-chave de infraestrutura, como as energias renováveis (devido ao forte incentivo a esse setor), que oferece uma oportunidade para estimular a criação de novas cadeias de fornecimento locais com um alto índice de adoção de IDTs.

Todavia, a adoção e aplicação das tecnologias digitais não são consistentes em todos os setores industriais. O país não está aproveitando essas vantagens potenciais, aplicando essas tecnologias de maneira coordenada e estratégica. O *Made Smarter* identificou três temas que limitam a capacidade do Reino Unido de atingir seu potencial.

1. Falta de liderança efetiva da digitalização industrial. Não há uma liderança nacional intersetorial que ofereça visão, direção e coordenação estratégicas voltadas para o mercado, de modo que o país possa maximizar as oportunidades e estabelecer uma abordagem e oferta claras para os investidores estrangeiros.

2. Baixos níveis de adoção de tecnologia digital e de automação, particularmente entre as PME. As empresas, e em particular as PMEs, enfrentam obstáculos significativos à adoção, como riscos em relação à segurança cibernética e falta de padrões comuns que permitam a conexão de diferentes tecnologias. As empresas também enfrentam escassez de habilidades, especialmente em recursos de engenharia digital.

3. Ativos de inovação insuficientemente alavancados para apoiar *start-ups* / *scale-ups.* Embora o Reino Unido seja líder em pesquisa e inovação e conte com uma

infraestrutura de suporte para desenvolver e comercializar tecnologia, esses ativos de inovação não estão sendo, suficientemente, alavancados e focados no apoio às *start-ups* de IDTs. Com isso, o país está ficando para trás na criação de novas empresas e indústrias inovadoras nesse setor.

Maiores detalhes sobre os avanços e debilidades do Reino Unido nas principais tecnologias de IDTs são apresentados a seguir.

Manufatura Aditiva. A Manufatura Aditiva (AM, na sigla em inglês) ou Impressão 3D apresenta uma oportunidade de transformar radicalmente determinados ciclos de vida de produção industrial, alterando os próprios limites do que pode ser produzido física e economicamente. Embora a AM atualmente só possa ser aplicada a certos casos de utilização manufatureira específicos, ela é, no entanto, considerada um facilitador-chave do que está sendo denominado como a 4ª Revolução Industrial e está no coração da indústria de transformação de alto valor (HVM).

O Reino Unido está entre os líderes mundiais em pesquisa, inovação e adoção da tecnologia AM para aplicações de alto desempenho nos setores médico, aeroespacial e outros setores da indústria. É uma força global em materiais avançados, tecnologia, ciências da vida e fabricação de alto valor. Está equipado com uma forte capacidade em universidades, catapultas e organizações de P&D. O país conta com uma base relativamente pequena, mas sólida, de empresas que aplicam AM nas atividades de desenvolvimento de produtos para prototipagem e ferramenta.

O valor agregado diretamente atribuível aos produtos e serviços de AM no Reino Unido ainda é bastante modesto: £ 300 milhões (£ 6 bilhões em todo o mundo). Porém, vem registrando taxa anual de crescimento de 30%, que deve se elevar com a superação dos problemas de padrões, consistência de matéria-prima, proteção de IP e verificação de peças. O potencial da AM é reconhecido por várias empresas e institutos acadêmicos do Reino Unido, com um investimento esperado da indústria em AM de £ 600 milhões nos próximos 5 anos, e mais de £ 30 milhões de gastos em pesquisa relacionada à AM.

A despeito desse potencial, grande parte das empresas britânicas não tem conhecimento, recursos ou confiança para aplicar a AM como parte essencial das suas ferramentas de produção. Falta de conhecimento, falta de habilidades e ausência de análise de rentabilidade clara para investimento de capital são as três principais razões pelas quais a AM não está sendo mais amplamente adotada pela indústria britânica. Há também uma preocupação crescente com a gestão e proteção da proteção intelectual (IP) do *design*.

Em termos comparativos, apenas 17% das empresas britânicas têm experiência com AM, ante 37% na Alemanha e 24% na China. Para as empresas britânicas que fazem uso de tecnologias AM, a receita gerada representa apenas cerca de 1% da receita total da empresa. Isso se compara com 8,8% nos EUA e uma média de 2% em todos os países

A maioria das empresas industriais britânicas (particularmente dentro da comunidade das PME) vê a AM como uma tecnologia um tanto imatura que pode oferecer benefícios em termos de prototipagem, mas para as quais as barreiras à entrada para aplicações de produção completa são muito altas. Somente com apoio governamental ativo e visível e financiamento, a capacidade de produção necessária pode ser ampliada e ancorada no Reino Unido.

Inteligência Artificial (AI) na Digitalização Industrial. A tecnologia comumente referida como inteligência artificial ou aumentada, computação cognitiva ou aprendizado de máquina vai afetar todas as facetas do trabalho e da vida com o poder de transformá-las radicalmente. Uma parte significativa do benefício econômico da AI virá da combinação de sistemas de inteligência artificial e pessoas, permitindo que a força de trabalho atual concentre-se nas partes de seu trabalho que agregam mais valor, complementadas por novas ferramentas que as ajudam na tomada de decisões. A adição da capacidade de inteligência artificial também permite uma melhor utilização dos investimentos de capital existentes, melhorando a eficiência, a qualidade e reduzindo os custos.

Embora de modo limitado, algumas empresas industriais já estão empregando tecnologias de AI. Essas utilizações se enquadram em três áreas de negócios:

- Ativos e Equipamentos Inteligentes: ativos e equipamentos equipados com sensores e combinados com a capacidade da IA detectam, comunicam e fazem diagnóstico de problemas para otimizar o desempenho e reduzir o tempo de inatividade. A manutenção baseada no tempo pode ser substituída pela manutenção preditiva e, por fim, prescritiva, em que os sistemas não apenas preveem a necessidade de manutenção com base em algoritmos de aprendizado de máquina, mas também atendem a essa necessidade. Isso leva a um melhor desempenho da linha de produção e reduz o tempo de inatividade (do equipamento), melhorando a eficiência do processo.

- Processos e Operações de IA: Sistemas Cognitivos ou de IA suportam a análise do volume e complexidade crescentes de dados coletados pelas empresas para apoiar uma melhor tomada de decisões e melhorar as

operações e a qualidade. As empresas podem, assim, melhorar a produtividade e a sustentabilidade por meio do inventário e da redução de desperdícios, além de melhorar a qualidade e o rendimento.

- Otimização inteligente de recursos: otimizar o uso de pessoas, energia e conhecimento é fundamental para melhorar os níveis de produtividade e reduzir os custos. Usar o AI para analisar dados de dispositivos IoT pode melhorar a segurança, a produtividade e a experiência do trabalhador, além de reduzir o consumo de energia.

O Reino Unido tem uma vantagem comparativa no desenvolvimento de tecnologias de IA com um ecossistema próspero de pesquisadores, desenvolvedores e investidores. Empresas britânicas de inteligência artificial, como Deep Mind, VocalIQ e Swiftkey foram adquiridas por empresas globais de tecnologia com base nas tecnologias que oferecem. Estima-se que existam pelo menos 226 empresas de *software* de IA em estágio inicial no Reino Unido, mais de 60% fundadas nos últimos três anos, embora esteja em um estágio anterior de desenvolvimento, com 75 % em estágio de financiamento "semente" ou "anjo", comparado com 50% nos Estados Unidos. Mais de 80% oferecem ofertas funcionais específicas ou voltadas para o setor industrial, mas o número de soluções específicas de produção parece pequeno em comparação com a oportunidade identificada.

O *Made Smarter* destaca que as empresas industriais britânicas estão confusas com a combinação de exageros sobre os impactos potenciais da AI e falta de informações específicas sobre como a AI pode ajudar a resolver problemas específicos de seus negócios. Aqueles que superam esses desafios, em seguida, acham difícil construir um *business case* para investir. O número limitado de estudos de caso contribui para a dificuldade de quantificar o retorno do investimento (ROI) e o risco dos projetos.

Além disso, as empresas levantaram preocupações sobre a previsibilidade do resultado do aprendizado de máquina. A complexidade do ecossistema de AI, que inclui fornecedores, clientes, academia, governo, reguladores e outras partes interessadas, também foi destacada como um desincentivo à adoção dessas tecnologias.

Outra área mencionada pelas empresas como um potencial bloqueio para a adoção da AI é um nível de habilidade inadequado, com limitações que se enquadram em dois grupos distintos. A primeira diz respeito às habilidades necessárias para entender, desenvolver e implantar soluções de AI, mas a segunda, e potencialmente maior, preocupação é a capacidade da força de trabalho existente de trabalhar ao lado de tecnologias de inteligência artificial (cobótica, por exemplo).

Finalmente, as empresas expressaram uma variedade de preocupações sobre o compartilhamento e processamento de dados, desde a compreensão dos dados que uma organização processa e seu valor, passando por questões de proteção, segurança e responsabilidade ao compartilhar e processar esses dados, até os padrões de interoperabilidade que facilitarão compartilhamento.

Robótica e automação. O avanço da automação na Quarta Revolução Industrial é tão dramática quanto foi a introdução de motores a vapor na Primeira Revolução Industrial, só que acontece em um ritmo quatro vezes mais rápido. A automação e a digitalização da indústria de transformação contribuem para os pontos fortes do Reino Unido, tanto em tecnologias essenciais quanto em engenharia de sistemas, alavancando conjuntos de habilidades de P&D interdisciplinares para integrar e implantar novos fluxos de trabalho automatizados, alavancando tecnologias avançadas, como robôs.

O país conta com líderes da indústria em muitas das tecnologias essenciais para o futuro da automação e robótica, incluindo *chips* de silício (ARM), sensores (Renishaw), AR / VR (Imaginação), AI (GraphCore), energia (Dynex Semiconductor) e comunicações (5GIC Surrey; CSR, agora parte da Qualcomm).

O Reino Unido possui pesquisa líder mundial em robótica, em campos tão diversos quanto: assistência médica, veículos autônomos submarinos e aspiradores de pó. Grupos como o Centro de Robótica de Edimburgo, Sheffield Robotics, o Bristol Robotics Lab, o Hamlyn Centre do Imperial College são reconhecidos como colaboradores e inovadores significativos na pesquisa global de robótica. O país também possui algumas empresas de robôs altamente inovadores, como a Shadow Robot Company (robôs manuais artificiais), Peak Analysis and Automation (robôs de laboratório), Engineered Arts (robôs interativos de emulação humana) e Tharsus (robôs de armazém da Ocado e outros), enquanto Dyson é um exemplo de uma empresa de bens de consumo, que investe dezenas de milhões em robótica para eletrodomésticos.

Multinacionais automotivas como a Jaguar Land Rover e a Nissan já aproveitaram os benefícios dos robôs como parte fundamental de suas estratégias de automação em suas fábricas no Reino Unido - instalações que também são algumas das maiores empregadoras de sua região. Inovadores tecnológicos, como a Ocado, utilizam redes de milhares de robôs para elevar os níveis de produtividade e eficiência na logística de armazém.

No entanto, em geral, a absorção de automação industrial no Reino Unido é extremamente lenta em comparação com a maioria das outras nações desenvolvidas. Um dos símbolos mais emblemáticos da inovação na automação são os robôs. Os robôs

são talvez uma das tecnologias mais poderosas e criativas que estão sendo desenvolvidas agressivamente na corrida por maior produtividade e produção mais econômica.

O Reino Unido tem apenas 33 robôs por 10.000 empregados, em comparação com 93 para os EUA e 170 para a Alemanha e essa diferença está aumentando. A Alemanha investe 6,6 vezes mais que o Reino Unido em automação, embora seu setor manufatureiro seja apenas 2,7 vezes maior. E em robôs por milhões de horas trabalhadas, o Reino Unido apresenta uma fração 10 vezes menor que a Alemanha ou o Japão. Em praticamente todas as métrica, o Reino Unido está ficando seriamente atrás de seus concorrentes.

Várias razões explicam a baixa automação pelas empresas industriais britânicas. Além da percepção negativa da sociedade em virtude do medo de que os robôs eliminem emprego humano, a aversão ao risco, a escassez de pessoal qualificado em automação e dificuldade de financiamento afetam os investimentos das empresas em automação e robótica. Com a falta de incentivos do governo e um setor financeiro conservador que não esteja disposto a encorajar investimentos para aumentar a competitividade e a produtividade, é muito fácil para os conselhos de administração das empresas adiarem o investimento em automação.

A maioria dos países do G7, como Alemanha, França, Itália e Estados Unidos, adotou iniciativas de promoção e apoio aos sistemas de produção industrial baseados em robô, considerados como fundamentais para aumentar a produtividade. O mesmo ocorreu em como potências industriais tais como a China e a Coréia do Sul. Esses países reconhecem que a automação altera a economia subjacente do setor industrial, permitindo que criem alto crescimento e melhor produtividade, permitindo que suas fábricas produzam produtos mais competitivos, sejam aviões, carros, móveis, alimentos ou roupas, etc.. O Reino Unido está atrasado em relação aos seus concorrentes e corre o risco de perder ainda mais a sua base de produção.

Para vencer a resistência cultural e empresarial à automação e aos robôs, o *Made Smarter* sugere que a criação de uma série de fábricas-modelo altamente automatizadas por todo o Reino Unido e em diversos setores industriais. Essas fábricas-modelo, que produzem exemplos de bens reais, permitiriam aos proprietários de pequenas e médias empresas, com pouca compreensão de digital ou robótica, investir com confiança em fábricas digitais. Muitas dessas fábricas-modelo poderiam ser parcialmente financiadas por empresas produtoras dos equipamentos de automação, permitindo que um número

muito maior de PMEs adotassem essas tecnologias em suas próprias fábricas mediante vários incentivos financeiros.

Ao incentivar fortemente as empresas que estão dispostas a investir em automação, especialmente aquelas que utilizam as tecnologias britânicas do setor de eletrônica (ElecTech), um ecossistema de empresas que adotam automação em todo o Reino Unido pode ser criado. Isso não apenas estimulará a indústria, mas também criará uma rede crescente e inovadora de serviços especializados e empresas de tecnologia. Ao compartilhar suas experiências, os participantes desta rede encorajarão empresas mais reticentes a se unirem a elas, estimulando um ciclo virtuoso de crescimento e expansão.

Internet Industrial das Coisas e Conectividade. A Internet das Coisas Industrial (IIoT) reúne uma série de elementos para impulsionar decisões de negócios mais informadas e rápidas para as empresas industriais. Essa tecnologia combina máquinas de ponta, análises avançadas e uma infinidade de dispositivos que se conectam através de tecnologias de comunicação que permitem o monitoramento, coleta, troca e análise de dados desses dispositivos para fornecer informações valiosas para empresas industriais.

Em um ambiente industrial, a IIoT permite que empresas tradicionalmente não digitais construam um espaço de dados através de sensores e monitoramento de equipamentos e maquinário. A captura desses dados permite o desenvolvimento de novos modelos de negócios e oferece maiores oportunidades para o setor digital trabalhar mais de perto com a indústria. Por exemplo, tomando os dados que são gerados a partir de dispositivos IoT, há oportunidades para obter informações sobre a condição do equipamento no chão de fábrica, monitorar fatores ambientais que podem afetar a qualidade e até otimizar as linhas de produção por meio de um "gêmeo digital" preciso (ou réplica digital direta) de um processo industrial para simplificar e aumentar a produtividade.

O Reino Unido possui uma comunidade em rápido crescimento de empresas que desenvolvem e comercializam tecnologias, produtos e serviços de componentes da IoT. O governo britânico investiu significativamente no setor de tecnologias conectadas por meio Programa IoTUK, que recebeu dotação orçamentária de £ 32 milhões em 2015. O Programa IoTUK é uma iniciativa nacional projetada para apoiar o desenvolvimento e a incorporação de IoT, por meio de pesquisa aplicada, demonstrando a tecnologia em escala, atraindo investimentos internacionais e apoiando pequenas empresas. O programa inclui pesquisa acadêmica (PETRAS), aceleradores de *hardware* (StartUp Bootcamp e R / GA), demonstradores em larga escala (CityVerve e dois Testbeds do NHS) e modelos de disseminação para aumentar as taxas de absorção (Catapulta Cidades

Futuras). A Catapulta Digital fornece serviços de coordenação, aceleração de PME e amplificação para o programa.

A conectividade será essencial para as fábricas do futuro. De redes de área ampla de baixa potência (LPWAN) até a próxima geração da Internet em 5G, há um enorme potencial para acelerar a transformação da indústria de transformação. Em termos de redes amplas de baixa energia, que podem reduzir muito os custos indiretos da conectividade da IIoT, o Reino Unido está atrasado em comparação com o restante da Europa. A Catapulta Digital, com a sua rede *Things Connected* que inicialmente fornecerá um banco de teste de 50 estações de base em Londres e expandirá geograficamente para todo o país, está desempenhando um papel fundamental para superar o atraso britânico nessa área. Quanto à tecnologia 5G, a melhoria da infraestrutura digital é uma das prioridades da estratégia industrial do governo, que tem como meta tornar o país um líder global na próxima geração de tecnologia móvel 5G.

Além da importância da infraestrutura de conectividade, os fabricantes também precisam intensificar suas estratégias e investimentos em segurança cibernética para reduzir o risco de ataques. Em escala global, o risco de ataque cibernético é quase incalculável, pois pode impactar a reputação, os relacionamentos com uma ampla gama de clientes e parceiros em toda a cadeia de fornecimento, sem mencionar a produção, logística e dados pessoais. Em 2016, a indústria de transformação foi classificada como a 3ª atividade econômica mais frequentemente *hackeada* na pesquisa realizada pela IBM. O setor manufatureiro britânico está particularmente em risco. Pesquisa realizada pela federação patronal da indústria (EEF), quase metade (46%) das empresas industriais não conseguiram aumentar seu investimento em segurança cibernética nos últimos dois anos (com 56% desse número sendo pequenas empresas).

Realidade Virtual e Realidade Aumentada. A Realidade Virtual (VR), que imerge os usuários em um mundo gerado por computador e a Realidade Aumentada (AR), que sobrepõe informações digitais ao mundo físico, já está remodelando as formas existentes de fazer as coisas e tem mais potencial para aumentar a produtividade em engenharia e na produção industrial. Embora a tecnologia de AR ainda esteja em sua infância, o setor industrial britânico está demonstrando seu desejo de usar essa tecnologia, que já sendo amplamente utilizada nos setores de varejo e *marketing,* bem como no setor de construção.

As tecnologias VR e AR já estão sendo usadas pelas empresas industriais britânicas para apoiar o desenvolvimento de montagens complexas, planejamento para a manutenção de equipamentos e produtos, o fornecimento de suporte remoto a especialistas e a

capacitação de maior garantia de qualidade e aumento de produtividade. Por exemplo, a BAE Systems que está usando a tecnologia desenvolvida pela indústria de videogames para construir navios de guerra para a Royal Navy de forma mais barata e eficiente. Essa empresa de defesa e aeroespacial começou a empregar a realidade virtual 3D, permitindo que engenheiros e marinheiros "caminhem" pelas versões em tamanho real geradas por computador dos navios em que estão trabalhando.

É nesses cenários potenciais, desde a validação do design (VR) até a virtualização do protótipo dos processos de fabricação (VR), a validação dos procedimentos de montagem (VR / AR) e a entrega do suporte operacional (AR) onde o valor real será obtido. O Reino Unido tem a capacidade de fornecer soluções de VR e de AR verdadeiramente inovadoras e a capacidade de liderar o caminho na adoção dessas tecnologias para ajudar a impulsionar a produtividade da economia para patamares mais elevados. De acordo com o *Made Smarter*, o Reino Unido abriga uma série de empresas notáveis no campo industrial VR / AR, incluindo Autodesk, Virtalis e Eon Reality, e é nesse setor aplicado que se encontra grande parte do valor industrial futuro.

A adesão das empresas indústrias britânicas às tecnologias digitais industriais (IDTs) também foi objeto de pesquisa realizada, em perspectiva comparada, pelo Boston Consulting Group (BCG), *Industry ready for the fourth Industrial Revolution, em 2016*. A pesquisa foi efetuada junto a 1.500 executivos e gerentes seniores em cinco países: Alemanha (312), China (258), Estados Unidos (315), França (322) e Reino Unido (322).

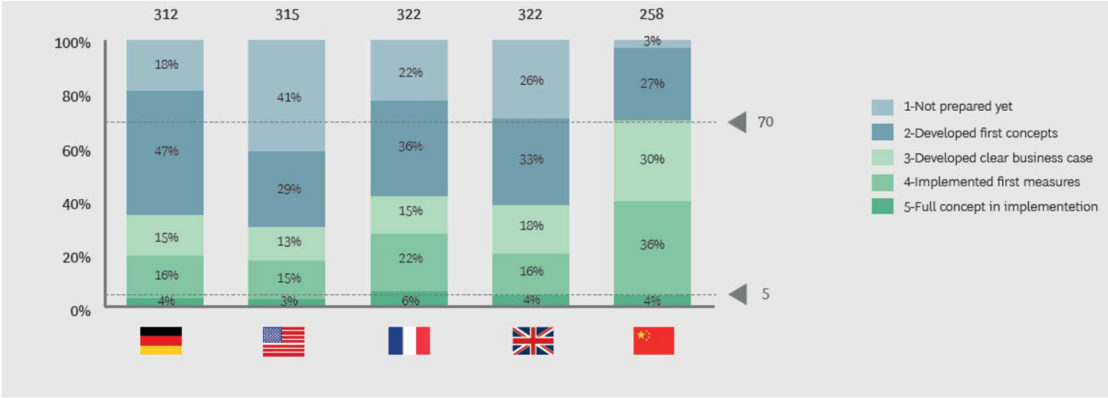
A mudança para a Indústria 4.0 é um desafio sério para o Reino Unido, mas também uma oportunidade. O país que liderou a Primeira Revolução Industrial a partir do final do século XVIII agora tem a chance de um papel semelhante na Quarta e, ao aproveitar essa oportunidade, pode fechar a "lacuna de produtividade", estimada em 18% abaixo da média dos outros seis membros do G7, que é um obstáculo persistente à sua competitividade. O prêmio em potencial é extremamente significativo. O BCG estima que as reduções de custo em mão-de-obra, operações e logística com a adoção das novas tecnologias poderiam levar a ganhos de produtividade de 5-8% dos custos de produção até 2025.

De acordo com os autores do relatório, a pesquisa mostra padrões comuns em cada país. Em cada um deles, a maioria das empresas está ciente dos desafios impostos pela Indústria 4.0, que podem tornar suas estruturas corporativas, culturas e práticas quase irreconhecíveis. Poucos, porém, avançaram muito nesse processo. Mas a pesquisa também mostra que nos próximos anos o fluxo de *early adopters* se tornará um dilúvio,

e uma das lições das transformações industriais do passado é que iniciantes lentos podem nunca se atualizar.

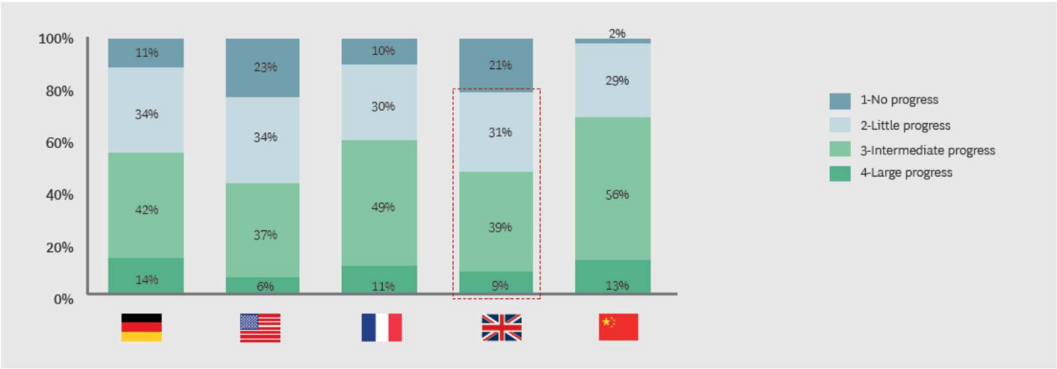
A pesquisa do BCG constatou que 70% dos entrevistados em todos os cinco países acreditam que suas empresas estão preparadas para as novas tecnologias da Indústria 4.0, mas apenas 5% consideram que implementaram o conceito completo. Da mesma forma, enquanto 80% acreditam que sua empresa progrediu em direção à Indústria 4.0 no último ano, apenas 10% descreveriam isso como "grande progresso" (Ver os Gráficos abaixo).

Comparação Internacional - Nível de preparação das empresas para a introdução de novas tecnologias para a Indústria 4.0



Extraído de CORDES Frank; STACEY, Nigel. *Is UK Industry ready for the fourth Industrial Revolution?*, BCG - The Boston Consulting Group, January 2017, pg 7.

Comparação internacional - Progresso estimado da empresa em relação à Indústria 4.0 no último ano



Extraído de CORDES Frank; STACEY, Nigel. *Is UK Industry ready for the fourth Industrial Revolution?*, BCG - The Boston Consulting Group, January 2017, pg 7.

O quadro global mostra que o Reino Unido está ligeiramente atrás dos seus concorrentes, a Alemanha e a França. Por exemplo, 90% das empresas consultadas na

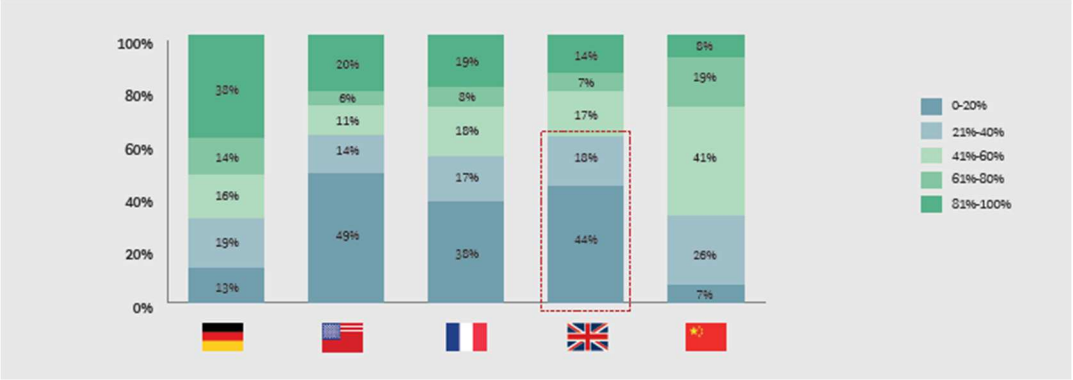
Alemanha e 89% na França afirmaram ter feito “progresso em direção à Indústria 4.0”, comparado com 79% para o Reino Unido, enquanto surpreendentes 98% dos entrevistados chineses consideram que já fizeram algum progresso.

Entre os entrevistados do Reino Unido, 79% estimam que fizeram algum progresso em direção à Indústria 4.0, mas apenas 9% consideram que fizeram grandes progressos. Já 40% esperam ver suas empresas fazendo progressos significativos em toda a gama de tecnologias da Indústria 4.0 nos próximos dois anos, aumentando para 65% em cinco anos.

Um desafio para as empresas é ajustar suas forças de trabalho às novas tecnologias. A pesquisa do BCG constatou que para as empresas britânicas esse é o desafio importante. Os entrevistados do Reino Unido classificaram a escassez de pessoal qualificado como o mais importante de 13 possíveis desafios enfrentados por suas empresas, com quase um terço afirmando que era um desafio “grande ou muito grande”. Porém, consideram como importantes um conjunto menor de qualificações do que suas congêneres alemãs e francesas. Também há uma diferença marcante em relação aos métodos para enfrentar o problema: 44% das empresas britânicas preferem o método tradicional de treinamento no local do trabalho. Enquanto, 62% das empresas alemãs e 56% das francesas consideram a educação continuada como estrategicamente importante ante a 39% das britânicas.

Os benefícios da Indústria 4.0 não virão sem custos consideráveis de modernização e reequipagem. O BCG estima que esse investimento provavelmente equivalerá a 7-9% da receita da empresa. A pesquisa do BCG mostra que encontrar o investimento necessário é uma séria preocupação para a indústria do Reino Unido. Mais de 60% dos inquiridos do Reino Unido duvidam da capacidade da sua empresa para cobrir mais de 40% do orçamento necessário. Quase um terço considerou encontrar um investimento suficiente como um desafio “grande ou muito grande”.

Comparação internacional – Percentual dos investimentos necessários para a Indústria 4.0 que empresa pode cobrir sozinha



Extraído de CORDES Frank; STACEY, Nigel. *Is UK Industry ready for the fourth Industrial Revolution?*, BCG - The Boston Consulting Group, January 2017, p. 7.

O pessimismo no Reino Unido sobre encontrar o investimento necessário para a Indústria 4.0 contrasta fortemente com a confiança alemã. A maioria dos entrevistados alemães acredita que suas empresas poderão encontrar 60% ou mais dos custos necessários, com menos de um terço acreditando que não conseguirão cobrir mais de 40%. Esse resultado resume um padrão consistente levantado pela pesquisa, em que empresas alemãs e francesas ultrapassam o Reino Unido em termos de conscientização, ambição e preparação.

Em resumo, no geral, a pesquisa constatou que as empresas britânicas estavam entre 10 e 12 pontos percentuais atrás de suas contrapartes europeias em relação a metas atingidas e preparação para habilidades e tecnologia. No entanto, a lacuna não é, de forma alguma, inatacável e continua existindo oportunidade para o Reino Unido se tornar um líder na Indústria 4.0 na Europa.

De acordo com os autores do relatório, ao liderar essa revolução industrial digital, que está em seus estágios iniciais, mas deve acelerar nos próximos cinco a 10 anos, o Reino Unido poderia obter ganhos de eficiência industrial de 25%, um crescimento do setor manufatureiro de 1,5-3%, gerando um crescimento anual de aproximadamente 0,5% do PIB. Esses benefícios poderiam ser muito maiores se houver uma estratégia nacional clara que apoie os planos de transformação digital industrial do país.

A Engineering Employers' Federation (EEF), maior organização patronal setorial do Reino Unido, também realizou pesquisas e entrevistas junto a seus associados, em 2016, cujos resultados foram publicados no relatório, *The 4th Industrial Revolution*: A primer for manufacturers. A pesquisa constatou que os industriais britânicos entendem que está ocorrendo uma mudança no setor associada à Quarta Revolução Industrial e os

benefícios que tal transformação pode trazer para o crescimento dos seus negócios e estratégias.

Porém, atualmente há uma visão mista do conhecimento e da aplicação para empresas individuais. Nem todos os fabricantes estão no mesmo estágio de conhecimento. Quarenta e dois por cento das empresas britânicas afirmam que estão familiarizadas com o conceito da Quarta Revolução Industrial, enquanto outros estão menos certos do que isso implica.

Segundo a EEF, 96% dos industriais britânicos veem a Quarta Revolução Industrial como sendo sobre conectividade e comunicação. As redes físicas conectam-se a redes cibernéticas juntas como um sistema para permitir um fluxo de informações em tempo real. Os dados são coletados, transformados em informações e *insights*, e podem ser processados rapidamente. As novas tecnologias e técnicas mudarão os produtos, processos e cadeias de suprimentos envolvidas em todos os aspectos da indústria, permitindo que os fabricantes mantenham sua vantagem competitiva em um mundo em rápida mudança e respondam de maneira flexível e rápida às exigências dos clientes.

Os benefícios da adoção da tecnologia associados à Quarta Revolução Industrial para a indústria de transformação serão generalizados, com cadeias de suprimento mais inteligentes, produção mais inteligente e produtos mais inteligentes. As empresas precisarão acompanhar a mudança. Os próprios empresários industriais consideram que isso acontecerá mais rapidamente do que nunca: 80% dos fabricantes dizem que Quarta Revolução Industrial será uma realidade de negócios até 2025, enquanto 74% das empresas dizem que a Quarta Revolução Industrial mudará fundamentalmente expectativas dos clientes; 87% dos fabricantes consideram que terão que investir em novas tecnologias para atender às expectativas dos clientes.

O estudo da EEF identificou três etapas principais para a jornada da Quarta Revolução Industrial, todas as quais serão adaptadas à estratégia e ao plano de crescimento de uma empresa: uma fase de concepção, fase de evolução e depois uma fase de revolução. Após a conceituação partir de contexto de negócios exclusivo de cada empresa, o passo seguinte é otimizar e/ou modernizar os processos existentes antes que uma revolução seja introduzida, acarretando mudanças fundamentais nos modelos de negócios atuais. Todos esses passos serão ditados pela ambição e estratégia de negócios, que não serão as mesmas para todos.

As mudanças nos modelos de negócios atuais implicam diversos benefícios. No curto prazo, haverá melhoria da eficiência operacional mediante o melhor uso do capital, dos trabalhadores e dos recursos. No médio prazo, a transformação irá desbloquear novos

produtos, serviços e modelos de negócios, os quais, por sua vez, permitirão que a captura de valor adicionado de diferentes maneiras.

As empresas britânicas reconhecem que precisam se concentrar totalmente nas mudanças, o que acontecerá rapidamente e entenderão onde e como elas serão aplicadas aos processos, em toda a cadeia de suprimentos e nos produtos. As empresas britânicas têm planos para investir e os primeiros sinais são de que o foco entre as empresas estará na fase de evolução.

A 4ª revolução industrial é um fenômeno mundial, que oferece oportunidades e riscos para as empresas industriais britânicas, na medida em que, na maioria dos setores manufatureiros, as cadeias de suprimentos são redes globais densas. Os fabricantes priorizarão cadeias de suprimento mais inteligentes e incorporarão processos de produção mais inteligentes em seus negócios. Dependendo da posição que as empresas britânicas ocupem nas cadeias globais, elas se beneficiaram muito das transformações em curso.

Contudo, há o risco de as empresas não conseguirem acompanhar o ritmo dos seus principais concorrentes. Atualmente, a grande maioria (89%) dos empresários industriais considera que a indústria manufatureira britânica não está preparada para a mudança, mas que sua empresa está (60%). Essa dissonância demonstra a necessidade de uma maior comunicação entre as cadeias de suprimentos e setores industriais sobre os benefícios das novas tecnologias.

Para a EEF, sem a liderança da indústria e da cadeia de suprimentos, o risco é que o Reino Unido fique para trás. Também são determinantes importantes o ambiente de negócios e a capacidade dos formuladores de políticas de tomar as medidas necessárias para sustentar essa transformação da indústria.

4.6. A Indústria do Futuro e a iniciativa Nova França Industrial[37]

Introdução

Na França, a indústria de transformação encolheu nas últimas décadas, assim como ocorreu no Brasil e em outros países. Enquanto o setor manufatureiro alemão manteve relativamente estável sua parcela no PIB, no caso da França seu peso recuou de 16,2% em 1995 para apenas 10% em 2015. A participação industrial também declinou em termos do emprego e do saldo do comércio exterior nos últimos vinte anos.

Com vistas a interromper o declínio industrial em sua estrutura produtiva, promover a modernização e a competitividade do setor, foi lançado, em setembro de 2013, a iniciativa Nova França Industrial (NFI). Em maio de 2015, a NFI entrou em sua segunda fase, com um expressivo plano de investimentos. Em paralelo, foi estabelecido um projeto transversal intitulado *Indústria do Futuro*, o correspondente francês da iniciativa Indústria 4.0 da Alemanha. Seu objetivo maior está centrado na modernização e transformação do modelo industrial francês pela tecnologia digital.

Este capítulo discute em detalhes as iniciativas francesas em prol da indústria 4.0 e foi elaborado a partir de documentos do governo da França, de relatórios do *think tank* francês, *La Fabrique de l'Industrie*, de artigos publicados pelo Observatório Francês de Conjuntura Econômica (OFCE)/SciencesPo e pela edição de outubro de 2016 da revista Réalités industrielles, inteiramente dedicada ao tema da Indústria do Futuro. Também foram utilizadas informações extraídas do relatório OECD Science, Technology and Industry Scoreboard 2017 - The Digital Transformation: France.

A desindustrialização à francesa

Nas últimas duas décadas, a indústria de transformação francesa vem perdendo participação no PIB de forma acentuada. Enquanto em países como Alemanha, a indústria manteve relativamente estável sua parcela no PIB (22,6%), na França, o peso da indústria de transformação reduziu de 16,2% em 1995 para apenas 10% em 2015. Esta desindustrialização se expressa ainda nos números do emprego industrial que

[37] Trabalho divulgado como Carta IEDI n. 841. Disponível em https://iedi.org.br/cartas/carta_iedi_n_841.html

declinaram de 15% para 10% do emprego total nos últimos 20 anos, e, talvez, ainda mais, do excedente comercial que se tornou um déficit crônico, passando de 2% do PIB para -2%.

Embora comum à maioria dos principais países industrializados no mesmo período, o fenômeno da desindustrialização parece ter sido muito mais rápido e mais brutal na França do que em outros lugares. O país acumulou um significativo déficit de investimento produtivo em relação aos seus principais competidores, estimado em 100 bilhões de euros em 2010, que se traduziu em envelhecimento do aparelho produtivo e atraso tecnológico.

As causas da desindustrialização são múltiplas e se devem em sua maior parte, às estratégias de terceirização das empresas industriais e aos ganhos de produtividade. Para explicar a desindustrialização francesa, a maioria dos economistas lança mão de argumentos que vão desde o elevado custo relativo da mão-de obra em razão da rigidez do mercado de trabalho doméstico à trajetória inexorável de desenvolvimento das economias avançadas que se tornam economias de serviços, como são os casos do Reino Unido e dos Estados Unidos.

Na contramão dessa interpretação, o professor Jean-Luc Gaffard, diretor e pesquisador do Departamento Pesquisa sobre Concorrência e Inovação do Observatoire français des conjonctures économiques (OFCE) da SciencePo, destaca, no texto "L'industrie française entre déclin et renouveau", *OFCE policy brief 13*, 27 mars 2017, o desmantelamento e a dispersão de grandes grupos industriais na sequência da liberalização financeira do final dos anos 1980 e crescimento da fundos de investimento no capital das empresas industriais francesas.

Segundo o professor Gaffard, o modelo industrial francês, tal como surgiu na década de 1950, fazia parte de uma tradição estatista, também verificada em outros países, tal como Alemanha, Itália e Japão. Para fazer face às exigências da criação do Mercado Comum Europeu, o Estado tornou o arquiteto de uma política industrial que consistia em consolidar ou promover a formação de grandes grupos, diversificados e multinacionais, em várias áreas-chave da indústria (siderurgia, metalurgia, produtos químicos, materiais, aeronáutica, engenharia elétrica e mecânica, energia, meio ambiente). Esses grupos se beneficiaram de um forte apoio público e acesso a financiamentos direcionados que garantiam a possibilidade de realizar investimentos de longo prazo.

A ruptura desse modelo na França ocorreu no final da década de 1980, quando se escolheu uma política de desinflação competitiva bem como a liberalização do sistema

financeiro para atender exigências externas. Isso resultou em um longo período de altas taxas de juros, prejudiciais ao investimento, em um contexto de reestruturação das estruturas industriais igualmente afetadas pela privatização. Em um contexto institucional marcado pelo fim do financiamento direcionado e pelo crescente domínio dos mercados financeiros, os conglomerados industriais foram segmentados, e atividades e empresas foram postas à venda em resposta às exigências da valorização financeira dos ativos.

Os núcleos de acionistas que supostamente seriam o núcleo duro dos conglomerados formados no momento das operações de privatização, não resistiram à profunda alteração das regras de governança, nem às exigências de rentabilidade imediata dos fundos de investimento estrangeiros. O predomínio da lógica do rápido retorno aos novos acionistas levou as empresas francesas a se concentrarem no chamado negócio principal (*core business*), ignorando a similaridade das habilidades e competências envolvidas nas diferentes áreas de atividade. O desmantelamento dos conglomerados e as recomposições prosseguiram na década de 2000 e os fundos estrangeiros se tornaram cada vez mais importantes como investidores no capital das empresas francesas, impondo como objetivo a maximização do valor das ações em detrimento de visões estratégicas de longo prazo.

Segundo o autor, na França, a capitalização de mercado detida por empresas não financeiras caiu 29% para 16% entre 1996 e 2004, enquanto a participação das empresas financeiras domésticas aumentou de 27% para 31% e de empresas estrangeiras passou de 25% para 40%. Em contraste, na Alemanha, no mesmo período, a participação das empresas não financeiras aumentou de 37% para 43% e de empresas financeiras caiu de 21% para 15%. Nestas condições, entre 1997 e 2009, os fundos de investimento, notórios “investidores impacientes”, entraram no capital, com participação acima de 5%, de 39 das 60 maiores empresas da França contra 19 na Alemanha.

Essas mudanças afetaram negativamente o desempenho das empresas em termos de inovação e crescimento. Gaffard destaca que as relações estáveis de longo prazo que as empresas mantinham com os fornecedores de capital eram essenciais para que as empresas maduras ou estabelecidas realizassem investimentos pesados de longo prazo, portadores de inovação e crescimento. Da duração desses compromissos e, portanto, do modo de governança dependiam, de fato, o desempenho médio dessas empresas maduras, a estruturação eficiente da indústria e, finalmente, a industrialização da economia.

Segundo o autor, com o avanço da financeirização da economia, o modelo industrial francês viu sua coerência rompida, com as antigas formas de organização industrial se encontrando em desacordo com o predomínio do financiamento de mercado. Em contraste, a Alemanha soube preservar um modo de governança corporativa baseado na estabilidade das relações de financiamento, das relações de trabalho e das relações entre empresas de atividades complementares.

De acordo com Gaffard, excetuando os domínios da aeronáutica, espaço e defesa, ou luxo, de todas as grandes empresas industriais multinacionais da França, que surgiram nas décadas de 1960 e 1970, poucas permaneceram. Entre as sobreviventes estão, essencialmente, aquelas que servem mercados locais em todo o mundo, e, em última análise, contribuem pouco para as exportações francesas, aquelas que transferiram uma grande parte de suas cadeias de produção para países de baixo custo, particularmente no setor automobilístico e, finalmente, aquelas que se tornaram em grande parte prestadoras de serviços de alta qualidade para produções manufatureiras, sobretudo realizadas em países estrangeiros. Segundo o autor, protótipo desse último tipo de multinacional francesa é o que se tornou a Alstom, centrada, desde 2014, em atividades de transporte ferroviário.

Na interpretação do autor, esta evolução é uma forma constitutiva de desindustrialização, cuja principal consequência foi o enfraquecimento das capacidades de exportação da economia francesa na zona do euro e, em particular, nas suas relações com a Alemanha. A fraqueza relativa da indústria francesa em relação aos seus concorrentes europeus está, além disso, refletida nos números da produção terceirizada de grandes grupos em comparação com suas exportações, que é 2,5 vezes na França contra 1,45 em Alemanha e 1,20 na Itália, testemunhando, entre outros aspectos, as diferenças de estratégia que remetem a diferenças de desempenho.

Para o professor Gaffard, outro aspecto da desindustrialização reside na pouca capacidade das pequenas empresas em crescer e desenvolver-se para se tornarem empresas intermediárias com forte capacidade de exportação, cercadas por uma rede densa de relações contratuais com seus clientes ou diretores. Segundo o autor, embora a maior parte das despesas de P&D seja feita por um pequeno número de empresas de grande porte, que realizam inovação incremental, as rupturas tecnológicas continuam a ser prerrogativas de empresas pequenas e inovadoras. Porém, as pequenas empresas não criam mais empregos do que as grandes empresas. Apenas as empresas jovens com alto potencial de crescimento o fazem. Daí a importância da sua sobrevivência e crescimento.

Por isso, na França, as empresas de porte intermediário são cerca de 5.000, contra 16.000 na Alemanha, onde constituem o coração de um tecido industrial eficiente. Na França, muitas vezes, os proprietários de pequenas empresas optaram por mantê-las pequenas. Em outros casos, essas empresas foram absorvidas por grandes grupos, perdendo sua identidade e capacidade de inovação. Na maioria das vezes, isso decorre da existência de dificuldades de financiamento devido à falta de um número suficiente de *business angels*, poucos fundos de capital de risco, número reduzido de IPOs, mas também do acesso limitado a empréstimos bancários.

A esses aspectos do problema da desindustrialização que são da ordem da governança e que têm uma forte conotação financeira, se adicionam os efeitos das políticas de emprego adotadas na França, quer se trate de custos salariais ou de treinamento. Segundo o pesquisador da SciencesPo, a política sistemática de redução dos encargos que incidem sobre os salários mais baixos para conter o desemprego certamente teve o efeito desejado de preservar ou mesmo criar empregos não qualificados. Porém, também encorajaram as empresas a favorecer o trabalho não qualificado e a atrasar os esforços de investimento necessários para modernizar seu aparelho produtivo à custa de criar empregos qualificados de médio prazo.

Além disso, as deficiências na organização da formação profissional inicial e contínua resultaram em uma escassez relativa de técnicos seniores, ou mesmo de engenheiros, na prática da profissão para a qual foram treinados. Tanto porque os beneficiários de cursos vocacionais curtos optaram massivamente para a continuação dos estudos como porque uma fração significativa dos titulares de um diploma de engenharia optou por seguir carreiras de finanças, atividade muito melhor remunerada.

A financeirização da governança corporativa como a causa da dificuldade das empresas industriais francesas na definição de estratégias de longo prazo também é apontado por Michel Aglietta e por Xavier Ragot, no artigo Érosion du tissu productif en France: Causes et remèdes, publicado na *Revue de l'OFCE*, nº142, 2015, pg 95 à 150. Segundo esses autores, o baixo volume dos investimentos produtivos de longo prazo do setor industrial francês seria resultado do predomínio da lógica de retorno rápido ao acionista.

Comparado com outros países europeus, a França foi o único país que não registrou queda na taxa média de investimento após 1999, ocasião em que se verificou forte declínio das margens de lucro. Na indústria de transformação, margem de lucro da indústria caiu 7 pontos percentuais entre 2000 e 2009, passando de 35% para 28%. A redução do custo do crédito pela metade, desde 2000, encorajou fortemente o endividamento privado na França. Porém, o investimento adicional financiado por

dívida não foi para modernização e aumento da intensidade tecnológica, mas sim uma substituição de capital existente e a compra de imóveis. De acordo com Aglietta e Rochet, "o investimento imobiliário era procurado como uma classe de ativos de autovalorização nos balanços das empresas, servindo como garantia para novos empréstimos em condições favoráveis, enquanto as taxas de investimento produtivo diminuíram na indústria de transformação".

Para estes autores, o elevado nível dos preços dos imóveis em França influenciou as decisões de investimento das empresas em detrimento do investimento de longo prazo em máquinas e equipamentos, os quais trazem novas tecnologias. A fragilidade desse tipo de investimento se tornou um fator de atraso na difusão de novas tecnologias e na captura de ganhos de produtividade, contribuindo para a erosão do tecido industrial francês.

O resgate da política industrial

De forma similar ao que ocorreu em outros países desenvolvidos, na França, a crise de 2008 soou como um sinal de alerta e aumentou a conscientização das autoridades governamentais sobre a importância do setor industrial para a prosperidade econômica. Em 2009, com intuito de reativar a economia, o então presidente francês Nicolas Sarkozy anunciou o Programa de Investimentos do Futuro (PIA), com o objetivo aumentar a competitividade francesa, incentivando a pesquisa básica e tecnológica e a inovação. Criado efetivamente em março de 2010, pelo governo do primeiro ministro François Fillon, esse programa recebeu dotação orçamentária plurianual de 35 bilhões de euros. Os investimentos públicos do programa foram mantidos pelo presidente François Hollande, que ampliou as dotações em 2014 (PIA2) e em 2016 (PIA3).

Desde junho de 2012, o governo francês se envolveu diretamente na promoção da modernização do aparelho produtivo e na recuperação da competitividade industrial. Foram adotadas várias medidas importantes. A primeira delas foi a criação do Banco de Investimento Público (BpiFrance), com a missão de apoiar o crescimento e a internacionalização das empresas via inovação. Em seguida, foi lançado o Crédito Fiscal para a Competitividade e o Emprego (CICE, na sigla em francês) e, em 2014, o Pacto de Responsabilidade e o lançamento do PIA2, com dotação de 12 bilhões de euros e objetivo ampliado para incluir a modernização industrial e a tecnologia digital, em particular nas áreas de computação nas nuvens e *Big data*.

Com a Quarta Revolução Industrial em curso, processos, cadeias de valor e modelos de negócios estão em plena transformação, com a integração de tecnologias digitais nas indústrias, notadamente a internet das coisas, computação nas nuvens, análise de *Big Data*, realidade aumentada, manufatura aditiva, modelização e simulação numérica, etc., bem como da robotização e da inteligência artificial. Para países que sofreram um declínio acentuado na indústria, como é o caso da França, a indústria 4.0 (ou indústria do futuro, segundo a denominação francesa) representa uma oportunidade de reativação do setor industrial, que está perdendo terreno diante da concorrência de países mais competitivos.

A Iniciativa Nova França Industrial

Em setembro de 2013, o presidente francês François Hollande lançou a iniciativa Nova França Industrial, composta de 34 planos de apoio ao setor industrial, preparados pelo então ministro da Economia, Indústria e do Digital, Arnaud Montebourg. Com essa iniciativa, o governo francês procurou reunir os interessados econômicos e industriais em torno de um objetivo comum de reindustrialização da economia, colocando as ferramentas do Estado a serviço desse projeto e mobilizando ecossistemas locais para a construção de uma oferta industrial francesa, nova e competitiva internacionalmente, e, assim, criar novos empregos.

À semelhança dos programas de política industrial executados em outros países desenvolvidos, como Alemanha, Coreia do Sul, Estados Unidos e Japão, a iniciativa Nova França Industrial aborda três áreas: desenvolvimento de uma oferta de novas tecnologias, apoio à difusão dessas tecnologias junto às empresas para modernização do aparelho produtivo e desenvolvimento e adaptação das competências e habilidades dos trabalhadores às novas tecnologias adotadas pelas empresas.

Os 34 planos da NFI**,** que cobrem projetos em diferentes setores da indústria e da economia, se baseiam na ideia de que a França é “uma grande nação industrial, sólida, produtiva, capaz de se reinventar e tornar-se pioneira na revolução industrial em curso, que se encontra na encruzilhada das transições ecológicas e energéticas, por um lado, por outro lado, informatização e digitalização”. Para cada um desses planos foi definido roteiro que estabelece calendário específico de ações concretas, públicas e privadas, e detalha os papéis respectivos dos vários atores (empresas industriais, entidades governamentais, universidades e organismos de pesquisa,) e os objetivos a serem

alcançados: novas ofertas, novos avanços tecnológicos, novos investimentos e novos empregos, bem como os instrumentos de política utilizados.

Dirigentes de empresas industriais e/ou digitais se tornaram responsáveis pela coordenação dos projetos individuais enquanto a direção geral da iniciativa foi atribuída a um comitê de direção que, reúne atores públicos e privados, sob a autoridade do primeiro-ministro. Mais de 500 pessoas estiveram envolvidas nas equipes dos projetos, representando mais de 250 empresas de todos os tamanhos: grandes empresas, pequenas e médias (PME) e empresas de tamanho intermediário (ETI), que são aquelas que possuem entre 250 e 4.999 empregados e volume de negócio inferior a 1,5 bilhão de euros.

Por razões de espaço não é possível detalhar neste capítulo todos os 34 planos de reconquista da NFI. A título de exemplo, contudo, apresentam-se a seguir os planos mais diretamente relacionados às tecnologias associadas à Quarta Revolução Industrial.

Softwares e sistemas integrados. Esse plano centra-se no domínio das tecnologias críticas utilizadas nos *softwares* e sistemas integrados, tal como: processadores compostos de várias unidades de cálculo (processador multinúcleo) e simulação dos sistemas ciberfísicos. O plano, que tem como objetivo a concepção de uma oferta francesa de plataforma de execução para aplicações industriais ("Android para aplicações industriais") no horizonte de cinco anos (2018), conta com apoio à inovação no âmbito do Fundo Nacional para a Sociedade Digital (FSN) do Programa de Investimentos para o Futuro (PIA), com uma concentração nas tecnologias dos objetos integrados e conectados.

Big Data. Esse plano foi concebido para promover o desenvolvimento do ecossistema industrial competitivo no campo de *Big Data* na França. Seu principal objetivo é posicionar a França como o país de referência no campo da *Big Data* associando os fornecedores de tecnologia - principalmente PME e startups -, os grandes grupos de usuários e também os institutos de ensino superior. Entre os instrumentos de política utilizados destacam: financiamento para startups e PMEs; facilitar o acesso das *start-ups* aos dados de grandes entidades públicas e privadas, bem como a infraestrutura necessária para explorar esses dados; apoio financeiro a projetos para promover a divulgação de grandes dados em vários setores industriais.

Computação em nuvem. Esse plano tem como missão encorajar o desenvolvimento de uma indústria de computação nas nuvens francesa e europeia para reforçar a soberania digital sobre dados pessoais, e ao mesmo tempo aumentar a competitividade das empresas francesas. Espera-se criar ou consolidar mais de 100 mil postos de trabalho

até 2020. O governo pretende criar uma etiqueta de segurança *Secure Cloud* para ofertas de computação em nuvem. Igualmente, prevê ajuda às editoras de software para realizar a transição para as nuvens, suporte para inovação em computação nas nuvens, com orientação de uso e simplificação das etapas requeridas para criar centros de dados.

Telecomunicação soberana. O desenvolvimento de um ecossistema nacional de telecomunicações é considerado crucial pelo governo da França diante da globalização do intercâmbio de dados e da digitalização de muitos usos críticos. Por essa razão, o desafio desse plano é garantir, não somente, a competitividade da indústria francesa, mas também o controle nacional das infraestruturas e sua segurança. Seus objetivos específicos são: desenvolver redes de comunicação de alta velocidade e segurança para operadores de vital importância (tecnologia LTE / 4G) para preparar a banda móvel ultralarga (5G) e fornecer soluções para supervisionar e proteger as infraestruturas domésticas de telecomunicação e informação. O plano prevê o financiamento em parceria público-privada de projetos de desenvolvimento da tecnologia 5G e a promoção da participação de empresas em fase de arranque (*start-ups*) e PME inovadoras com potencial de crescimento em todos os projetos lançados.

Nanoeletrônica. Esse plano tem como desafio tornar a França a líder europeia nas tecnologias de produção de componentes nanoeletrônicos integrados, que irrigam a maioria dos ramos industriais. Como objetivo específico visa garantir a disponibilidade de componentes estratégicos para certos setores industriais-chave, como aeronáutica, automotiva e de defesa, dobrando a produção francesa até 2020 com ganhos significativos em termos de desempenho e consumo de energia. Várias ferramentas públicas servem de alavanca de política: o Programa Nano 2017, lançado em 2013, com orçamento de € 3,5 bilhões para aumentar a capacidade de produção da fábrica ST Microeletronics em Crolles, considerada como um centro de excelência para semicondutores na Europa, os programas de P&D ao serviço da atratividade e competitividade; bem como compras governamentais de ofertas francesas e europeias de componentes nanoeletrônicos de caráter estratégico para os setores industriais-chave.

Objetos conectados. O plano tem como missão reforçar o *savoir faire* da França no domínio de objetos conectados bem como sua divulgação. Seus objetivos específicos são: a criação na cidade de Angers de um espaço industrial (*Cité de l'object connecté*), propício ao desenvolvimento e produção na França de objetos conectados inovadores; promover a oferta industrial francesa de objetos conectados; fazer emergir campeões franceses a partir de projetos setoriais, em setores como indústrias de alimentos, luxo,

energia e mecânica. Como alavancas de política, o plano prevê empréstimos para industrialização e ferramentas que facilitam o acesso ao financiamento para empresas que produzem na França e encomendas governamentais para objetos conectados.

Realidade aumentada. A realidade aumentada está revolucionando o cotidiano e abrindo para todos, em todas as áreas, novas perspectivas em termos de melhoria de serviços e processos. Para se beneficiar plenamente do crescimento deste mercado e alavancar oportunidades, a França conta com vários grandes grupos e PME inovadoras, produtores de conteúdo, fabricantes de equipamentos, desenvolvedores de *software*. O objetivo desse plano é acelerar a difusão da tecnologia *Made in France* em aplicações profissionais e de consumo. O principal instrumento de política é o suporte financeiro aos projetos pilotos de realidade aumentada concedidos por intermédio do BpiFrance.

Robótica. A França já é um dos motores da revolução robótica e tem potencial para se tornar um dos cinco líderes mundiais até 2020. O país possui excelência industrial e acadêmica para enfrentar a concorrência norte-americana e asiática, porém é pouco presente na robótica industrial e as fábricas francesas permanecem insuficientemente robotizadas. Por essa razão, esse plano tem como objetivos: promover o setor, ampliando sua influência internacional, acelerar a difusão tecnológica, apoiar e acompanhar as PME no caminho da robotização, permitir o desenvolvimento de treinamentos para a robótica contemporânea e remover os freios legais e normativos. As alavancas de política utilizadas foram: o lançamento do fundo de investimento *Robolution Capital*, com participação do BpiFrance, o financiamento do investimento em robôs para a Start-ups e PMEs no âmbito do programa *Robot Start PME* e o apoio financeiro às atividades de P&D em robótica.

Fábrica do futuro. A França precisa enfrentar o duplo desafio de modernizar sua ferramenta produtiva, projetar e desenvolver processos de produção e ferramentas do futuro. A fábrica do amanhã terá que ser mais ecológica e mais eficiente em termos de recursos, mais inteligente, com métodos de produção cada vez orientados à fabricação de produtos personalizados e/ou em série pequena. O plano Fábrica do Futuro visa acelerar a modernização do aparelho produtivo, recuperar o atraso dos investimentos do setor industrial francês, revitalizar o tecido industrial francês e tornar o território francês mais atraente para a atividade econômica. Os objetivos específicos do plano são: o desenvolvimento de novas tecnologias vitrine para a "fábrica do futuro à francesa" e desenvolvimento de liderança tecnológica nos principais temas não maduros da fábrica do futuro.

O conceito de "fábrica do futuro" traz a visão de fábricas conectadas, tornadas flexíveis e inteligentes graças à rede de máquinas, produtos e indivíduos. Ao modernizar sua ferramenta de produção, automatizando-se, as empresas substituem o trabalho pelo capital. Isso permite que elas ganhem produtividade ou elevem a qualidade, melhorando assim o volume de seus negócios e as margens de lucro. As atividades de produção menos intensivas em mão-de-obra são menos limitadas pelo custo do trabalho, especialmente porque a vantagem comparativa de certos países emergentes nesta área está começando a diminuir. Porém, o posicionamento em atividades com alto valor agregado, a complexificação das ferramentas de produção e os novos modos de organização do trabalho de que dela resultam requerem mão-de-obra qualificada e treinada.

De acordo com a Federação Francesa das Indústrias Mecânicas (FIM), no documento *Guide Pratique de l´Usine du Futur: enjeux et panorama de solutions*, publicado em 2015, com objeto de divulgar e promover o conceito de Fábrica do Futuro, afirma que essa é "uma resposta a várias transições simultâneas: energética, ecológica, digital, organizacional e social [...] O novo modelo da fábrica foi concebido para estar no centro do seu ecossistema e atender às novas necessidades da sociedade: uma planta inovadora, competitiva, eficiente, segura e atraente, uma fábrica [...] silenciosa, envolvida em seu ecossistema industrial econômico em matérias-primas e energia, uma fábrica focada no ser humano, para levar em conta as expectativas dos colaboradores ao longo de sua vida ativa e para atrair os talentos que necessita, uma fábrica que emancipa, graças à automação e robótica colaborativa, o homem de tarefas dolorosas ou repetitivas para colocar suas funções cognitivas ao serviço da qualidade."

Na avaliação da FIM, todas as empresas mecânicas francesas (mais de 10 mil empresas com mais de 10 funcionários) são potenciais fábricas do futuro. Como o setor industrial líder em termos de emprego, as empresas mecânicas são o principal fornecedor de equipamentos de produção para todos os setores industriais: agroalimentar, aeronáutica, automotiva, química, energia, ferrovias, naval, farmácia / cosméticos, construção e obras públicas. Os equipamentos que projetam e fabricam terão que evoluir e trazer as inovações necessárias para atender às necessidades das fábricas do futuro de todos os setores industriais. Como setor transversal, as indústrias mecânicas são, portanto, atores centrais da Fábrica do Futuro.

A direção do projeto Fábrica do Futuro foi confiada aos presidentes do Grupo Five e do Dassault Systèmes. Participam da iniciativa inúmeras empresas industriais, de diferentes setores, tais como Airbus, Coriolis Composites, EDF, Gorgé, PSA, Renault, Schneider, Staubli, Air Liquide, Alstom, CORAC, Daher, DCNS, Essilor, GSK, Michelin, Lafarge, SEB,

Safran, Sogeti, Solvay, Triballat-Noyal, Trimet, Valeo. Ao lado dos atores privados, atuam no plano Fábrica do Futuro, a Associação das Regiões da França (ARF), o Instituto de Pesquisa Tecnológica Jules Verne e o BpiFrance, responsável pelo suporte financeiro sob a forma de financiamento dos projetos de modernização.

O plano Fábrica do Futuro planejava apoiar entre 2.000 a 3.000 PMEs e ETI em três anos mediante a mobilização de regiões e federações industriais. As regiões francesas seriam as responsáveis pelo financiamento dos diagnósticos industriais. Como será visto mais a frente, com a reformulação da NFI, o objetivo do plano Fábrica do Futuro foi ampliado e rebatizado como Indústria do Futuro. Na segunda fase da NFI**,** esse objetivo foi elevado a 4.000 empresas até o final de 2017.

O financiamento de projetos de modernização dessas e outras empresas foi viabilizado por uma linha de empréstimos da Bpifrance, denominados como "Fábrica do futuro", acumuláveis até € 12 milhões por empresa e por meio do benefício fiscal de depreciação acelerada.

A Indústria do Futuro

A partir de maio de 2015, a NFI entrou em sua segunda fase. O atual presidente francês, Emmanuel Macron, então Ministro da Economia, da Indústria e do Digital, realizou uma revisão dos 34 planos formulados pelo seu antecessor no Ministério, procurando imprimir à NFI uma nova dinâmica e uma nova lógica. Em parceria com a indústria, foi organizada uma ampla mobilização nacional para acelerar a Indústria do Futuro na França, de modo a levar cada empresa a modernizar seu parque industrial e transformar seu modelo de negócios pela utilização da tecnologia digital.

Foi anunciado um vasto programa de apoio ao investimento industrial que visa superar o atraso das empresas francesas em robotização e encorajá-las a adotar as ferramentas digitais para se adaptarem aos novos usos dos consumidores e ganhar competitividade. Além do apoio financeiro de cerca de € 2,2 bilhões mediante empréstimos do BpiFrance para ajudar as PME e as empresas de tamanho intermediário (ETI, na sigla em francês) a financiar seus investimentos em tecnologia digital, robótica e eficiência energética, etc., o governo francês instituiu um benefício fiscal, em caráter excepcional, de € 5 bilhões sob a forma de uma superdepreciação acelerada (*suramortissement*) para empresas que investem em sua modernização produtiva no período abril de 2015 a abril de 2017. Igualmente, a iniciativa contou com € 3,7 bilhões ainda disponíveis do envelope de € 12 bilhões do PIA2, lançado em 2014.

Em 2016, presidente da república François Hollande anunciou a dotação de 10 bilhões de euros para um terceiro Programa de Investimentos Futuros (PIA3) para atender a três prioridades: apoiar o progresso do ensino e pesquisa, melhorar a pesquisa e acelerar modernização das empresas.

A fase 2 da Nova França Industrial buscou três objetivos principais:

- Responder mais diretamente às necessidades da sociedade e aos mercados. O novo arranjo permite sair da lógica de setores compartimentados para oferecer diretamente soluções, ofertas integradas de bens e serviços, respondendo a um número limitado de mercados prioritários.

- Adquirir uma dimensão internacional mais forte. A Agência *Business France*, criada em 2014 para promover a internacionalização da economia francesa e o desenvolvimento das empresas, será mobilizada para atrair novos investidores na França e promover as soluções da Nova Indústria Francesa no exterior;

- Gerenciar o dispositivo de forma mais eficaz. O agrupamento das prioridades da NFI permitirá uma direção mais direta, mais reativa e mais ágil da abordagem.

Essa segunda fase da NFI resultou em uma reorganização dos 34 planos iniciais em nove "soluções" e um projeto transversal intitulado Indústria do Futuro**,** centrado na modernização e transformação do modelo industrial francês pela tecnologia digital. A fase 2 da Nova França Industrial baseia-se em nove soluções industriais que fornecem respostas concretas aos principais desafios econômicos e sociais e posicionam nossas empresas nos mercados do futuro em um mundo onde a tecnologia digital está desagregando a barreira entre indústria e serviços:

Novos recursos. Desenvolver a química verde, isto é, uma química mais econômica em energia e matérias-primas, produzindo com menos desperdício e fornecendo produtos mais eficientes e respeitosos para o homem e o meio ambiente. Desenvolver novos usos dos recursos renováveis em vez de combustíveis fósseis mediante o desenvolvimento da química verde e da produção de biocombustíveis avançado. Criar instalações industriais capazes de coletar, classificar e reciclar novos materiais, em particular resíduos de plástico, de eletroeletrônicos, de construção e obras públicas, bem como fibras de carbono.

Cidade sustentável. Desenvolver as cidades inteligentes do futuro que respondam aos principais desafios ambientais, digitais e demográficos. Desenvolver uma gestão mais inteligente das redes de água e energia por meio de digitais (redes inteligentes) ou melhorando o tratamento do recurso desde o fornecimento até a reciclagem. Melhorar o desempenho energético dos edifícios e o envolvimento dos consumidores finais por meio da disseminação de técnicas industriais inovadoras e novas ferramentas digitais. Aumentar a produtividade, a qualidade e a sustentabilidade do setor de construção civil, especialmente favorecendo materiais biológicos.

Mobilidade ecológica. Os cidadãos querem poder se mover rapidamente, de forma segura, a um custo menor e com o menor impacto possível sobre o meio ambiente. A mobilidade urbana está, portanto, gradualmente mudando de forma: os veículos devem se tornar mais econômicos, mais conectados e mais autônomos, para atender a essa necessidade social.

Transporte do futuro. As indústrias de transporte são uma área de excelência industrial histórica da França, com os campeões franceses e europeus ocupando ainda um lugar de destaque. Para manter a posição de liderança francesa face à crescente concorrência dos industriais nos países emergentes é preciso reinventar os modos de transporte e propor soluções inovadoras que combinem eficiência ecológica e competitividade econômica para capturar a crescente demanda dos países emergentes.

Medicina do futuro. A França tem pontos fortes reconhecidos no setor de saúde: a reputação de excelência de sua medicina, sua pesquisa acadêmica bem posicionada, microempresas e PMEs inovadoras e grandes grupos internacionais. Uma vez mais é preciso aproveitar a revolução digital e redobrar os esforços para posicionar as empresas francesas como líderes mundiais no que será o medicamento do futuro:

- Concentrar os investimentos públicos e privados no desenvolvimento de uma oferta industrial de classe mundial de dispositivos médicos, terapias inovadoras e sequenciamento de alto desempenho para diagnóstico e terapia;

- Configurar aceleradores específicos para tecnologias médicas, apoiar fundos empresariais especializados e reunir atores em *clusters*;

- Apoiar a comercialização de novas biotecnologias médicas e dispositivos médicos inovadores, simplificando os procedimentos de acesso aos mercados médicos, garantindo que os contratos públicos sejam uma alavanca para o desenvolvimento de empresas inovadoras, facilitando o

seu financiamento junto aos guichês do governo e tomando as medidas necessárias para acelerar os ensaios clínicos.

Economia dos dados. O desenvolvimento digital e o aumento exponencial do número de *tablets*, *smartphones*, computadores e objetos conectados geram quantidades de dados sem precedentes, cujo potencial de crescimento para as empresas que ainda está subexplorado. A sua exploração, baseada em particular em tecnologias de *Big Data*, computação em nuvem e supercomputadores, tornará possível prever, antecipar, prever e adaptar os produtos às necessidades de cada um: redução dos custos operacionais para as empresas (manutenção preditiva no equipamento, redução de fraude, otimização de processos-chave, etc.), criação de novos serviços inovadores (simplificação das abordagens dos cidadãos através de novas ferramentas digitais no modo nuvem, melhor compreensão dos problemas dos clientes através de análise comportamental, etc.). As soluções para melhor gerenciar e aprimorar o valor dos dados em empresas e serviços públicos são:

- Apoiar o domínio das tecnologias básicas, especialmente para computação intensiva e, assim, manter a indústria francesa entre as quatro primeiras potências mundiais em cálculo computacional;

- Desenvolver uma oferta inovadora impulsionada pelas PME e startups, especialmente no campo do *Big Date,* garantindo lhes suporte técnico e financeiro;

- Apoiar iniciativas setoriais para apropriação da computação de alto desempenho, nuvem e dados importantes por atores públicos e privados;

- Adaptar o quadro regulatório para facilitar o acesso e a exploração dos dados, com respeito às liberdades individuais, estabelecendo um procedimento de certificação de processos industriais pela Comissão Nacional de Computação e Liberdades (CNIL).

Em abril de 2016, foi inaugurado oficialmente, na França, o primeiro computador da geração *exascale*, capaz de um quintilhão de operações por segundo. Com um consumo de energia 10 vezes menor energia que as máquinas atuais, o supercomputador Bull Sequana foi instalado no Comissariado de Energia Atômica e Energias Alternativas (CEA).

Objetos inteligentes. Sejam eles objetos conectados, ferramentas e serviços sem contato, robôs ou têxteis inteligentes, e tecnologias relacionadas como a realidade virtual, a realidade aumentada ou a inteligência artificial, os objetos inteligentes, estão

transformando o cotidiano. A França quer se posicionar como líder em objetos inteligentes e melhorar a vida diária dos franceses mediante o desenvolvimento de novos usos. As soluções para estruturar o fornecimento de robôs e objetos inteligentes incluem:

- Apoiar o ecossistema de inovação, especialmente as startups, através de concursos, convites para projetos, mobilização de fundos de investimento temáticos;
- Acelerar os ciclos de inovação criando recursos compartilhados para facilitar a concepção e a produção de objetos inovadores;
- Promover a oferta francesa por grandes varejistas e por meio de eventos globais, como a Feira de Tecnologia de Las Vegas.

Confiança digital. O desenvolvimento de usos digitais não pode ser alcançado sem o desenvolvimento de redes de comunicação, terrestres ou por satélites, o controle de componentes eletrônicos e *software* integrado e o estabelecimento de um ambiente de segurança para garantir a confiança. A solução "Confiança Digital" destina-se a promover o desenvolvimento de tecnologias digitais chave em todas as escalas, tanto em termos de micro e nano-eletrônica, *software* integrado embutido ou no nível sistêmico (infraestruturas de segurança, terrestres e satélites), para garantir a sua difusão junto às empresas e às infraestruturas francesas, e preservar a soberania tecnológica da França para setores estratégicos (componentes eletrônicos, satélites de propulsão elétrica).

Alimentação inteligente. A indústria agroalimentar é uma força tradicional na economia francesa. A concorrência global, aumentada pelo progresso de outros países e a liberalização do comércio, forçou o setor a fazer mudanças significativas para aumentar sua competitividade. A solução “Alimentação inteligente” mobiliza duas alavancas para reposicionar as indústrias agroalimentares francesas na liderança em mercados existentes e emergentes (alimentação funcional): reduzir custos e aumentar a qualidade social e ambiental, com o trabalho de refrigeração ou a modernização dos matadouros, mobilização coordenada de capacidades de inovação em produtos fermentados (vinhos, produtos lácteos, embutidos, etc.) e novas fontes de proteína. O setor agroalimentar, 97% do qual é composto por PMEs, deve realizar uma transformação digital criadora de valor para melhorar sua competitividade (cadeia de suprimentos, automação) e atender às expectativas dos consumidores (rastreabilidade, fácil contato com o produtor).

Tal como na fase anterior, os projetos em cada uma das nove soluções são chefiados por representantes das empresas industriais e/ou de empresas tecnologia digital. Um total de 37 dirigentes de empresas atua como gerentes dos projetos da NFI, dos quais participam 500 empresas. Foram fixados objetivos específicos a serem alcançados até 2020 para uma das soluções da NFI.

As Nove Soluções da Nova França Industrial

Temática	Áreas indústria/tecnológica	Objetivos até 2020, exceto quando indicado
Novos recursos	Materiais biológicos e reciclados	Dobrar o volume de matérias-primas de origem vegetal na indústria química francesa e aumentar a reciclagem de resíduos não perigosos para 50%
Cidade sustentável	Água, rede elétrica inteligente, renovação térmica, indústria da madeira	100 bilhões de euros em volume de negócios e mais de 110 mil empregos no território francês
Mobilidade ecológica	Veículo 2 L / 100 km, estação de carga, veículo autônomo, armazenamento de energia	20 mil pontos de recarga até 2016; Redução de 30% nas emissões de CO2 dos veículos novos construídos na França até 2021
Transporte do futuro	TGV, navios ecológicos, aviões elétricos, dirigíveis e drones	Venda de 80 aeronaves elétricas para treinamento
Medicina do futuro	Saúde digital, biotecnologias médicas, dispositivos médicos	50.000 pacientes com doenças crônicas em telemonitoramento médico até 2016; Restabelecer até 2025 o equilíbrio da balança comercial francesa em termos de tecnologias médicas cujo déficit atual é de 1 bilhão de euros
Economia dos dados	Big Data, supercomputadores, computação nas nuvens	Criar e consolidar 137 mil empregos graças a grandes dados; dominar a tecnologia crítica de supercomputadores exascale para atingir 1 bilhão de operações por segundo; colocar a França entre os qutro líderes mundiais na tecnologia de supercomputadores.
Objetos inteligentes	Objetos conectados, robótica, realidade aumentada, serviços sem contato, têxteis inovadores	Alcançar 8 milhões de clientes de pagamento móvel; Implementam um aplicativo de emissão de bilhetes interoperável em 50% das cidades com mais de 200 mil habitantes.
Confiança digital	Cibersegurança, soberania de telecomunicações, nanoeletrónica, software e sistemas integrados, satélite à propulsão elétrica	Desenvolver a capacidade 5 G; Crescimento anual de 30% do mercado de exportação da segurança cibernética; Metade das vendas de satélites elétricos
Alimentação inteligente	Alimentos funcionais, embalagens para o futuro, resfriamento sustentável e segurança alimentar	Modernização até 2017 de 30% dos matadouros industriais e recrutamento de 90 mil pessoas para o setor.

Fonte: République Française– *Industrie du Futur*: Réunir la Nouvelle France Industrielle. Dossier de Presse, le 18 de mai 2015; *Nouvelle France Industrielle*: construire l'industrie française du futur. Rapport, Décembre 2016. Elaboração IEDI.

Indústria do Futuro. Como já mencionado a segunda fase da NFI resultou no lançamento de um projeto transversal, a ***Indústria do Futuro***. Além da modernização da ferramenta produtiva, o projeto tem como objetivo "apoiar as empresas na transformação de seus modelos de negócios, suas organizações, seus modos de *design* e *marketing*, em um mundo onde as ferramentas digitais fazem romper a barreira entre indústria e serviços".

Do design ao serviço pós-venda, passando pela produção e pela logística, o projeto Indústria do Futuro abrange todas as etapas da cadeia de valor e todos os *players*, de todos os tamanhos e setores. Esses atores se mobilizam com o apoio das autoridades públicas (Estado e Regiões) para superar o atraso no investimento produtivo verificado

na França durante a última década e colocar a indústria francesa em melhor posição mundial.

O projeto Indústria do Futuro apoiará os projetos estruturantes de empresas em mercados onde a França pode adquirir, dentro de um prazo de 3 a 5 anos, liderança europeia, ou mesmo mundial. Esses são os casos da:

- Manufatura aditiva, tecnologia na qual a França conta com as seguintes vantagens: forte pesquisa em materiais e processos digitais, produtores de impressoras 3D de rápido crescimento, grandes solicitantes dispostos a se lançar na aeronáutica.

- Virtualização da fábrica e objetos conectados, onde a França se encontra em uma posição importante em *software* relacionado à digitalização de projetos e processos de produção com campeões como Dassault Systèmes ou ESI Group.

- Realidade Aumentada, cujo ponto forte da França é o desenvolvimento de vários campeões tecnológicos, com o apoio de grandes compradores industriais dessas soluções, à exemplo de Artefacto, Diotasoft, Laster Technologies ou Optinvent.

O projeto também previa o desenvolvimento de uma rede de plataformas regionais aberta a empresas industriais, para testar e validar tecnologias avançadas de robótica e produção digital e capacitar seus funcionários nessas novas ferramentas. No âmbito do PIA, € 305 milhões em bolsas e adiantamentos reembolsáveis para os Projetos industriais do futuro (PIAVE, na sigla em francês) e € 425 milhões do fundo "Sociedades de Projeto Industrial" (SPI) financiariam, em parte, esta ambição.

A coordenação do projeto transversal Indústria do Futuro ficou a cargo da associação Aliança para a Indústria do Futuro, anunciada em abril de 2015 e tornada operacional em julho de 2015. Como será visto mais a frente, essa associação congrega representantes da indústria, universidades e centros de pesquisa e das regiões francesas.

Também foi criado um comitê de gerenciamento do projeto Indústria do Futuro, presidido pelo ministro da Economia, da Indústria e do Digital, o qual se reúne a cada dois meses. Participam desse comitê, os representantes da Aliança para a Indústria do Futuro, o Conselho Nacional da Indústria, as cinco organizações sindicais representativas dos trabalhadores, a Associação das Regiões da França (ARF), os representantes dos

operadores do Estado (Comissariado Geral de Investimento – CGI e Banco Público de Investimento – BpiFrance), dirigentes de ETI e de empresas estrangeiras localizadas em França.

O projeto Indústria do Futuro foi organizado em torno de cinco pilares: desenvolvimento da oferta tecnológica para indústria do futuro; acompanhamento das empresas rumo à indústria do futuro; formação dos trabalhadores; promoção indústria do futuro; fortalecimento da cooperação europeia e internacional. Para cada um desses pilares foram definidos objetivos específicos e prioridades de ação.

Pilares da Indústria do Futuro

Pilares	Objetivos	Prioridades de ação
Desenvolver a oferta tecnológica para indústria do futuro	Permanecer na fronteira tecnológica da Indústria do futuro, divulgar essas tecnologias em todo o tecido econômico francês; tornar a França uma liderança europeia até 2020	Apoio a projetos industriais em sete áreas: •Digitalização, virtualização e Internet das coisas; • O lugar do homem na fábrica, robótica colaborativa ("*cobotique*"), realidade aumentada; •Fabricação aditiva (impressão 3D); • Monitoramento e controle; • Compósitos, novos materiais e montagem; • Automação e robótica; • Eficiência energética.
Acompanhamento das empresas rumo à indústria do futuro	Acompanhar as PME individualmente na sua modernização e transformação	Diagnósticos personalizados feitos por especialistas da Indústria do Futuro em 2000 PMEs até o final de 2016
Formação dos trabalhadores	Garantir o aumento das habilidades dos empregados da indústria em relação a novas ocupações	Criação de cátedras sobre a Indústria do Futuro; Treinamento inicial e contínuo da mão-de obra; Desenvolvimento de um portal na internet com ofertas de treinamento e recrutamento nas novas tecbologias
Promoção da Indústria do Futuro	Promover a indústria do futuro na França e no exterior	Dar visibilidade a soluções tecnológicas francesas inovadoras e compartilhar as melhores práticas com o ecossistema nacional e internacional, com o lançamento de 15 Vitrines do Futuro; Organização de um grande evento internacional sobre a Indústria do Futuro no verão de 2016 em Paris
Fortalecimento da cooperação europeia e internacional	Estabelecer parcerias estratégicas a nível europeu e internacional	Alianças estratégicas sobre temas de padronização, a fim de melhor representar os interesses franceses nas iniciativas europeias ou globais

Fonte: République Française – *Industrie du Futur*: Réunir la Nouvelle France Industrielle. Dossier de Presse, le 18 de mai 2015. Elaboração IEDI.

Os dois primeiros pilares do projeto são os pilares históricos do projeto Fábrica do Futuro: atividades de P&D nas tecnologias prioritárias e implantação regional, em conexão com os programas implantados pelos Conselhos Regionais. Os outros três pilares – formação de recursos humanos, comunicação e cooperação internacional – não estavam integrados na iniciativa Fábrica do Futuro de 2013, ainda que não estivessem ausentes do dispositivo, e aumentaram muito em escala e ressonância ao serem formalmente registrados na segunda fase da NFI.

No final de 2016, segundo o governo francês, 240 projetos de P&D para a Indústria do Futuro já haviam sido lançados nas sete áreas de prioridade de ação para desenvolvimento da oferta em tecnologias de produção (Pilar 1). Cerca de € 100 milhões

foram dedicados à convocação de projetos de P&D para a Indústria do Futuro, que ficou aberta até 30 de junho de 2016. Essa convocação visava apoiar projetos avançados de P&D e investimentos (linhas piloto, demonstradores) para acelerar a implantação das tecnologias da Indústria do Futuro. Igualmente, estava aberta a projetos de pelo menos € 1,5 milhão, que tinham como objetivo lançar ao mercado produtos, processos e serviços com alto valor agregado e alto potencial de crescimento.

O projeto Indústria do Futuro incorporou, em abril de 2015, o programa “Robot Start PME”, lançado em outubro de 2013, com intuito de incentivar as empresas de menor porte a se equiparem com um primeiro robô. Além de financiar 10% do investimento da primeira célula robótica das PME, o programa fornecia suporte especializado para diagnóstico, definição do projeto, escolha do integrador, monitoramento, etc.

Depois de ter esgotado seu orçamento em março de 2015, esse programa foi renovado até 2017. Cerca de 250 empresas se beneficiaram deste dispositivo executado pelo Sindicato dos Fabricantes de Máquinas, Soluções Industriais e Tecnologias de Produção Industrial (Symop, na sigla em francês), Centro Técnico das Indústrias Mecânicas (Cetim) e o laboratório de pesquisa CEA List, especializado em sistemas digitais inteligentes.

Entre maio de 2015 e o final de 2016, 2.000 PMEs e ETIs em todas as regiões da França se beneficiaram de diagnósticos personalizados feitos por especialistas da Indústria do Futuro e receberam acompanhamento (Pilar 2). Esse apoio permitiu aos líderes empresariais: compreender melhor as tecnologias disponíveis, identificar os bloqueios (humanos, organizacionais) limitantes acesso a essas inovações, integrar novos conceitos em uma visão de "cadeia de valor" e reinventar seu modelo de negócios.

O suporte financeiro à modernização das pequenas e médias empresas é fornecido pelo BipFrance, que opera a linha de empréstimos “Indústria do Futuro”. Nessa linha, são concedidos empréstimos com um período de carência de 2 anos, que permitem financiar, com um forte efeito de alavanca no financiamento privado, os investimentos inovadores e eficientes do tecido produtivo. Do orçamento total da linha no montante de € 1,2 bilhão, no final de final de 2016, já havia sido concedidos 851 empréstimos “Indústria do Futuro”, no montante de € 719 milhões. Essas empresas contavam também com os esquemas fiscais de apoio ao investimento (sobre depreciação acelerada), que vigorou até abril de 2017.

Ampliar as habilidades dos trabalhadores da indústria e formar gerações futuras para novas ocupações é a primeira condição para o sucesso da Indústria do Futuro. O treinamento da mão-de-obra deve acompanhar o aumento da presença de digitalização e robotização na fábrica, essencial para a competitividade das fábricas em muitos

setores e, em última instância, para a criação de empregos na França. Por essa razão, as organizações sindicais de trabalhadores, que são participantes ativas do Conselho Nacional da Indústria (CNI), foram totalmente integradas no projeto de desenvolvimento da Indústria do Futuro, em particular em seu pilar de formação dos trabalhadores, por meio de dois componentes. Um componente prospectivo com o lançamento de programas de pesquisa multidisciplinar e cátedras sobre Indústria do Futuro e o lugar do homem neste projeto. E um componente operacional com a concepção e execução de treinamentos iniciais e contínuos adaptados aos desafios da Indústria do Futuro.

Ainda no que se refere à formação dos trabalhadores (Pilar 3), em março de 2016, o CNI e a Aliança para a Indústria do Futuro lançaram o projeto “Ousemos Indústria”, que tem como objetivo criar um portal na Internet para informar os estudantes sobre as exigências de emprego, treinamento e recrutamento da Indústria do Futuro, em conjunto com as empresas. Esse projeto conta financiamento no âmbito do PIA.

No âmbito do projeto de certificação de “Vitrines da Indústria do Futuro", uma das ações prioritárias do Pilar 4, cujo objetivo é dar visibilidade a soluções tecnológicas francesas inovadoras e compartilhar as melhores práticas com o ecossistema nacional e internacional, seis vitrines da Indústria de Futuro foram lançadas até o final de 2016, em total previsto de quinze:

- Air Liquide: com o projeto Connect, a Air Liquide criou um centro operacional na França capaz de controlar remotamente a produção, eficiência energética e confiabilidade de sites industriais, além de realizar ações de manutenção preditiva, com utilização de novas tecnologias como cobótica (robótica colaborativa e/ou interativa) e humano aumentado (extensão das capacidades humanas por tecnologias integradas em sua anatomia ou por interfaces de percepção) e tecnologias imersivas;

- Fábrica da Bosch em Rodez: o uso da biomassa local para limitar as emissões de CO2;

- Centro Tecnológico Industrial da SNCF: serviços digitais para manutenção industrial;

- Unidade do Grupo Daher Aerospace em Saint-Aignan-Grandlieu: uma linha de alta velocidade de peças termoplásticas;

- Engenharia mecânica da Normandia (Cherbourg): o estaleiro do futuro
- Fábrica-modela da Sew-Usocome em Brumath: integração de robótica e novos conceitos de mobilidade intralogística.

Com objetivo de criar alianças estratégicas sobre temas de padronização e de melhor representar os interesses franceses nas iniciativas europeias ou globais em torno da integração das novas tecnologias na indústria, o governo francês realizou em 2016 diversas iniciativas de cooperação internacional (Pilar 5):

- Formalização de uma parceria entre as plataformas "Indústria do futuro" (em França) e "Indústria 4.0" (na Alemanha). Foi elaborado um plano de ação conjunto, incluindo uma estratégia comum de normalização e tecnologias.
- Lançamento de um diálogo França-China e criação de uma plataforma de intercâmbio entre empresas sobre o tema da Indústria do futuro. O objetivo desta iniciativa é realizar projetos piloto conjuntos baseados em conhecimentos franceses.
- Nomeação de embaixadores da indústria futuro nos Estados Unidos, China, Reino Unido e Alemanha. Esses embaixadores das empresas francesas da Aliança para a Indústria do Futuro serão responsáveis pela promoção e coordenação do trabalho bilateral na Indústria do Futuro.
- Formalização de uma estratégia de padronização francesa em torno de quatro tecnologias (fabricação de aditivos, continuidade digital, robótica, montagem multimateriais) para unificar o posicionamento junto aos organismos internacionais.

Aliança para a Indústria do Futuro. Presidida por Philippe Darmayan, presidente da ArcelorMittal France e do grupo de federações industriais, a Aliança foi criada por federações, associações e sindicatos da indústria e do setor digital, que representam mais de 33 mil empresas e 1,1 milhão de empregos. Igualmente, participam da Aliança, organizações públicas e instituições de pesquisa, como os laboratórios do Comissariado de Energia Atômica e Energia Alternativas (CEA), o Centro Tecnológico das Indústrias Mecânicas (CETIM), Arts et Métiers ParisTech, Centro de Estudos Superiores Industriais (CESI) e o Institut Mines Telecom, que reúne as escolas de engenharia da França.

Além de coordenar o projeto transversal Indústria do Futuro, como já mencionado, a Aliança garante a difusão das inovações resultantes da revolução digital no tecido

industrial francês. Em seu primeiro ano de existência, a Aliança acompanhou 1.500 PME em sua modernização. Para apoiar as PME industriais mais próximas do local onde estão instaladas, as ações da Aliança são retransmitida nos diversos territórios administrativos da França por equipes regionais, compostas por membros da Aliança, comunidades, Diretórios regionais de negócios, concorrência, consumo, trabalho e emprego (DIRECCTE) e os polos de competitividade.

A Aliança também tem como missão promover a cooperação internacional, particularmente com a Alemanha, e ajudar a projetar a imagem do setor criativo francês internacionalmente por meio da iniciativa *Business France*. Finalmente, a Aliança assumiu a missão de acompanhar as mudanças no mundo do trabalho, "onde o imperativo da criatividade se tornará mais forte e onde os empresários e os trabalhadores terão que progredir continuamente para lidar com uma onda contínua de progresso tecnológico".

De acordo com o presidente da Aliança para a Indústria do Futuro, Philippe Darmayan, em um artigo em coautoria com Pascal Faure, Le plan français "Industrie du futur", publicado na revista *Réalités industrielles, nº 4/2016,* "as iniciativas da Aliança de promoção da Indústria do Futuro na França e no exterior visam divulgar o trabalho realizado nos quatro primeiros pilares do projeto e a excelência da Indústria do Futuro à moda francesa. O interesse da Aliança é, portanto, óbvio: unir forças para ampliar a reputação da marca francesa no exterior e trazer uma comunicação coerente".

As Tecnologias-chave da NFI. Em maio de 2016, foi divulgada a 5ª edição do estudo Tecnologias-Chave, realizado entre o outono de 2014 e início de 2016, por encomenda do Ministério da Economia, Indústria e Digital: *Technologies clés*: Préparer l'industrie du futur 2020. Paris: Direction Générale des Entreprises, Mai 2016. Esse estudo procurou identificar as tecnologias estratégicas para a competitividade das empresas francesas no médio prazo. Foram identificadas 47 tecnologias-chave em nove áreas de aplicação: alimentação, ambiente, habitação, segurança, saúde e bem-estar, mobilidade, energia, digital, lazer e cultura. Essas tecnologias-chave oferecem orientação no médio prazo para o desenvolvimento de soluções industriais da Nova França Industrial.

Das 47 tecnologias-chave identificadas, mais de metade são transversais e sete envolvem pelo menos sete dos nove domínios de aplicação, como valorização e inteligência dos grandes dados, objetos conectados ou materiais avançados e ativos. Cinco tecnologias-chave, que constituem um núcleo tecnológico com forte domínio digital, dizem respeito praticamente a todas as nove soluções da NFI: sensores;

valorização e inteligência de dados maciços; modelagem, simulação e engenharia digital; internet das coisas; novas integrações de *hardware* e *software*.

Para cada uma das 47 tecnologias-chave nas quais as empresas francesas devem se posicionar em um período de 5 a 10 anos para garantir vantagem de competitividade e de atratividade para a França em mercados em crescimento, o estudo apontou as vantagens da França, bem como as debilidades e ameaças. Igualmente, indicou a posição das empresas industriais e atores acadêmicos franceses na competição mundial: liderança, na média ou em atraso.

De acordo com o estudo, os *players* franceses – empresas industriais, empresas de serviços de alto valor agregado e instituições acadêmicas – têm potencial real em diversas das tecnologias-chave. As empresas francesas lideram ou co-lideram em 1/3 das principais tecnologias. Nas tecnologias ambientais e alimentares em particular, os players franceses estão em uma posição líder ou co-líder em 40% das principais tecnologias identificadas. Quanto aos atores acadêmicos franceses, eles se posicionam como co-líderes de mais da metade das principais tecnologias identificadas e são, nos campos da alimentação e da saúde, líderes ou co-líderes em 70% dentre elas.

A Visão dos Industriais Franceses sobre a Indústria do Futuro

Segundo Philippe Darmayan, presidente da Aliança Indústria do Futuro, Grupo das Federações Industriais (GFI) e da Arcelor-Mittal France, os desafios da indústria do futuro vistos pelos industriais franceses são de quatro ordens:

- Diferenciação da oferta por uma adaptação mais fina à demanda (customização);
- Competitividade (custos mais baixos, melhoria contínua, robotização, tratamento dos dados);
- Redução do capital empregado (velocidade de processamento, encadeamento entre o *design* e a fábrica, redução de requisitos de capital de giro, manutenção preditiva);
- Transformação de modelos de negócios.

Os industriais devem estar envolvidos em grandes questões transversais, como a gestão de empregos e habilidades orientadas para o futuro e a padronização. Muitas vezes, as

empresas europeias deixam com outros agentes a tarefa de estabelecer normas e padrões. Nesse ponto, a liderança americana é indiscutível. Questões como a infraestrutura europeia de nuvens, o mercado doméstico digital e seu quadro jurídico europeu são de suma importância, sob pena de a Europa se tornar um "Terceiro Mundo Digital".

Para Philippe Crouzet, presidente do Conselho Executiva da Vallourec (empresa do setor siderúrgico), a fábrica do futuro abre três áreas de oportunidade:

- melhor controle dos processos de produção (inclusive nas indústrias muito antigas, como a do aço), o que permite ganhos de produtividade ao reduzir a falta de qualidade (em particular, graças aos sensores e aos novos recursos de análise de dados);
- melhor uso de ativos (redução do capital de giro, nova juventude para equipamentos antigos, desaparecimento de estoques intermediários)
- uma melhoria significativa na oferta aos clientes (serviços e produtos).

Os tubos que a Vallourec fabrica para o setor de petróleo e gás, por exemplo, possuem uma ficha de identificação técnica muito detalhada graças ao uso de dados de produção, que permite aos clientes gerenciar seus estoques de forma diferente e utilizar os tubos de acordo com suas próprias necessidades. Isso, segundo Crouzet, abriu uma nova área para a Vallourec para ajudar os clientes a otimizar a ordem em que colocam os tubos no solo. As novas tecnologias permitem assim gerar um novo valor agregado para os clientes, sem a questão dos robôs e da redução de efetivo (*downsizing*). Para Crouzet, substituir homens por robôs não é o objetivo da Indústria 4.0.

Para Phillipe Varin, presidente do conselho de administração da AREVA (empresa do ramo de energia nuclear e de energia renovável, foi renomeada em jan/18 para ORANO) e administrador de Saint-Gobain, em artigo publicado em 2016 – Qu'attendre des mutations en cours en matière de compétitivité, condition clé de la survie de l'industrie en France? *Réalités industrielles*, no. 4 – , as nove soluções da Nova França industrial e o projeto transversal francês "Indústria do futuro" têm o potencial de conter a dinâmica intrínseca da desindustrialização que atingiu a França tão severamente há várias décadas e de acelerar a transição para a indústria do futuro. No entanto, o sucesso nesta passagem exige, segundo ele, avançar em várias linhas de ação no que se refere ao investimento e inovação, transformação de negócios e construção europeia. Também é preciso criar um quadro legislativo e regulamentar competitivo e atraente, propício à inovação e ao investimento empresarial na indústria do futuro.

A modernização e digitalização da indústria se baseiam em inovações revolucionárias que exigirão investimentos maciços, particularmente no nível de start-up, pequenas e médias empresas e empresas de porte intermediário (ETI). Todavia, a França não oferece um quadro regulatório, fiscal e social que conduza à implantação de investimentos produtivos e ao estabelecimento sustentável de atividades industriais, particularmente inovadoras, em seu território. Esta situação resultou no subinvestimento industrial, que foi estimado em 40 bilhões de euros na última década. O nível de contribuições obrigatórias, significativamente maior na França do que na Europa (44,6% do PIB contra 33,2%, 35,3 e 39,6% do PIB, respectivamente, em Espanha, Reino Unido e Alemanha em 2015), tem pesado de forma significativa e duradoura nas margens das empresas industriais e, portanto, em sua capacidade de investir e se modernizar.

De acordo com Varin, para além do restabelecimento de condições favoráveis ao investimento, seria preciso propor um quadro favorável ao desenvolvimento de talentos e empreendedorismo, capitalizando e reforçando a vantagem francesa em termos de inovação e pesquisa e desenvolvimento (P&D). Não obstante as iniciativas positivas adotadas pelo governo e a excelência do sistema de formação, a França está lutando para atrair, apoiar e reter seus jovens talentos, em particular seus talentos internacionais de alto nível e suas empresas com alto potencial de crescimento. Para remediar esta situação, é preciso garantir um ambiente propício à inovação e à tomada de riscos, o que implica assegurar uma aplicação racional do princípio da precaução, mediante a implementação de um direito genuíno à experimentação.

Paralelamente ao estabelecimento de um quadro global favorável à inovação e aos investimentos, Varin sustenta que também será necessário compreender e apoiar as diversas transformações que afetarão os negócios e as habilidades, bem como os empregos e o trabalho, que serão redefinidos pelo digital. Será preciso investir fortemente na formação inicial e na formação profissional contínua, a fim de lidar de maneira efetiva com a tensão sobre empregos e habilidades.

Também sugere que a organização do trabalho seja adaptada à economia digital. Segundo ele, a revolução digital torna as organizações mais horizontais e libertam funcionários das restrições hierárquicas, temporais e geográficas que poderiam ter um impacto negativo sobre o seu envolvimento e, em última análise, sobre a competitividade das empresas. O surgimento de práticas novas e mais flexíveis deve ser, portanto, acompanhado pelo fortalecimento da livre gestão das horas de trabalho e do relaxamento da legislação social e fiscal em relação ao teletrabalho e ao nomadismo que atualmente está dificultando a implantação de tais dispositivos na França.

Desafios e Vantagens da Indústria Francesa

Para Thibaut Bidet-Mayer, pesquisador do *think tank* francês *La Fabrique de l'industrie*, no estudo *L'industrie du futur*: une compétition mondiale de 2016, o principal desafio para a indústria francesa é a modernização do seu sistema de produção, a fim de acelerar o seu aumento de qualidade e de intensidade tecnológica e melhorar de forma sustentável sua competitividade. Há mais de uma década, a indústria francesa enfrenta um círculo vicioso: as margens de lucro das empresas são muito baixas para sustentar o investimento, o envelhecimento dos equipamentos se acelera, a capacidade de inovar se reduz. Em resultado, as empresas francesas estão muito aquém dos seus concorrentes e sofrem de subinvestimento crónico.

O atraso tecnológico da indústria francesa está evidenciado no número de robôs industriais. Em 2014, as empresas industriais francesas utilizavam apenas 32.233 robôs, em contraste com os 59.823 da Itália e os 175.768 da Alemanha. Em termos de densidade, ou seja, a relação entre o estoque de robôs industriais em serviço e o número de trabalhadores, em 2013, a França contava com apenas 125 robôs por 10 mil trabalhadores ante os 282 da Alemanha e os 437 da Coreia do Sul, líder mundial da classificação elaborada pela Federação Internacional de Robótica.

Ademais, a despeito de uma pesquisa básica de qualidade na área, cobrindo amplo espectro de aplicação, a França não produz robôs industriais, setor dominado pelo Japão, Alemanha e outros países. A Renault, que contribuiu para o surgimento da pesquisa em robótica na França nos anos 1970, interrompeu a produção de robôs industriais no final da década de 1980.

Além do baixo desempenho em robotização, a indústria francesa também registra atraso no que se refere à incorporação das tecnologias digitais, em particular dos usos mais avançados permitidos pela computação nas nuvens e pela Internet das coisas. De acordo com o autor, o uso do digital nas empresas industriais francês é muitas vezes limitado ao básico (*e-mails*, *website* como vitrine, etc.) enquanto os usos mais avançados são restritos a um número reduzido de empresas, entre as quais se destacam os grandes grupos.

As empresas industriais francesas também registram lacunas no desenvolvimento de habilidades-chave dos seus empregados. Em 2014, 17% das empresas francesas empregaram um especialista em tecnologias de informação e comunicação e 20%

organizaram treinamento nesta área, respectivamente, 7 e 14 pontos percentuais menos do que na Alemanha.

Outro importante desafio a ser enfrentado pela indústria francesa diz respeito à elevação da qualidade e da intensidade tecnológica da produção. Para Bidet-Mayer, "a integração de novas tecnologias de produção, automação e digitalização de processos deve ser parte de um movimento de elevar a qualidade do produto, sem o qual qualquer estratégia de reconquista industrial seria inútil".

Segundo ele, desde 2008, diversos estudos e relatórios têm destacado a necessidade de a indústria francesa desenvolver uma oferta diferenciada e de alta qualidade capaz de se impor no mercado mundial ou de introduzir processos de produção mais eficientes, mediante uma melhoria contínua dos equipamentos e das condições de trabalho, que liberem a criatividade dos empregos em prol da inovação. A modernização industrial deve ser, portanto, entendida, no sentido amplo, que inclui não apenas tecnologias e equipamentos, mas também design e marketing.

Várias empresas ainda estabelecidas na França fornecem excelentes exemplos deste tipo de posicionamento necessário. Ao se concentrar no desenvolvimento de produtos inovadores com alto conteúdo tecnológico, empresas como Thuasne em têxteis técnicos ou Axon 'Cable, Eolane ou Actia em sistemas eletrônicos, conseguiram resistir ao colapso dos setores sujeitos à concorrência em preços exercidos pelos países emergentes.

Todavia, tal estratégia de *upscaling* representa um desafio significativo para as empresas e só pode ser sustentado ao longo do tempo, pois exige a mobilização de recursos financeiros expressivos e desafia muitas outras dimensões: inovação, qualidade, serviços, organização da produção, nível de qualificação dos funcionários, etc. A indústria do futuro representa uma oportunidade única para unir todas as partes interessadas em torno desta questão.

Segundo Bidet-Mayer, a visão tecnológica da *Industrie 4.0* estabeleceu no discurso coletivo a imagem das fábricas automatizadas e digitalizadas ao extremo, onde as linhas de produção seriam flexíveis graças às máquinas-ferramentas conectadas de alto nível, obviamente produzidas pelos campeões da indústria mecânica alemã. Por essa visão, os fornecedores franceses parecerem estar atrasados em relação a esses líderes e ter perdido a revolução da tecnologia 4.0. Portanto é crucial que a França explore seus pontos fortes nas principais tecnologias da indústria do futuro.

Ainda que certamente não consigam competir com líderes alemães ou coreanos em robótica industrial, as empresas francesas possuem inúmeras vantagens em tecnologias

digitais, tais como os sistemas integrados e a realidade aumentada, entre outras. A mobilização em torno da indústria do futuro pode ser uma oportunidade para unir todas as partes interessadas em torno desses objetivos, colocar a França no caminho da reindustrialização.

A cibersegurança é um exemplo dessas muitas áreas em que a oferta francesa se destaca e cujas perspectivas de crescimento são promissoras. A difusão de máquinas-ferramentas e objetos conectados à rede ou a integração da cadeia de valor através de ferramentas digitais aumentam os volumes, mas também o número de canais de troca de dados e, portanto, as possibilidades de penetração de *hackers* nos sistemas das instalações industriais ou de redes de energia.

Grandes grupos franceses como Airbus ou Thales ocupam hoje posição de liderança no mercado de segurança cibernética. O desafio para eles é transpor suas tecnologias avançadas, desenvolvidas para aplicações militares ou sensíveis, para um mercado muito maior. Ao seu lado, empresas de serviços como a Atos ou a Orange também oferecem esse tipo de serviço em pacotes de suporte global para a transformação digital das empresas. Finalmente, existem muitas PME e ETI especialistas em na publicação e integração de soluções avançadas de segurança cibernética.

Nos últimos anos, a França conseguiu desenvolver um grupo de startups e PME especializadas no mundo digital: internet de coisas, dados importantes, etc. Entre outros, Bidet-Mayer menciona o caso de sucesso da Sigfox que levantou, no início de 2015, 100 milhões de euros junto a investidores europeus, norte-americanos e asiáticos, para acelerar seu desenvolvimento internacional. Essa *startup* desenvolveu uma rede de banda ultra estreita dedicada à internet das coisas, que abrange áreas muito grandes com economia de infraestrutura.

A questão central dessas tecnologias digitais - e para as tecnologias da indústria do futuro em geral - é o estabelecimento de padrões que permitem a interoperabilidade de sistemas. As relações entre grupos grandes e *startups* ainda são ambíguas, alternando entre fascinação e desconfiança mútua. No entanto, a multiplicação de incubadoras em grandes grupos industriais é um sinal desse desejo de aproveitar as vantagens e qualidades de cada um: o poder econômico e comercial dos grandes grupos, por um lado, agilidade e capacidade de inovação específica das pequenas estruturas, por outro.

Na opinião de Bidet-Mayer, do sucesso dessas cooperações dependerá, em grande parte, a capacidade da França de impor seus produtos e padrões, contra concorrentes norte-americanos que, capitaneados por AT&T, Cisco, General Electric, IBM e Intel,

lançaram em 2015, o Consórcio Internacional da Internet (IIC, na sigla em inglês), reunindo mais de 200 atores da internet das coisas (IoT). Nesse sentido, o plano de ação comum estabelecido entre Alemanha e a França em abril de 2016 será importante para estabelecer um quadro de referências comum para a arquitetura do modelo indústria 4.0 (RAMI 4).

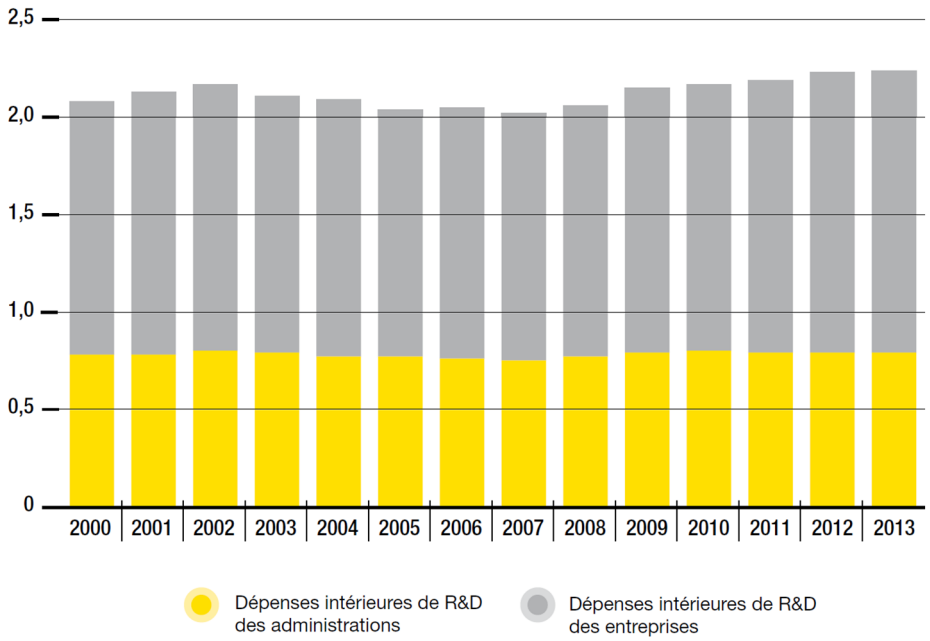
A qualidade da pesquisa pública representa outra grande vantagem para a França. No país, há diversos laboratórios de primeira linha, como os do Centro Nacional de Pesquisa Científica (CNRS), do Instituto Nacional de Pesquisas em Informática e Automação (INRIA) e do CEA. Além disso, as estruturas de spin-off de alguns desses organismos comprovaram sua eficácia. O INRA, por exemplo, é um dos pioneiros neste campo. Por trinta anos, esse instituto tem participado da criação e desenvolvimento de mais de 120 empresas tecnológicas inovadoras, oferecendo produtos e serviços em setores tão diversos como defesa, transporte, energia, educação, etc. Este apoio consiste não só em fornecer assistência financeira para facilitar a iniciação das sementes, mas também em aconselhar os pesquisadores a definir e formalizar seu empreendimento. Este sistema de suporte permite vincular o conhecimento dos pesquisadores e as necessidades do mercado e ajuda-os a adquirir uma cultura empresarial necessária neste tipo de enfoque.

Porém, no geral, a França continua a ser um país "seguidor" para a inovação, que luta para transformar os resultados de sua pesquisa em aplicações comercializáveis, criando riqueza. Para ilustrar a especificidade da França no tema, Bidet-Mayer menciona o caso da manufatura aditiva, uma das tecnologias centrais da indústria do futuro. Segundo ele, em 1984, duas patentes que descrevem a técnica de estereolitografia foram registradas por franceses. A subsidiária da Alcatel que possuía as patentes não considerou apropriado mantê-las, ainda que um laboratório do CNRS tenha mostrado a viabilidade do processo. Na mesma ocasião, um estudante norte-americano registrou patente descrevendo técnica semelhante. Menos de dois anos mais tarde, esse norte-americano criou *start-up* que rapidamente se tornou o líder mundial nesta tecnologia.

Desde o final dos anos 1990, inúmeras iniciativas foram adotadas na França para melhorar a interface entre organizações de pesquisa e empresas, tais como a ampliação do crédito fiscal para a pesquisa (CIR, na sigla em francês), a criação dos polos de competitividade em 2005, a rede dos Institutos de Carnot em 2006, os Institutos de Pesquisa Tecnológica (IRT), as Empresas de Aceleração de Transferência de Tecnologia (SATT), criadas em 2014, com a missão de simplificar e profissionalizar a transferência de inovações da pesquisa acadêmica francesa para as empresas etc. Esta política teve efeitos positivos. Embora o gasto público em pesquisa e desenvolvimento, expresso em

porcentagem de PIB, tenha permanecido estável, o esforço de pesquisa das empresas aumentou consideravelmente, sobretudo a partir de 2009. Em 2015, a intensidade do BERD na França atingiu 1,4% do PIB (ante 1,27% em 2005), de acordo com os dados da OCDE.

França - Despesas Domésticas das Empresas com P&D (BERD) e Despesas Domésticas do Governo com P&D em % do PIB



Extraído de Thibaut Bidet-Mayer, *L'industrie du futur : une compétition mondiale*, Paris, Presses des Mines, 2016, p. 62.

Em termos comparativos, não obstante o crescimento no período recente, o volume dos gastos domésticos brutos das empresas francesas com P&D corresponde apenas à metade do gasto das empresas alemãs. Considerando somente as dez maiores empresas em volume de BERD, a diferença de desempenho das empresas francesas frente às alemãs é ainda mais significativa: 17,5 bilhões de euros ante 45,4 bilhões, ou seja, os gastos das empresas francesas equivalem a menos de um terço das congêneres alemãs. Entre as *top* 100 mundial, há apenas seis empresas francesas.

Países Selecionados da Europa - Gastos com Pesquisa & Desenvolvimento (P&D) em 2014

Bilhões de euros correntes, Top 100 mundial

		França	Alemanha	Espanha	Itália	EU 15
Gastos Brutos com P&D (GERD, na sigla em inglês)	em volume	48,1	83,6	14,3	20,8	271,7
	em % PIB	2,26	2,87	1,23	1,29	2,12
Gastos das Empresas com P&D (BERD, na sigla em inglês)	em volume	31,1	56,9	6,8	11,5	175,1
	em % PIB	1,46	1,95	0,65	0,72	1,36
10 primeiras empresas*	em volume	17,2	45,4	4,02	4,34	-
Número de empresas	Top 100	6	11	1	1	-

Extraído de OFCE, Département Innovation et concurrence. L'état du tissu productif français absence de reprise ou véritable décrochage ?, *OFCE Policy Brief 6*, Sciences Po, 9 novembre 2016, p. 13.

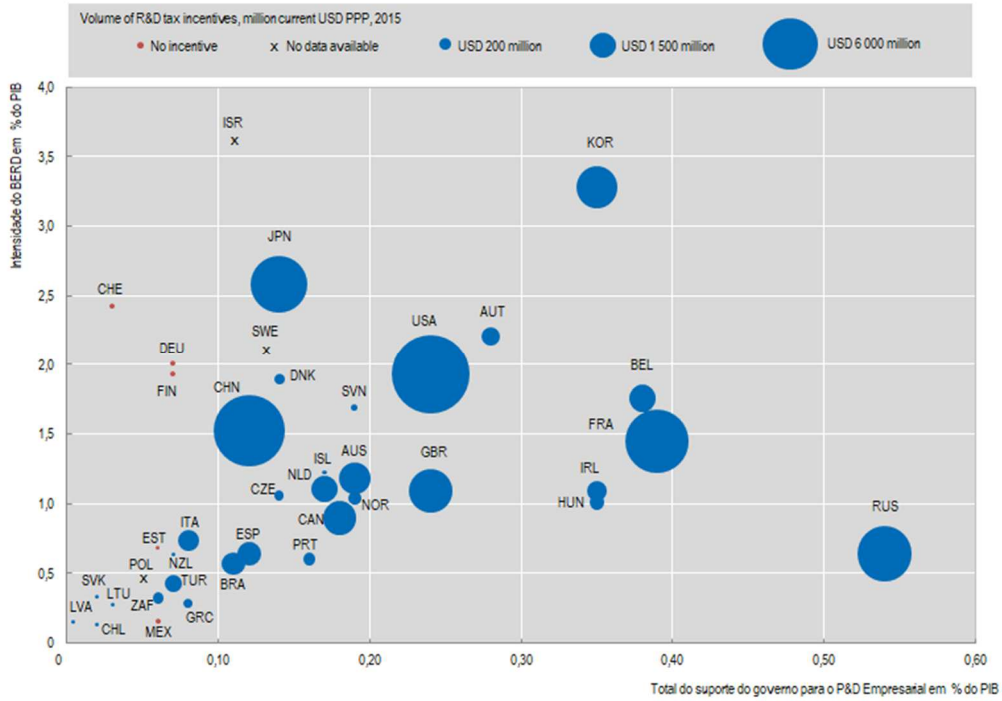
Nota:

* Estas são as empresas que mais gastaram em P&D em um total de 2.500 empresas que gastaram pelo menos 18 milhões de euros em P&D em 2014.

Porém, segundo a OCDE, a França tem uma alta taxa de apoio às atividades de P&D empresariais em relação a países com intensidades similares do BERD. Em 2015, o apoio do governo francês ao P&D das empresas era de 0,39% do PIB, o maior entre todos os países membros da OCDE. Nesse ano, volume corrente de suporte fiscal ao P&D empresarial concedido pelo governo francês foi de US$ 7,4 bilhões em PPP, atrás apenas dos Estados Unidos (US$ 11 bilhões) e da China (US$ 9,4 bilhões). Na França, as políticas de apoio ao P&D e inovação envolvem apoio direto (bolsas, financiamentos para projetos de pesquisa, etc.) e indireto (essencialmente créditos tributários).

Intensidade do P&D Empresarial (BERD) e Suporte do Governo às Empresas, 2015

Em % do PIB



Extraído de OECD Science, Technology and Industry Scoreboard 2017 - The Digital Transformation: France, November 2017.

A excelência das escolas de engenharia francesas é outra vantagem que precisa ser mobilizada, na avaliação de Bidet-Mayer. Os engenheiros são peça-chave para uma transição bem-sucedida em direção à indústria do futuro. Por essa razão, a qualidade da educação de engenharia na França é um bem valioso.

A transformação aprofundada de funções terciárias, como *marketing*, logística ou gerenciamento comercial digital, exigirá muitos especialistas em desenvolvimento informático, em big data, mas também arquitetos de sistemas de rede de equipamentos informáticos, sites, máquinas e objetos conectados. Porém, de modo geral, as dificuldades de recrutamento em empregos de engenharia são, em parte, devido à falta de atratividade do setor industrial. A isso se soma, a exigência elevada das empresas no que se refere o perfil ideal do engenheiro: conhecimentos técnicos combinados com habilidades gerenciais, para ter uma visão global de todos os aspectos do negócio, a capacidade de trabalhar internacionalmente, as qualidades para integrar em estruturas e métodos de trabalho sempre em mudança, etc.

No final, são as pequenas empresas inovadoras que estão sofrendo mais com essa escassez. Colocadas em nichos tecnológicos, as PME de base tecnológica precisam de engenheiros qualificados para se desenvolver, e sua dificuldade em atrair graduados

limita seu crescimento. O programa "Engenheiro, pense PME", lançado em 2013 por três escolas de engenharia localizadas entre Aix-en-Provence e Marselha, por exemplo, consiste em organizar durante todo o ano visitas a empresas, conferências e encontros entre estudantes e PMEs da região. Em três anos, a proporção de estudantes nessas escolas que concluíram seu estágio em PMEs aumentou de 5% para 20%. Alguns grandes grupos industriais também estão começando a enfrentar esse problema de acesso a habilidades e estão intensificando a cooperação interempresarial com as PMEs em seu setor.

Em resumo para o autor, a indústria do futuro representa uma questão de competitividade para todas as empresas industriais. A França pode se beneficiar da experiência de seus principais grupos e da vivacidade de seu tecido corporativo no mundo digital. Também pode contar com a boa qualidade da pesquisa pública em pesquisa e da formação de engenharia, especialmente se souberem melhorar a qualidade de seus intercâmbios com as PMEs e a ETI industrial.

4.7. Políticas para a Indústria 4.0 na Coreia do Sul[38]

Introdução

O presente estudo sobre a evolução da política industrial sul-coreana recorreu a documentos do governo e comunicados de imprensa dos ministérios de Comércio, Indústria e Energia (MOTIE) e do Ministério de Ciência, Tecnologia de Informação e Comunicação e Planejamento Futuro (MSIP).

As informações oficiais foram complementadas com estudos produzidos pelos pesquisadores do Centro Cadeias Globais de Valor da Universidade de Duke (STACEY Frederick e outros. *Korea in Global Value Chains*: Pathways for Industrial Transformation Duke GVC Center; KIET September 2017) e da OCDE (*Industry and Technology Policies in Korea*, 2014 e *STI Outlook 2016*) e pela Koma-Associação Coreana de Produtores de Máquinas Ferramentas (*KMTI Fueling the Benefits of Creative Economy*, 2015).

Também foram considerados artigos acadêmicos e de imprensa, tais como: Development of Innovative Strategies for the Korean Manufacturing Industry by Use of the Connected Smart Factory, de 2016, com autoria de Park Sungbum; Smart Manufacturing: Past Research, Present Findings, and Future Directions, realizado por Hyoung Seok Kang em parceria com outros autores, também em 2016. Outros artigos consultados foram Korea´s response for the next industrial revolution de Hang-Koo Lee, de 2014; Smart Factory: Innovation manufacturing 3.0 strategy needs better focus, de Suk-yee Jung, de 2015, e Smart industry in Korea, de Eun Ha Jeong, também de 2015.

Esses trabalhos apontam para o fato de que a excelência sul-coreana na indústria fora inicialmente impulsionada por políticas públicas organizadas em planos quinquenais contínuos ao longo da segunda metade do século XX, resultando em um rápido processo de industrialização. Esses planos lançaram as bases para o surgimento de algumas empresas, que se tornaram líderes mundialmente competitivas, apoiadas por investimentos pesados em capital humano e em pesquisa e desenvolvimento (P&D).

[38] Trabalho divulgado como Carta IEDI n. 831. Disponível em https://iedi.org.br/cartas/carta_iedi_n_831.html

Uma relação estreita e efetiva entre a burocracia estatal e as empresas privadas, foi uma característica da política industrial da Coréia do Sul até o início da década de 1990, não obstante revelações públicas ocasionais de corrupção. A abordagem do país em relação à política industrial passou, ao longo do tempo, de um modelo de Estado forte para um modelo no qual o setor privado desempenha um papel mais proativo, o que foi facilitado pelo crescimento significativo das capacidades e recursos do setor privado nas últimas décadas. A despeito disso, o governo sul-coreano ainda desempenha um papel fundamental na facilitação do crescimento industrial, integração global e transformação pós-industrial, com ênfase em uma economia criativa baseada no conhecimento, crescimento das pequenas e médias empresas e P&D avançado e inovador.

A política industrial da Coréia da Sul deu origem ao surgimento de um grupo de empresas privadas muito fortes, conhecidas como *chaebols*. Em grande parte protegidas no mercado interno até a crise asiática em 1997, essas empresas contaram com forte apoio governamental, sob a forma de empréstimos, subsídios e acesso preferencial a capital e tecnologia. Várias dessas grandes empresas, que são tipicamente grandes conglomerados altamente diversificados, alcançaram proeminência em setores industriais-chave, incluindo automotivo, eletrônico e construção naval, e se tornam internacionalmente competitivas. Hoje, a Samsung, a LG e a Hyundai são nomes familiares ao redor do globo.

***Chaebols* líderes**

Empresa	Interesses principais na indústria	Receita Anual em 2016 (US$ bilhões)
Samsung	Semicondutores, Eletrônicos (telefones, TVs), Eletrodomésticos, Hotéis, Produtos Farmacêuticos, Construção Naval	173,4
Hyundai Motor	Automotivo	83
SK	Semicondutores; Óleo e gás; Telecomunicações, Finanças	72
LG	Eletrônica (smartphones, TVs), Eletrodomésticos, Cosméticos, Produtos Químicos, Fertilizantes	47,9

Extraído de STACEY, Frederick e outros, 2017: pg 2-4.

A Coréia do Sul tem sido considerada como um dos relativamente poucos exemplos da aplicação bem-sucedida da política industrial para alcançar o *catch-up* econômico. Segundo o pesquisador do Instituto Coreano para Economia Industrial e Comércio

(KIET), LEE Hang-Koo (2014), para o sucesso da política industrial sul-coreano contribuíram os seguintes fatores:

- Empreendedorismo com apoio governamental;
- Baixo preço do capital e dos terrenos (distrito industrial);
- Empregados extremamente dedicados;
- Inovação tecnológica;
- Estrutura industrial verticalmente integrado, o que garante uma base estável de suprimento;
- Indústrias conexas bem-desenvolvidas.

Desde a década de 1970, sucessivos governos coreanos usaram uma ampla variedade de políticas industriais seletivas estratégicas para moldar o desenvolvimento da economia. Certos setores da economia foram priorizados em uma sucessão de planos quinquenais de desenvolvimento econômico. Ação para apoiar os setores prioritários foi realizada em diversas áreas de políticas, incluindo inovação e tecnologia, financeira, comércio e investimento, educação e treinamento e infraestrutura. À medida que a economia se desenvolveu, os setores visados pela política industrial mudaram.

Da ênfase inicial na indústria leve intensiva em trabalho, infraestrutura e energia, o foco mudou, ao longo do tempo, primeiro para indústrias pesadas e químicas, intensivas em capital, e posteriormente para indústrias de alta tecnologia, principalmente eletrônicos de consumo. Já partir do final da década de 1990, a estratégia industrial coreana se concentrou em tecnologias e a ênfase mudou para a promoção da P&D e da inovação, como meio de alcançar uma posição de liderança tecnológica.

	Meados dos Anos 1970	Meados dos Anos 1990	Meados dos Anos 2000	Meados dos Anos 2010
Indústria Principal	Intensiva em trabalho	Intensiva em capital	Intensiva em tecnologia	Baseada em conhecimento
Crescimento Econômico	Estágio inicial	Rápido crescimento	Recessão devido a crise cambial e financeira	Recuperação lenta da recessão associada à crise financeira internacional
Paradigma do Desenvolvimento Econômico	Estabelecimento de bases sólidas	Expansão quantitativa	Transição para o desenvolvimento qualitativo	Aprofundamento do desenvolvimento qualitativo
Nível Tecnológico	Adoção	Desenvolvimento	Inovação	Convergência Tecnológica
Principal Força-de-Trabalho	Trabalhadores pouco qualificados	Técnicos	Engenheiros	Engenheiros e cientistas

Fonte: LEE, 2014, p. 4.

Todavia, a partir da segunda metade da década de 1990, e ainda mais após a crise financeira asiática de 1997-1998, o governo sul-coreano cedeu às orientações dos organismos internacionais, como Banco Mundial e Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), em mudar sua política de desenvolvimento industrial orientada para o *catch-up*, com base em extensa mão de obra e entrada de capital, e buscar novos motores de crescimento. Seguindo essas recomendações, o governo do presidente Kim Dae-jung (1998-2003) realizou no país reformas drásticas em diversas nas áreas da economia, mas o ativismo na política industrial e, sobretudo, a ênfase nas prioridades setoriais foram mantidas.

Em função dos impactos econômicos da crise da Ásia, o governo promoveu uma ampla reorganização industrial, cujos objetivos principais foram: i) reestruturar empresas insolventes que não pudessem pagar suas dívidas e ii) fortalecer a disciplina do mercado para evitar futuras crises. Nesse processo de restruturação corporativa, as instituições financeiras estatais foram peça-chave. Na Coreia do Sul, instituições financeiras governamentais são importante mecanismo para a realização de objetivos de política industrial.

Além da reestruturação do setor corporativo, que envolveu especialmente os 30 maiores conglomerados, o governo sul-coreano agiu na promoção do setor privado mediante a promulgação em 1999 do Ato de Desenvolvimento Industrial, com objetivo de apoiar o avanço na estrutura industrial, o aprimoramento da competitividade e a promoção da criação de novas indústrias tanto no setor da indústria de transformação como nos demais setores de atividade econômica.

Desde a virada do século, a política industrial na Coreia do Sul tem sido impulsionada principalmente a nível ministerial e se concentra em promover futuras indústrias. Como

pode ser observado no Quadro abaixo, a política de novos motores de crescimento introduzida em 1998 segue em vigor nos dias atuais, embora o seu foco tenha sido modificado continuamente, de acordo com a estratégia de transformar a Coreia do Sul em uma economia baseada em conhecimento e inovação. Porém, os sucessivos governos no período mais recente introduziram mudanças significativas nas instituições responsáveis pela concepção e execução de políticas, que inevitavelmente acarretaram alguma descontinuidade nos programas e políticas.

Coreia do Sul - Política de Novos Motores de Crescimento, 1998-2017

	Intensivo em conhecimento (1998-2002)	Nova geração (2003-07)	Economia Verde (2008-2012)	Economia Criativa (2013-2017)
P&D	Tecnologia aplicada	Tecnologia básica	Tecnologia verde (convergência tecnológica)	Convergência tecnológica
Desenvolvimento de Recursos Humanos	Conhecimento	Interdisciplinar	Ciência, Tecnologia, Engenharia, Arte, Matemática (STEAM, na sigla em inglês)	Criativo
Infraestutura	Aglomeração	Centros de apoio	Plataforma de teste (*test bed*)	Centros de excelência
Serviços prestados às empresas	Consultoria	Construção de marca	Modelo de negócios	Engenharia, *Design*

Extraído de LEE, 2014: p. 25.

No entanto, a partir de 2013, o governo sul-coreano colocou menos ênfase nas prioridades setoriais, concentrando atenção em tecnologias estratégicas. Ou seja, a política industrial sul-coreana passou a enfatizar mais a segmentação por tecnologia do que a segmentação por setor. Essa redução da ênfase na definição explícita de políticas setoriais seletivas na Coréia do Sul está em consonância com o pensamento econômico convencional sobre as dificuldades práticas de escolher vencedores e os perigos da captura por interesses criados. Todavia, como ressalta a OCDE (2014), tal mudança ocorreu, ironicamente, em um momento em que, por uma variedade de razões, vários países industrializados avançados estão experimentando novas abordagens para a política industrial.

Em vários países industrializados, como Alemanha, Dinamarca, França, Japão, Reino Unido, Holanda, há solicitações para políticas industriais para fortalecimento de setores específicos, tecnologias ou áreas de atividade econômica, como manufatura avançada, serviços empresariais intensivos em conhecimento ou a economia "verde", com o objetivo de promover novas fontes de crescimento econômico. Alguns desses países realizam escolhas estratégicas tanto de tecnologias como de setores, combinação que resulta em várias vantagens, dentre as quais, fornecer um canal vital que liga ciência e tecnologia às necessidades da indústria.

Como será visto a seguir, nos anos 2000, a Coréia do Sul buscou se transformar economia do conhecimento e inovação. Novas fontes de crescimento adequadas a esse objetivo foram identificadas e amplos programas foram lançados. Ainda que a política industrial tenha mantido o foco na indústria de transformação, os serviços de alto valor adicionado e as atividades da economia do conhecimento ganharam maior destaque na política e reforçaram, gradualmente, sua posição na economia sul-coreana na primeira década do século XXI.

Esses serviços intensivos de conhecimento são considerados como soluções para problemas de emprego na sociedade pós-industrial, por essa razão medidas abrangentes de política governamental foram adotadas na Coreia do Sul, com intuito de melhorar a competitividade do setor de serviço, reduzindo o diferencial de desenvolvimento em relação à indústria de transformação. De acordo com Stacey e outros (2017), o progresso na criação de emprego no setor de serviços de alto valor é especialmente importante para o país, uma vez que a criação de emprego doméstico pelas grandes empresas sul-coreanas diminuiu em razão tanto do aumento de sua produtividade quanto da ampliação da participação de sua produção no exterior. Entre 1995 e 2010, a participação das grandes corporações no emprego doméstico caiu de 18% para 12%, enquanto as suas operações no exterior se expandiram significativamente.

Planejamento Industrial e Tecnológico na Coréia do Sul: 2000-2016

Período	Políticas e Iniciativas Principais	Foco/Impacto
2000	Visão 2025 - Plano de longo prazo para o desenvolvimento do P&D. Desenvolvimento econômico baseado no conhecimento. Mudança de uma estratégia industrial impulsionada por capital para uma estratégia impulsionada pela inovação, enfatizando tecnologia e eficiência. Internacionalização de pequenas e médias empresas.	Promoção do P & D; Incentivo à reorientação das indústrias tradicionais para segmentos de alto conteúdo tecnologico e alto valor agregado; Promoção da competitividade dos serviços de alto valor agregado; **PMEs, T**reinamento de mão-de-obra industrial; Clusters, Desenvolvimento regional.
2003-2008	Programa Motor de Crescimento de Próxima Geração (2003), Plano Quinquenal Básico de C&T (2003-2007), Plano Quinquenal de Desenvolvimento Nacional Equilibrado (2004-2008).	Priorização de dez indústrias como motores de crescimento futuro; desenvolvimento de *clusters* regionais de inovação.
2008	Iniciativa 577	Impulsionar o poderio da C&T , elevando os gastos de P&D de 3,23 % em 2006 a 5% em 2012 em sete áreas tecnológicas prioritárias; Ampliar os investimentos em pesqusisa básica, Fomentar a inovação e a comercialização dos desenvolvimentos
2008- 2013	Estratégia Economia do Conhecimento; Plano Quinquenal Básico de C&T (2008-2012);	Promoção da tecnologia verde, convergência de alta tecnologia e de serviços de alto valor agregado e seleção de 17 setores como novos motores de crescimento
2013	Plano Estratégico da Economia Criativa	Combinar C&T e tecncologia de comunicação e informação para criar novas indústrias e mercados, e tornar as indústrias existentes mais fortes e, assim, criar empregos dignos
	Plano Quinquenal Básico de C&T (2013-2017)	Contribuir com 40% de crescimento econômico por meio de P & D, criar 640 000 empregos e aumentar a capacidade de inovação da Coréia do Sul para o nível dos sete principais economias mundiais
2013-2017	Centros de Economia Criativa e Inovação (CCEIs);	Economia criativa; crescimento compartilhado de grandes empresas e PMEs .
	Estratégia de Inovação Industrial 3.0	Iniciativa governamental para disseminar tecnologias de fábricas inteligentes entre as PME locais.
	Plano Trienal de Inovação Econômica em 2014	Desenvolvimento de tecnologias relacionadas à manufatura inteligente.
2015	Reforma do ecossistema de P& D a partir do Plano de Governo de P&D para Inovação;	Melhorar a qualidade dos produtos de P & D; acelerar o apoio às PMEs, reconstruindo a estrutura fundamental de P & D apoiado pelo governo.
	Roteiro para o P&D em manufatura inteligente	Suporte estratégico para tecnologias de fabricação inteligente para sensores inteligentes, CPS, impressão 3D, economia de energia, IoT, computação nas nuvem, Big data e holograma
2016	Plano de Ação Integral dos Motores de Crescimento Futuro (19 áreas)	Integração de políticas; Redefinição dos papéis do governo e do setor privado nos respectivos domínios dos motores de crescimento futuro; Desenvolvimento estratégico de tecnologia ; Suporte para infraestrutura tecnológica.
	Plano de Médio e Longo Prazo para uma Sociedade de Informação Inteligente	Preparar a sociedade coreana para a Quarta Revolução Industrial

Fontes: STACEY e outros (2017), Kang e outros (2016), MSIP (2015), MOIT (2014), OCDE (2014).

A Transformação da Coreia do Sul em uma Economia baseada em Inovação

Como já mencionado, a partir do final da década de 1990, os esforços dos sucessivos governos sul-coreanos se concentraram em transformar o país em uma economia do conhecimento, com uma diversificação de setores baseados em inovação. Com o propósito de transformar a Coréia do Sul em uma economia impulsionada pela inovação, foram adotadas inúmeras medidas de tecnologia e inovação, coordenadas à promulgação de leis e planos estratégicos nacionais. Também foi criado em 1999, o Conselho Nacional Científico e Tecnológico, cuja presidência ficou a cargo do presidente da República.

Peça central nesse processo foi a Estratégia Visão 2025, cujos objetivos foram definidos para três fases, abrangendo um período total de 25 anos, cada uma delas definida por um tema unificador, que caracteriza o foco principal de atividade para esse período.

Na primeira fase, que foi de 2000 até 2005, a Coreia do Sul buscou colocar as capacidades científicas e tecnológicas em níveis competitivos com os dos principais países do mundo, mobilizando recursos, expandindo infraestrutura industrial, aumentando os investimentos e a eficiência do P&D e melhorando leis e regulamentos relevantes, em linha com as tendências de inovação liderada pelo setor privado. Partindo da 28ª posição na classificação mundial por competitividade tecnológica, a Coreia do Sul pretendia se posicionar entre os décimos primeiros colocados até 2005, bem a frente de outros países asiáticos. Na sua fase, até 2015, o país pretendia se destacar como um importante país promotor de P&D na região Ásia-Pacífico, e se tornar um centro de estudos científicos e de informações baseadas no conhecimento corrente e em ideias relacionadas à comunicação, criando uma nova atmosfera propícia à promoção de P&D e à transferência de tecnologias e desenvolvendo infra-tecnologias de informação, tais como semicondutores de nova geração, computadores e internet. Na terceira fase (até 2025), a Coreia do Sul busca alcançar uma competitividade científica e tecnológica em áreas selecionadas (tecnologia de informação, tecnologias de sistemas e mecatrônica, energia, meio-ambiente, novos materiais e ciências da vida) comparáveis às dos sete principais países e elevar a contribuição da C&T ao crescimento econômico de 19% em 1999 para 30% em 2015.

Formulada em 1999 pelo Comitê de Planejamento, instituído pelo presidente Kim Dae-jung, e lançada em junho de 2000, a Visão 2025**,** que tem servido de norte ao planejamento industrial e tecnológico de sucessivos governos sul-coreanos, propôs

igualmente mudanças fundamentais na política de ciência e tecnologia do país: i) passar de um sistema de inovação liderado pelo governo e orientado para o desenvolvimento para um sistema privado de inovação liderado pela indústria e orientado para a divulgação; ii) mudança de um sistema de P&D fechado para um sistema de P&D em rede global; iii) passar de uma estratégia de aprimoramento do investimento dominada pela oferta para uma estratégia eficiente de distribuição de investimentos; iv) passar de uma estratégia de desenvolvimento de tecnologia a curto prazo para uma estratégia de inovação de mercado a longo prazo; e v) avançar para um sistema de inovação nacional liderado por ciência e tecnologia.

Com base na Visão 2025, foi elaborada a Lei-Marco de Ciência e Tecnologia, com o propósito de promover e planejar o desenvolvimento de longo prazo da ciência e da tecnologia de forma mais sistemática. Aprovada em 2002, essa lei forneceu a base jurídica dos Planos Quinquenais de Básicos de Ciência e Tecnologia (2003-07, 2008-12, 2013-2017), que são o guia geral para a condução da política científica e tecnológica na Coreia do Sul.

O governo do presidente Kim apoiou fortemente as tecnologias de comunicação e informação (ICT, na sigla em inglês). Também foram incentivadas as empresas de risco, definidas na legislação sul-coreana, segundo a OCDE, como pequenas empresas de base tecnológica e com alto potencial de crescimento, que contam com apoio financeiro de capital de risco.

Dando continuidade às iniciativas do seu antecessor, o governo do presidente Roh (2003-2008) colocou a C&T no topo de sua agenda política para promover o crescimento econômico. Com esse propósito, em 2003, reforçou o papel do Ministério da Ciência e Tecnologia (MOST), que se tornou a agência central para o planejamento, coordenação e avaliação de políticas de C & T, em cooperação com outros ministérios. O *status* do ministro da MOST foi elevado ao nível de vice-primeiro ministro. Igualmente, o sistema nacional de inovação foi restruturado de modo a fortalecer as funções intermediárias, eliminar os *gaps* entre os atores de inovação, melhorar o desempenho do sistema de inovação, modernizar a infraestrutura de inovação. Foram adotadas medidas para modernizar e fortalecer a capacidade de inovação, melhorar a eficiência dos investimentos em P&D, assegurar a oferta de trabalhadores altamente qualificados; modernizar os mecanismos de difusão tecnológica, o desenvolver tecnologias em áreas-chave, tais como: futuras tecnologias básicas (bio e nanotecnologias), megaciência (tecnologias espacial e marinha), energia, e bem-estar (saúde e transporte).

Nesse contexto, o governo sul coreano lançou uma grande iniciativa voltada para a inovação em todos os setores da economia e elegeu as regiões subnacionais - que estavam subdesenvolvidas em relação à área da capital - como uma nova fonte de crescimento. Como parte desse esforço, foi introduzido e executado o Plano Quinquenal de Desenvolvimento Nacional Equilibrado (2004-2008), que incluiu a realocação nas províncias dos institutos governamentais de pesquisa científica e tecnológica para promover o desenvolvimento de *clusters* regionais de inovação.

Dez indústrias - como TV digital, *displays* de computador, produtos biomédicos, semicondutores de próxima geração, baterias de próxima geração, automóveis do futuro, robôs inteligentes, comunicações móveis de próxima geração, redes inteligentes e soluções de conteúdo e *software* digital - foram designados como motores de crescimento da próxima geração. Esse programa de motores de crescimento da próxima geração recebeu investimentos do governo sul-coreano da ordem de 3,1 trilhões de wons (aproximadamente US$ 2,8 bilhões) no período 2004-2008.

No início da administração Roh, as políticas regionais relacionadas ao sistema de inovação ganharam destaque na política industrial. As quatro principais políticas de inovação regional foram: 1) criação da base para o estabelecimento do sistema regional de inovação (RIS, na sigla em inglês), 2) fortalecimento da capacidade de inovação das universidades nas províncias, 3) promoção de ciência e tecnologia em regiões provinciais e 4) estabelecimento de redes de instituições de pesquisa de indústria e das universidades. O esforço para fortalecer as redes regionais de inovação progrediu com a organização de conselhos regionais de inovação que desempenharam o papel de inovadores e coordenadores em cada uma das províncias.

Para assegurar a melhoria da competitividade local e regional bem como o desenvolvimento nacional equilibrado, cada uma das 16 regiões administrativas provinciais - incluindo a cidade especial de Seul, seis cidades metropolitanas e nove províncias - selecionou e promoveu quatro de suas próprias indústrias estratégicas, com base nas capacidades presentes e potenciais. Além disso, vários tipos de indústrias locais de pequeno porte foram incentivados e apoiados com o objetivo de construir os sistemas regionais de inovação.

Também no âmbito do Plano de Desenvolvimento Nacional Equilibradas, em 2004, foi lançado o Programa *Clusters* e Complexos Industriais (ICCP, na sigla em inglês). No início do programa, sete complexos-piloto foram selecionados em 2005, e seus setores especializados foram os seguintes: Banwol-Sihwa (peças e materiais), Ulsan (automóveis), Changwon (máquinas), Gumi (eletrônica), Gwangju (fotônica), Gunsan

(máquinas e autopeças) e Wonju (equipamentos médicos). Em 2008, foram designados cinco complexos adicionais, como Namdong (peças de máquinas), Ochang (eletrônicos e informações), Seongseo (mecatrônica), Noksan (equipamento de construção naval) e Daebul (construção naval).

Dado o elevado grau de polarização da economia sul-coreana, o governo do presidente Roh lançou igualmente uma estratégia de política industrial denominada "*win-win*". Essa política procurava estimular relações mais equilibradas entre as grandes empresas e as pequenas e médias empresas (PMEs). O governo subsequente do presidente Lee deu continuidade à estratégia "win-win", alterando o nome para "crescimento compartilhado", porém efetuou mudanças importantes na política, o governo criou o Comitê Nacional de Parceria Empresarial foi formado com representantes de conglomerados e pequenas empresas. Esse Comitê sugeriu áreas de negócios adequadas para as PMEs, nas quais as grandes empresas deveriam evitar avançar e a introdução de um sistema de participação nos lucros.

Empossado em fevereiro de 2008, o novo governo, do presidente Lee, lançou a Estratégia Economia do Conhecimento, que incluiu a transformação do Ministério do Comércio, Indústria e Energia em Ministério da Economia e do Conhecimento (MKE). Nessa estratégia, o governo buscou novas fontes de crescimento, como "crescimento verde", e designou uma seleção de 17 setores e tecnologias como novos motores de crescimento da economia sul-coreana, a saber:

- *Tecnologia verde*: energia nova e renovável, energia com baixo teor de carbono, tecnologia avançada de tratamento de água, aplicação de LEDs, sistemas de transporte verde e cidades verdes de alta tecnologia;

- *Convergência de alta tecnologia*: transmissão e comunicações, convergência de tecnologia de informação, robôs inteligentes, nanotecnologia, biofarmacêutica e dispositivos médicos, indústria alimentar de alto valor agregado;

- *Serviços de valor agregado*: saúde, educação, financiamento verde, conteúdo e *software*, e convenções e turismo.

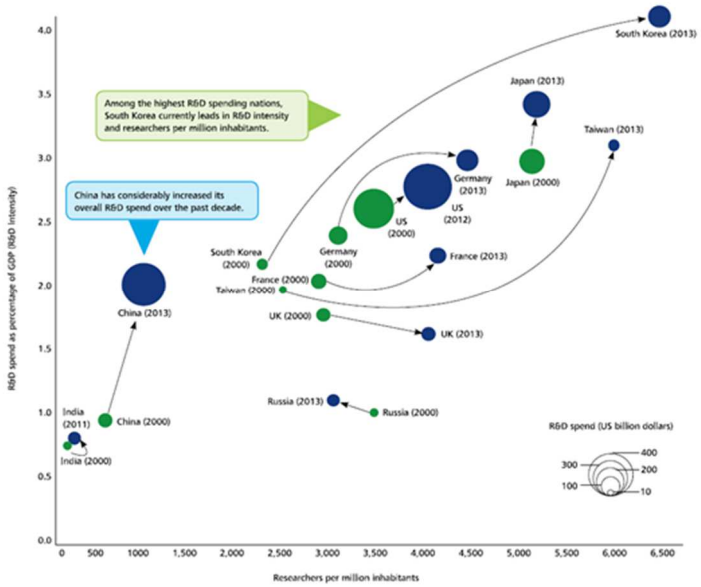
Na área de ciência, tecnologia (C&T), além do Plano Quinquenal Básico 2008-2012, o governo Lee anunciou, em dezembro de 2008, a "Iniciativa 577", que incluiu vários objetivos ambiciosos: alcançar uma intensidade de P&D de 5% até 2012; concentrar-se em sete áreas tecnológicas-chave e sete sistemas de apoio (recursos humanos de classe mundial, pesquisa básica e fundamental, inovação de PMEs, globalização de ciência e

tecnologia, inovação regional, infraestrutura de ciência e tecnologia e cultura de ciência e tecnologia). Com essa iniciativa, a Coreia do Sul visava tornar-se um dos sete principais poderes científicos e tecnológicos do mundo.

As sete áreas tecnológicas prioritárias da Iniciativa 577 são: 1) tecnologias industriais-chave (que inclui as tecnologias utilizadas na indústria automotiva, eletrônica de consumo, semicondutores, indústria naval, máquinas carros-chefes da indústria de transformação sul-coreana); 2) tecnologias industriais emergentes (tecnologias convergentes baseadas em tecnologia de informação, ciências do cérebro, medicamentos, equipamentos de diagnóstico, entre outros); 3) tecnologias de serviços baseadas no conhecimento (tecnologias de manufatura inteligente, *design*, tecnologia da cultura), 4) tecnologias lideradas pelo Estado (que inclui o programa espacial do país, desenvolvimento de energia nuclear e tecnologias militares, como armas de próxima geração), 5) tecnologias relacionadas a assuntos nacionais (megatendências relacionadas ao bem-estar da população); 6) tecnologias relacionadas a problemas mundiais (novas fontes de energia, meio ambiente e mudança climática, e 7) pesquisa básica e tecnologias convergentes que são a base das inovações de próxima geração (biochips e biosensores, robôs inteligentes, nanotecnologia baseada em materiais compósitos,). Nessas sete áreas tecnológicas foram identificadas 50 tecnologias críticas e 40 tecnologias prospectivas.

Para viabilizar o aumento da intensidade do P&D, o governo Lee elevou as despesas de P&D em 50%, de US$ 8,4 bilhões em 2008 para US$ 12,6 bilhões em 2012. A pesquisa básica recebeu metade desses recursos. Para estimular os investimentos em pesquisa e desenvolvimento do setor privado, responsável por 75% dos gastos totais com P&D, o governo concedeu incentivos fiscais. Embora a Coreia do Sul não tenha alcançado a meta de intensidade do P&D de 5% em 2012, é notável o avanço alcançado pelo país entre 2000 e 2013. Em 2013, a Coreia do Sul era líder mundial tanto em intensidade do P&D (4,2% do PIB) como em número de pesquisadores por milhão de habitante (6.500).

Gastos com P&D e números de pesquisadores, Top 10 países, 2000-2013



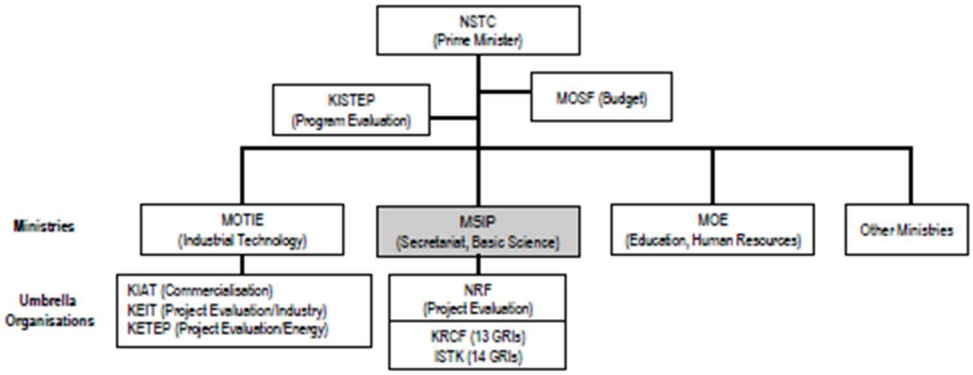
Extraído de Stacey e outros, 2017; p. 5-21.

A indústria de transformação tem uma participação dominante nos investimentos em P&D. As despesas de P&D estão concentradas em um pequeno número de empresas nesse setor. As grandes empresas representaram dois terços das despesas de P&D, enquanto as pequenas e médias empresas respondem por apenas um terço. Cerca de três quartos da P&D do setor empresarial são realizadas em indústrias de média alta e alta tecnologia; 80% desses três quartos se concentram em dois setores, as TIC e o automotivo, uma das maiores taxas para os países da OCDE.

O governo da presidente Park Geun-hye (2013-2017), iniciado em fevereiro de 2013, continuou os esforços dos governos anteriores para transformar a Coreia da Sul em um líder de inovação e buscar novos meios para garantir o crescimento econômico continuado. Com esse propósito, foram elaborados planos para desenvolver uma "economia criativa" e foi criado um novo ministério, o Ministério das Ciências, das TIC e do Planejamento Futuro (MSIP), que se tornou responsável por impulsionar a Estratégia da Economia Criativa, lançada em junho de 2013.

Nesse contexto, o governo Park efetuou uma reorganização ministerial, que envolveu a governança do sistema nacional de tecnologia e inovação. O MSIP incorporou as funções de ciência e tecnologia do antigo MOST, bem como funções relacionadas à tecnologia de informação e comunicação que estavam dispersas em vários ministérios, como o antigo MKE (Ministério da Economia do Conhecimento). O recriado Ministério de Energia, Indústria e Comércio (MOIT) permaneceu como responsável pelas funções relacionadas às tecnologias industriais.

Estrutura de Governança do Sistema de Tecnologia e Inovação da Coreia do Sul



Extraído de OCDE (2014).

NSTC: Conselho Nacional de Ciência e Tecnologia; MOSF: Ministério da Estratégia e Finanças; MOTIE: Ministério do Comércio, Indústria e Energia; MSIP: Ministério das Ciências, TIC e Planejamento Futuro; MOE: Ministério da Educação; KISTEP: Instituto Coreano de Avaliação e Planejamento de C & T; KIAT: Instituto Coreano para o Avanço da Tecnologia; KEIT: Instituto Coreano de Avaliação da Tecnologia Industrial; KETEP: Instituto Coreano de Avaliação e Planejamento de Tecnologia de Energia; NRF: Fundação Nacional de Pesquisa; KRCF: Conselho Coreano de Pesquisa em Ciência e Tecnologia Básicas; ISTK: Conselho Coreano de Pesquisa em Ciência e Tecnologia Industriais.

Para governo sul-coreano, a economia criativa é aquela que cria novos motores de crescimento, de valor agregado, empregos com o valor central da criatividade. Assim, o Plano de Economia Criativa procurou combinar criatividade e imaginação "com ciência e tecnologia e tecnologia de comunicação e informação para criar novas indústrias e mercados, e tornar as indústrias existentes mais fortes e assim criar empregos dignos". O Plano estabelece uma visão para "realizar uma nova era de felicidade para o povo coreano através de uma economia criativa", definindo três objetivos, seis estratégias e 24 tarefas. Os três objetivos são: criar novos empregos e mercados através da criatividade e inovação; fortalecer a liderança global da Coréia através de uma economia criativa; criando uma sociedade onde a criatividade é respeitada e manifestada.

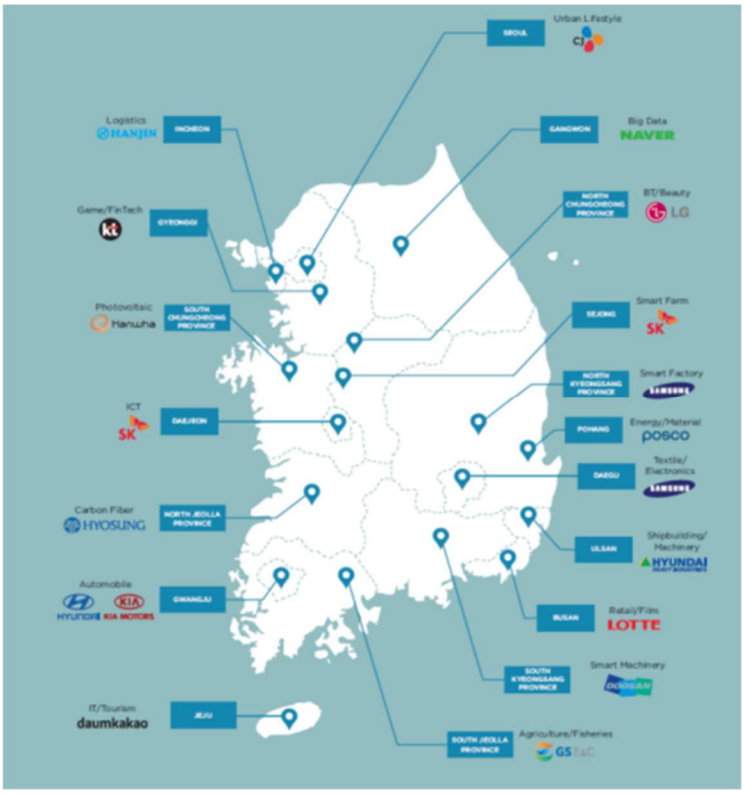
Com o Plano Estratégico de Economia Criativa**,** o governo sul-coreano mudar o paradigma de crescimento da Coréia de uma economia industrial para uma economia do conhecimento, desbloqueando o potencial produtivo dos ecossistemas nacionais do C,T&I culturais. Em particular, a maior prioridade é dada ao avanço dos setores de C&T e de tecnologia de comunicação e informação e à reorientação do sistema de pesquisa e inovação no empreendedorismo e na aplicação inovadora de tecnologia.

As seis estratégias definidas no Plano são: compensar adequadamente a criatividade e criar um ecossistema que promova a criação de empresas em fase inicial (*start-up* de alto potencial de crescimento); fortalecer o papel das empresas de risco e das pequenas e médias empresas (PMEs) na economia criativa e melhorar sua capacidade para ingressar nos mercados mundiais; criar motores de crescimento para abrir novos mercados e novas indústrias; promover o talento criativo global que tem o espírito de enfrentar desafios e perseguir sonhos; fortalecer as capacidades de inovação em ciência, tecnologia e tecnologias de comunicação e informação, que formam a fundamento da economia criativa; promover uma cultura econômica criativa junto com o povo coreano.

Como destaca a OCDE (2014), embora a "criatividade" seja claramente enfatizada no Plano Estratégico de Economia Criativa, os objetivos e as medidas do não são muito diferentes dos anunciados pelos recentes governos anteriores. No entanto, o governo Park deu nova ênfase ao papel de pequenas empresas de base tecnológica e elaborou uma ampla gama de medidas para revitalizá-las. O governo sul coreano considera as empresas de risco e as *start-ups* como a chave para a criação de novos mercados e empregos. Essa visão está em afinada com as evidências internacionais de que as empresas novas e pequenas atuam como fontes de inovação radical e de mudanças estruturais.

No apoio às empresas em fase de arranque e às PMEs na capacidade inovadora, o governo criou um fundo dedicado por meio da participação no "Growth Ladder Fund" e no Fundo Coreano dos Fundos. Com a colaboração das grandes corporações, foram criado Centros de Economia Criativa e Inovação (CCEI, na sigla em inglês) em 18 cidades e províncias para proporcionar um melhor acesso aos empreendedores aspirantes e envolver o setor privado local. Para impulsionar o desempenho dos CCEIs, cada um deles está vinculado a uma empresa-líder em um determinado setor industrial, no qual a cidade é especializada. Combinando recursos e experiência das grandes empresas sul-coreanas, os CCEI foram concebidos para apoiar PMEs e *startups* nas atividades de P&D, marketing e expansão global, atendendo às necessidades de financiamento e oferecendo serviços adaptados a cada etapa para *start-ups* e das PMEs. desde a ideia inicial de negócio até a comercialização.

Centros de Economia Criativa e Inovação



Fonte: MSIP. *Smart Korea:* Creative economy. 2015: pg 15.

Outra medida adotada pelo governo da presidente Park em prol das PMEs de base tecnológica foi a ampliação do escopo do Programa de Garantia de Compra de Novas Tecnologias para PMEs orientadas à inovação, criado em 1996, para incluir outros produtos tecnológicos (como tecnologias verdes). As PME podem usar a certificação como uma ferramenta de marketing. As instituições públicas sul-coreanas, incluindo o governo central e local, e empresas e instituições estatais, têm como objetivo que 50% de todos os contratos (bens, serviços, etc.) sejam efetuados com PMEs e que pelo menos 10% dos bens deve ser da lista de produtos de novas tecnologias.

Com base na Estratégia de Economia Criativa, foi lançado o Terceiro Plano Básico Quinquenal de Ciência e Tecnologia (2013-17). Em comparação com os Planos Básicos anteriores, este Plano caracteriza-se pelo fortalecimento dos vínculos de R&D com o crescimento econômico, comercialização de tecnologia e criação de emprego. Os três objetivos do plano são: contribuir com 40% do crescimento econômico por meio das atividades de P & D; criar 640 000 empregos; elevar a capacidade de inovação da Coréia do Sul ao nível dos sete maiores do mundo. As seguintes estratégias foram adotadas para alcançar essas metas:

- Ampliação do investimento em P&D e maximização da eficiência, incluindo o aumento do apoio ao P&D de 68,0 trilhões wons (US$ 62,7 bilhões) para 92,4 trilhões wons (US$ 85 bilhões) entre 2013 e 2017, 35% acima do governo anterior;

- Desenvolvimento estratégico das tecnologias: foram identificadas 30 tecnologias prioritárias e 120 estratégicas, abrangendo campos de tecnologia de informação, energia, meio ambiente, e saúde. Mais especificamente, as prioridades incluem redes inteligentes, captura e armazenamento de carbono, aplicações de grandes dados e produtos farmacêuticos personalizados;

- Construção de capacidade criativa de médio e longo prazo por meio de um maior financiamento para ciências básicas e intercâmbio internacional;

- Maior apoio para PMEs e empresas de risco em novas indústrias e estimulação da geração e comercialização de propriedade intelectual; e,

- Criação de novos trabalhos relacionados com a ciência, em parte por meio de novas medidas para impulsionar as empresas em fase de arranque.

Em seu primeiro ano, o governo da presidente Park não elaborou novas políticas com foco explícito na indústria de transformação. Para manter e melhorar a competitividade, várias indústrias-chave, nomeadamente, automóveis, construção naval, semicondutores, aço, máquinas gerais, têxteis e peças e materiais, desenvolveram suas próprias estratégias com a continuidade das políticas passadas. Contudo, esse quadro foi alterado com lançamento da Iniciativa Inovação Industrial 3.0 em 2014 e com a divulgação dos dezenove motores de crescimento futuro em 2016, como será visto nas próximas seções.

A Iniciativa Inovação Industrial 3.0

O Ministério do Comércio, Indústria e Energia (MOTIE) anunciou, em junho de 2014, o **Movimento Inovação Industrial 3.0 (IIM 3.0)** como estratégia para um novo salto da indústria de transformação sul-coreana. Embora a Coreia do Sul possua um dos principais ecossistemas de produção e de infraestrutura de tecnologia de informação

(TI) e já estivesse impulsionando algumas tecnologias relacionadas à manufatura inteligente, similares à Indústria 4.0 da Alemanha, o país ainda enfrenta dificuldade na obtenção de tecnologias básicas para a fábrica inteligente, como sensores, Internet de Coisas (IoT) e holograma, bem como em projetar programas de computador e outras soluções de *software*.

Com a iniciativa **IIM 3.0**, que é um componente do Plano Estratégico da Economia Criativa, o governo pretende introduzir inovação no processo de produção industrial, incluindo a disseminação do uso de fábricas inteligentes e o desenvolvimento de tecnologias básicas relacionadas a IoT, impressão 3-D e *Big Data* (processamento de dados, coleta de dados e compartilhamento de dados que podem ser usados para análise e previsão). A iniciativa se concentra no conceito de uma fábrica inteligente que abarca a automatização, a troca de dados e tecnologias de produção aprimoradas ao longo de todo o processo de produção, incorporando planos tecnológicos de curto e longo prazo.

O governo apresentou um roteiro para projetos em diversas áreas de projetos de P&D: tecnologia de design, tecnologia de triagem de produtos defeituosos, técnicas de operação integradas em *software*, plataformas internet das coisas industriais (IIoT), sensores inteligentes, coleta de dados e tecnologias de processamento de dados e padronização industrial padrões. Além disso, foi criado o Conselho de Pesquisa de Padronização da Fábrica Inteligente, com participação do setor privado, para responder efetivamente às tendências e atividades internacionais e realizar esforços para padronizar regulamentos desenvolvidos localmente.

A política também tem como objetivo lidar com muitos desafios econômicos e sociais associados ao setor da indústria de transformação sul-coreana. Externamente, os principais setores industriais da Coréia do Sul, a construção naval, automotiva, eletrônica, produtos químicos e aço, enfrentam desafios associados ao aumento da força industrial da China. Avanços rápidos em tecnologia da informação, sensores e nanomateriais, bem como a aplicação de sistemas ciberfísicos, reduzem dramaticamente os custos dos processos industriais avançados e melhoram o desempenho. Ao mesmo tempo, as empresas estão sujeitas a uma pressão cada vez maior para melhorar sua produtividade e se tornar mais sensível às mudanças nas expectativas e necessidades dos clientes. Os conglomerados coreanos estão acelerando a automação de produção para aumentar a produtividade e rentabilidade e reduzir os custos em toda a cadeia de suprimentos.

Internamente, muitas empresas industriais locais sul-coreanas têm sofrido com baixa produtividade e eficiência. Promovendo a convergência entre fábrica e TI para acelerar o sistema da fábrica inteligente, espera-se elevar a competitividade nos setores industriais e abrir o caminho para a reorganização da indústria manufatureira.

Ao mesmo tempo, com essa iniciativa, o governo busca promover o crescimento daqueles segmentos que combinam produção industrial com tecnologia da informação, como, gestão energética e segurança industrial. Além disso, os segmentos principais de desenvolvimento de materiais e componentes, engenharia, *design* e *software* recebem apoio político concentrado. Com a convergência entre tecnologias de *software* e de *hardware,* espera-*se* gerar ganhos de 1 trilhão de wons (US$ 972 milhões).

O Quadro abaixo sumariza as estratégias e missões principais da iniciativa **IIM 3.0** que incluem a criação de uma nova indústria de transformação com convergência industrial, o aprimoramento dos principais segmentos e o avanço da infraestrutura industrial para a inovação.

A Iniciativa Movimento Inovação Industrial 3.0 da Coreia do Sul

Estratégias	Missões	Meta
Disseminação da Manufatura Inteligente	Disseminar fábricas inteligentes entre as PMEs Desenvolver as 8 tecnologias-chave da manufatura inteligente (CPS, economia de energia, sensor inteligente, impressão 3D, IoT, Big data, Computação nas nuvens, holograma) Reforçar o poder da indústria leve Promover o investimento em instalações sofisticadas de produção	10 mil fábricas inteligentes até 2020
Criação representativa de novas indústrias para uma economia criativa	Visualização tempestiva de convergência inteligente de produtos Desenvolver e comercializar 30 componentes de materiais inteligentes Promover o investimento e o P&D do setor privado	
Inovação inteligente da indústria local	Promover a atividade industrial por meio dos centros de inovação da economia criativa Realizar complexos industriais inteligentes baseados localmente Promover indústrias novas inteligentes localmente especializadas	
Reorganização empresarial e criação de uma base de inovação	Promover reoaganizações empresariais espontâneas por parte das companhias Melhorar os sistemas regulatórios para a convergência de novos produtos Capacitar de forma antecipada de pessoal para apoiar a inovação industrial	

Fontes: JEONG (2015), MOTIE - *Industry Innovation Movement 3.0*, 2014.

Os cinco princípios básicos da iniciativa **IIM 3.0** são: 1) abranger todo o ecossistema empresarial para incluir fornecedores de segundo e terceiro nível; 2) incentivar a participação voluntária de PMEs com espírito inovador; 3) motivar as empresas a participar de atividades de inovação mediante a partilha de benefícios; 4) garantir abertura na execução do projeto usando uma metodologia padrão, com espaço para flexibilidade nos níveis industrial e corporativo; e 5) fomentar mentalidades inovadoras entre os executivos (CEOs) participantes para a continuação da melhoria. A Figura a seguir mostra a progressão dos projetos de Inovação Industrial na Coreia do Sul.

Progressão de Projetos de Inovação Industrial na Coreia do Sul

	Inovação Industrial 1.0 (1974)	Inovação Industrial 2.0 (2008)	Inovação Industrial 3.0 (2014)
Líder	Empresas individuais	Grandes empresas e fornecedores de primeiro nível	Fornecedores de segundo e terceiro nível
Modo	Movimento de melhoria da qualidade (saemaul) das fábricas e produtos	Crescimento compartilhado (sistema de benefício compartilhado)	Inovação em processo, gestão e sistema de benefício compartilhado

Fonte: MOTIE - Industry Innovation Movement 3.0, 2014

Com base em um fundo de crescimento compartilhado, com recursos aportados por grandes empresas, empresas de alto potencial e organizações públicas, a iniciativa **IIM 3.0** oferece suporte financeiro aos investimentos de capital das PMEs para substituição de antigas instalações, visando aumentar a produtividade. Igualmente, fornece consultaria em áreas como inovação de processo industrial, gerenciamento e técnicas de produção. A contribuição de empresas privadas, grandes e médias, e de empresas públicas à iniciativa é da ordem de 217 bilhões de wons em cinco anos (equivalente a US$ 200 milhões). Cerca de 75% dos recursos é alocado às PME que fornecem seus produtos para empresas financiadoras da iniciativa. Os 25% restantes são alocados às PME sem vínculo com as empresas que contribuem para a iniciativa.

A Câmara de Comércio e Indústria da Coréia, entidade que reúne a Associação de Empresas de Alto Potencial da Coréia, a Sociedade Coreana de Complexos Industriais, o Centro Coreano de Produtividade e diversas associações industriais (automotiva, eletrônica, máquinas, petroquímica), atua como sede da iniciativa **IIM 3.0**, recrutando PME e consultores e administrando o projeto em conjunto com as sub-sede localizadas em cada organização executora.

A disseminação da fábrica inteligente entre as PMEs é uma das peças-centrais da Iniciativa **IIM 3.0**. Algumas empresas privadas sul-coreanas de pequeno e médio porte já adotavam sistema da fábrica inteligente em suas linhas de produção e foram pioneiras no desenvolvimento de novos produtos. No entanto, a porcentagem ainda é muito baixa em comparação com outros países desenvolvidos. Com a difusão da fábrica inteligente espera-se obter significativa melhoria no nível de produtividade das PMEs, que era equivalente, em 2011, a apenas 28% do nível das grandes empresas. Um dos objetivos da **IIM 3.0** é estabelecer um ecossistema industrial avançado, apoiando 2.000 fornecedores industriais de pequeno porte de segundo e terceiro nível em 2014, atingindo 10.000 fábricas inteligentes até 2020.

O MOTIE assegurou o orçamento para apoiar empresas privadas para construir um banco de provas, pesquisar e disseminar o sistema da fábrica inteligente. Para o ano de 2015, orçamento do MOTIE para a fabricação inteligente era da ordem de 33,5 bilhões de wons (US$ 30,8 milhões). Também o MSIP está apoiando atividades de pesquisa e desenvolvimento relacionadas à manufatura inteligente, com base no projeto de construção de infraestrutura de pesquisa de informação e no projeto ***Fábrica Inteligente Conectada*** (**CSF**, na sigla em inglês). Para 2015, o orçamento do projeto **CSF** foi fixado em 12,5 bilhões de wons (US$ 11,5 milhões).

Em junho de 2015, o MSIP selecionou o consórcio liderado pelo Gyeong Buk Techno Park, na cidade de Gyeongsan, para executar, ao longo do período 2015-2018, dois projetos relacionados à fábrica inteligente. Desse consórcio participam o Instituto Coreano de Tecnologia Industrial (KIIT), universidades, institutos governamentais de pesquisa, bem com os governos da província de Gyeong Buk e das cidades de Gumi e Ulsan. O primeiro projeto, denominado Instalação de teste para CSF do tipo aberto, com orçamento de 12,6 milhões, tem como objetivos produzir um motor de precisão e construir a instalação para teste (*testbed*), preparar testes de desempenho e processo de certificação para construção de fábricas inteligentes. O segundo projeto, Desenvolvimento de um modelo de avaliação para CSF e exemplos de aplicação, tem um orçamento de 8,1 bilhões de wons (US$ 7,5 milhões), tem como objetivo desenvolver, em cooperação com o CCEI de Gyeong Buk, modelo de avaliação para CSF e aplicá-lo a uma empresa para demonstração.

Em dezembro de 2015, a Fundação Coreana para a Fábrica Inteligente (KOSF, na sigla em inglês), que é um órgão de supervisão para o projeto **CSF**, assinou um acordo de projeto com os Centros de Economia Criativa e Inovação, localizados em todo o país. Esses centros desempenharão um papel de liderança no projeto Promoção da Fábrica Inteligente. Pelo acordo, os CCEI receberão um total de 30 bilhões de wons

(US $ 27 milhões) e mais de 150 engenheiros da Samsung ao longo de um período de dois anos e converterão as fábricas atuais existentes de mais de 600 PMEs em fábricas inteligentes. Os engenheiros da Samsung enviados aos CCEI fornecerão assistência técnica direta por meio do processo de identificação de empresas sujeitas a suporte, construção do sistema e serviços de acompanhamento.

Os primeiros resultados da iniciativa **IIM 3.0** são bastante positivos. Segundo o MOTIE, as empresas que operam fábricas inteligentes depois de receberem suporte financeiro do governo, registraram ganho de produtividade da ordem de 25%, enquanto a proporção de deficiências diminuiu em 27%. Já a OCDE (2016), salienta que, refletindo os impactos das políticas, a participação dos investimentos em P&D para as PMEs aumentou de 12,4% em 2011 para 18,0% em 2015.

Para acompanhar a rápida evolução da digitalização completa e automação na era da Quarta Revolução Industrial, os setores privado e público da Coréia do Sul concordaram, em 2017, em ampliar o projeto de fábricas domésticas inteligentes O objetivo anterior de 10.000 fábricas inteligentes até 2020 foi elevado a 30.000 de fábricas inteligentes, operando com as mais modernas tecnologias digitais e analíticas, até 2025. De acordo com o MOTIE, o governo reforçará o apoiar as pequenas e médias empresas, com o objetivo de expandir as tecnologias da fábrica inteligente para as PME locais O governo sul-coreano também fornecerá apoio para ajudar a capacitar 40 mil trabalhadores qualificados para operar sites de produção totalmente automatizados mediante de vários programas educacionais, ao mesmo tempo em que diversificará o suporte.

O governo também incentivará as empresas focadas no desenvolvimento de tecnologia relacionada às fábricas inteligentes, injetando US$ 189,3 milhões em projetos de P & D até 2020. Os projetos de pesquisa e testes serão patrocinados por fundos federais, incluindo *Big Data*, sistemas cibernéticos, sensores inteligentes e robôs colaborativos. Pelas previsões do governo, os dez principais setores industriais contarão com 4.500 fábricas inteligentes, cada um, até 2025.

Os Novos Motores de Crescimento Futuro

Em 2016, o Ministério da Ciência, das Tecnologias de Informação e Comunicação e do Planejamento Futuro (MSIP) e do Ministério do Comércio, Indústria e Energia (MOTIE) decidiram fortalecer a coordenação política entre os dois ministérios, unificando seus planos, respectivos, de motores de crescimento futuro (que contou com participação de

200 especialistas) e de desenvolvimento de motores industriais, lançando o Plano de Ação Integral para Motores de Crescimentos Futuro. O plano apresenta estratégias básicas para produzir novas indústrias para a economia criativa, bem como tarefas-chave para o plano de inovação econômica de três anos do governo.

O Plano de Ação se concentra nas novas indústrias representativas da economia criativa por meio de um apoio abrangente para a pesquisa conjunta internacional, o estabelecimento de infraestruturas e a melhoria do sistema de inovação, juntamente com o desenvolvimento tecnológico, para criar um ecossistema industrial de ciclo virtuoso que permita o crescimento compartilhado de indústrias, academia e institutos de pesquisa. O Plano indica 19 motores de crescimento futuro, detalhando setores, domínios, estratégias de promoção e metas.

Os 19 Motores de Crescimento Futuro da Economia Sul-Coreana, 2016

	Setor/Indústria	Domínio	Meta	Estratégias de Promoção
1. Avanço das industriais-pilares	Aeroespacial	Veículo Aéreo Sem Piloto (UAV) com decolagem e aterrisagem vertical (VTOL)	Com o desenvolvimento de VTOL UAV de alta velocidade, atender a demanda doméstica e militar doméstica e avançar como o 3º país tecnológico mais forte do mundo até 2023	Para a ativação do mercado de UAV, promover projetos-piloto púbicos e piloto público e joint venture internacional para desenvolvimento e marketing com países avançados
	Automotiva	Carros inteligentes	Tornar a Coreia do sul a terceira nação com a indústria automobilística inteligente mais forte do mundo	Assegurar tecnologias independentes para os componentes e partes principais, construir o ecossistema de comercialização de automóveis inteligentes e adquirar a competitividade global.
	Construção Naval	Planta *offshore* de alto mar	Assegurar a tecnologia de engenharia de planta *offshore* em alto mar e localize equipamentos e peças principais: taxa de localização de 50% e participação de mercado de 30% até 2020.	Estabelecimento da infraestrutura de P & D da planta offshore em alto mar e capacidade de engenharia reforçada; Tornar mandatória a utilização de equipamentos e materiais produzidos localmente
	Telecomunicação	Comunicação móvel 5G	Fornecer o primeiro serviço comercial 5G no mundo até 2020 e construir uma base de comunicação móvel.	Realizar o serviço piloto 5G mediante a demonstração de tecnologias básicas pré-5G e forneçer o primeiro serviço comercial 5G no mundo; Expandir o apoio às PME e às empresas de tamanho médio nas atividades de P & D e comercialização de 5G.
2. Preocupação com os novos mercados futuros	Eletrônica	Robôs inteligentes	Atingir uma produção doméstica de robôs inteligentes de 9,7 trilhões de wons em 2020	Criar novos mercados e assegurar a competitividade global por meio do apoio ao desenvolvimento de tecnologias básicas por pequenas e fortes empresas de robótica e do estabelecimento de laboratórios de teste de robô.
	Eletrônica	Dispositivos inteligentes portáteis	Apropriar-se do mercado mundial de dispositivos inteligentes criativos, emocionantes e portáteis até 2020	Expandir o desenvolvimento de tecnologias e produtos e serviços líderes no mercado e preparar bases de crescimento sustentável para indústrias relacionadas com os dispositivos portáteis
	Tecnologia de informação (TI)	Conteúdo realista[1]	Ocupar o futuro mercado mundial de conteúdo realista, garantindo o domínio das tecnologias de ponta: desenvolver 10 empresas até 2020 e alcançar 5% da participação no mercado global.	Assegurar as principais tecnologias de conteúdo realista, criar um ecossistema de base, promover a convergência da indústria de conteúdos e encorajar "empresas-vedete".
	TI/Programação	Sistema de treinamento virtual (ciber)	Criar "pequenos gigantes" mundiais e gerar novos mercados na área do sistema de treinamento virtual: US $ 10 bilhões em vendas e 20 empresas vedetes até 2021.	Construção de plataforma multipropósito de treinamento cibernético e desenvolvimento de tecnologias essenciais para sistema de treinamento cibernético de alta qualidade e baixo custo.
	Biotecnologia	Sistema inteligente de produção biológica	Aumentar a produtividade da indústria biológica e garantir a competitividade industrial mediante o avanço do sistema de produção biológica; Até 10 sistemas de produção de biotecnologia até 2020 (30% de melhoria no nível de tecnologia do sistema de produção biológica, garantindo 2% de participação no mercado global).	Utilizar tecnologia doméstica de processo de semicondutores e desenvolver sistema de produção automatizado (cultivo, refinamento, análise) de produtos de terapia celular cujas barreiras de entrada não são altas e para os quais a Coréia tem avançado (2017).
3. Cultivo do bem-estar público e da indústria de energia	Saúde	Cuidados personalizados com a saúde	Alcançar a 5ª posição no mercado mundial de bem-estar com base em cuidados personalizados de saúde e estilo de vida até 2020.	Difundir os equipamentos e serviços de informações de serviço de saúde mediante o desenvolvimento de tecnologias e serviços básicos e avançar no mercado mundial.
	Serviços Públicos	Sistema Inteligente de Gerenciamento de Segurança de Desastre	Garantir a segurança da Coreia com o estabelecimento de um sistema de segurança em caso de catástrofe abrangente e sob medida	Alcançar e forneçer tecnologias de comercialização por meio do estabelecimento de tecnologias essenciais do sistema de gerenciamento inteligente de segurança em caso de desastres e promover avanços.
	Setor Elétrico	Sistema híbrido de energia nova e renovável	Ocupar uma participação de 10% no mercado mundial de energia nova e renovável até 2020 (avançar para a posição de 5º país mais forte do mundo)	Assegurar as principais tecnologias para o sistema híbrido de energia nova e renovável e verifique e implementar modelos de negócios de energia nova e renovável graças a comercialização.
	Setor Elétrico	Sistema de transmissão e distribuição de corrente direta de alta voltagem	Assegurar uma capacidade avançada de construção de rede de transmissão de tipo país com autossuficiência na tecnologia do sistema HVDC por meio de conversão AC-DC e responder a superrede no Nordeste da Ásia	Desenvolver tecnologias de origem para o sistema HVDC multi-terminal de fonte de tensão, uma futura tecnologia de rede de energia equipada com as vantagens tanto da HVAC existente quanto da fonte de corrente HVDC.
	Setor Elétrico	Sistema de geração de energia a partir do dióxico de carbono em estado ultra super crítico (USC CO_2)	Desenvolver o sistema de geração de energia que utiliza CO2 em um estado USC, que está na fase inicial de introdução no mercado, e assegura ar competitividade internacional e a dominância do mercado.	Concepção, construção e operação de um sistema de geração 10MW e desenvolvimento de tecnologia para sistemas de geração de larga capacidade (300MW).
4. Criação da base para o crescimento sustentável (Indústrias Básicas)	Materiais	Materiais compósitos	Tornar-se a 4ª maior nação em materiais compósitos do mundo graças ao desenvolvimento de materiais criativos e materiais de base industrial.	Estabelecer sistema de P & D de tecnologias de origem para convergência de materiais, identificar e desenvolver materiais compósitos aplicáveis a outros domínios de motores de crescimento futuro. Melhorar os sistemas de apoio à solicitação de patente e as despesas de registro de materiais de origem e preparar financiamento e sistemas de suporte de M & A para expansão de investimento em materiais compósitos.
	Eletrônica	Internet das coisas inteligente	Atingir um mercado interno de IoT inteligente da ordem 30 trilhões de won até 2020 e assegurar a competitividade mundial.	Obter competitividade internacional por meio a criação de uma base para o ecossistema de IoT inteligente e disseminação nas indústrias-pilares,.
	Tecnologia de informação (TI)	*Big data*	Assegurar as tecnologias de base para *Big Data* e torna-se um país forte e rico em dados.	Assegurar as tecnologias de *Big Data* por estágios e criar mercados de distribuição e transação por meio de avanços na infraestrutura de *Big Data* .
	Produção de equipamento	Sistemas de processamento de materiais avançados (de alta tecnologia)	Torna-se a 4ª nação mais forte do mundo em sistemas de processamento de materiais de alta tecnologia até 2020 por meio do desenvolvimento das tecnologias-chave para o processamento de materiais de alta tecnologia (carbono compósito, titânio etc.).	Em vinculação com às indústrias demandantes (automotiva, aeroespacial, etc.), desenvolver integralmente equipamentos de processamento e inspeção e máquinas CNC de tipo aberto (máquinas-ferramentas digitais), etc.
	Eletrônica	Semicondutores inteligentes	Tornar-seuma nação forte em semicondutores inteligente mediante a convergência de SoC (*microchip* com sistema embutido) e *software*: alcançar a 2ª maior participação de mercado (10%) até 2020.	Construção de uma base para o futuro desenvolvimento industrial de tipo líder no mercado graças ao estabelecimento de infraestrutura de desenvolvimento de semicondutores inteligente e de uma plataforma de desenvolvimento de produtos.

Fonte: STACEY e outros (2017); KOMMA (2015).

Nota: 1. Tecnologias que induzem os sentidos e cognição humanos, oferecendo conteúdos que permitem experimentar emoções reais e espaço para desenvolver.

De acordo com o KOMMA (2015), o governo pretende investir 5,6 trilhões de wons (cerca de US $ 4,7 bilhões) até 2020 nas áreas prioritárias identificas como motores de crescimento futuro. Espera-se que as novas indústrias alcancem US$ 100 bilhões em exportações até 2024. O montante de investimento previsto por domínio será: de 77,2 bilhões de wons para a IoT, 70 bilhões de won para robôs inteligentes, 98,3 bilhões de won para equipamentos inteligentes portáteis, 77,1 biliões de ganho para comunicação móvel 5G, 28,2 bilhões de won para carros inteligentes e 60,8 bilhões de wons para semicondutores inteligentes.

O Plano de Ação redefiniu os papéis do governo e do setor privado para favorecer os seus campos respectivos nos motores de crescimento. Com base no sistema de promoção recém-estabelecido, o governo pretende promover a reestruturação de empresas de acordo com o campo do motor de crescimento futuro e o investimento estratégico por meio de "escolha e concentração".

Para o desenvolvimento estratégico das novas tecnologias, o governo irá promover tecnologias com vínculo com o *software* desde o estágio de desenvolvimento inicial e garantir tecnologias-chave avançadas por meio do desenvolvimento conjunto da indústria-universidades-institutos de pesquisa bem como de P& D internacional. Em particular, com intuito de obter resultados rápidos em domínios dos novos motores de crescimento futuro, serão priorizados seis projetos emblemáticos, incluindo convergência de materiais (policetona), conteúdo realista (sistema de imagem multiplanar).

Perspectivas da Quarta Revolução Industrial na Coréia do Sul

Com intuito de preparar o país para a Quarta Revolução Industrial, movimento irreversível já em curso, o governo sul coreano lançou, em dezembro de 2016, o Plano de Médio e Longo Prazo para uma Sociedade de Informação Inteligente. Esse plano foi elaborado por um comitê interministerial, criado em abril de 2016, composto por dez ministros e especialistas do setor privado.

Na avaliação dos responsáveis pela elaboração do Plano, a chamada tecnologia de informação inteligente (TI Inteligente) irá revolucionar a economia e a sociedade modernas, permitindo a mecanização de aspectos anteriormente não mecanizáveis das indústrias, maximizando assim a produtividade e transformando completamente a estrutura industrial. O conceito de TI Inteligente “refere-se a uma tecnologia que é capaz

de realizar as funções altamente complexas da inteligência humana ao combinar a 'inteligência' da inteligência artificial com a 'informação fornecida pelo processamento de dados e tecnologias de rede, como a Internet das coisas (IoT), computação em nuvem, análise de grandes dados (*Big data*) e tecnologias móveis (designadas coletivamente como 'tecnologias ICBM')".

A TI inteligente possui características de tecnologias de uso geral (GPTs) que podem ser adaptadas e aplicadas em diversos campos e, portanto, são capazes de causar efeitos inovadores contínuos e de longo alcance em toda a sociedade:

- ***Tomada de decisão automática***: as máquinas tornam-se capazes de realizar tarefas altamente complexas e inteligentes envolvidas na tomada de decisões de forma independente, acelerando assim a automação.

- ***Respostas em tempo real***: as tecnologias ICBM (IoT, computação nas nuvens, grandes dados e tecnologias móveis) realizam uma série de tarefas relacionadas (por exemplo, coleta / análise de dados e dedução) instantaneamente para fornecer respostas e ações em tempo real.

- ***Evolução automática***: as máquinas utilizam suas experiências de aprendizado profundo para evoluir de forma independente, conseguindo melhorias astronômicas no desempenho.

- ***Armazenamento de todos os tipos de dados***: Mesmo os dados que eram impossíveis de armazenar e usar no passado, agora podem ser úteis (por exemplo, informações biológicas e comportamentais, dados amorfos, etc.).

Os domínios de aplicação para TI Inteligente continuam a multiplicar graças à modificação e expansão de algoritmos e diversas formas de aprendizagem profunda. Em combinação com diversas tecnologias industriais, espera-se que a TI Inteligente desempenhe um papel fundamental no aumento da produtividade e eficiência na indústria de transformação e em outros setores da atividade econômica.

A TI Inteligente também deverá ocasionar uma profunda transformação no mercado de trabalho. Por um lado, a polarização da estrutura de emprego provavelmente será intensificada, com a automatização assumindo não apenas assumindo tarefas não qualificadas e repetitivas, mas também automatizando tarefas intelectuais complexas, tarefas de escritório de níveis intermediários de dificuldade e mão-de-obra manual de precisão. Por outro lado, nas indústrias relacionadas a TI inteligente haverá aumentos

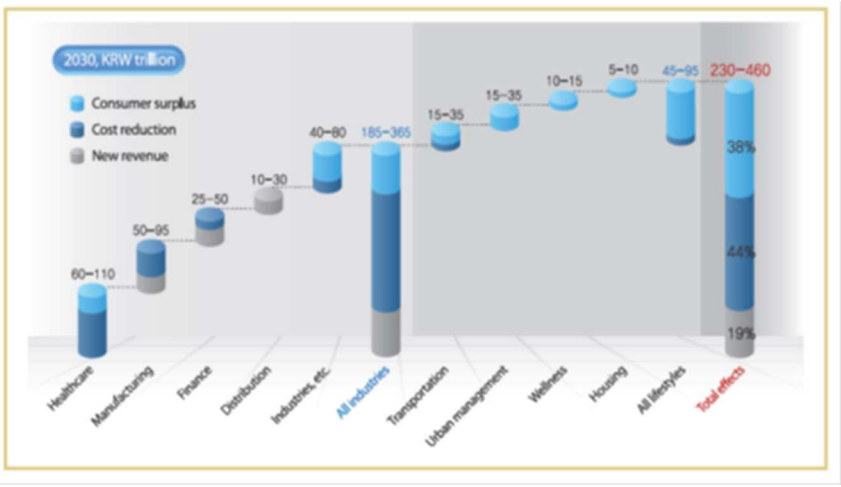
na demanda de pessoal, levando à criação de empregos em novas indústrias, como tem sido o caso em todas as revoluções industriais anteriores. Os trabalhadores humanos se concentrarão cada vez mais em atividades criativas e emocionais, que as máquinas não poderão substituir tão facilmente.

O crescimento da economia compartilhada, os *serviços on-line-to-offline* (O2O), o trabalho de multidão e as plataformas de serviços *on-line* aumentarão a demanda por trabalhadores não regulares, como trabalhadores dependentes da plataforma. Em outras palavras, um número crescente de trabalhadores dependentes da plataforma se tornará *freelancers* independentes, em vez de trabalhadores a tempo integral, empregados por empresas. Isso exigirá reforço tanto das políticas de requalificação profissional voltadas às pessoas que perdem seus empregos devido à automação quanto o fortalecimento da rede de proteção social.

Na avaliação do governo sul-coreano, a TI inteligente abrirá novas bases para um novo crescimento. Os efeitos econômicos agregados (incluindo as novas receitas geradas, os custos economizados e o aumento do bem-estar dos consumidores, valores que não são capturados pelo PIB) deverão ascender a 460 trilhões de KRW wons até 2030. O governo coreano prevê que os serviços de saúde serão os beneficiados pela TI inteligente em termos de novas receitas geradas e custos economizados (até 109,6 trilhões de wons), seguido da indústria de transformação (até 95 trilhões de wons) e do setor de finanças (47,7 trilhões de wons).

Entre as novas receitas, as estimativas contabilizam, entre outras, aquelas decorrentes do *marketing* baseado em dados (até 10 trilhões de wons) e robótica (até 30 trilhões de wons), enquanto a redução de custos incluía a previsão de aumento da precisão do diagnóstico médico (até 55 trilhões de wons), otimização dos processos de produção industrial (até 15 trilhões de wons). Já os ganhos como novas fontes de bem-estar do consumidor, as projeções consideram: redução de acidentes de carro s (até 10 trilhões de wons), melhor qualidade do ar (até 7,6 trilhões de wons), redução do congestionamento do tráfego (30 trilhões de wons), redução do trabalho doméstico (até 10 trilhões de wons), melhoria da saúde pública (até 10 trilhões de wons).

Efeitos Econômicos Agregados da TI Inteligente na Coreia do Sul em 2030



Extraído de Government of Korea, *Mid-to Long-Term Master Plan in Preparation for the Intelligent Information Society*: Managing the Fourth Industrial Revolution, December 2016; p. 14.

O Plano de Médio e Longo Prazo para uma Sociedade de Informação Inteligente estabelece um conjunto de objetivos e metas quantitativas para o ano de 2030. Um dessas metas é completar o *cachting-up* tecnológico em relação às economias mais avançadas, eliminando o *gap* de 25% existente em 2013. Também chama atenção a meta de elevar a 17,9% do PIB os gastos com seguridade social, em flagrante contraste com a tendência observada nas economias desenvolvidas.

Coreia do Sul - Perspectivas para uma Sociedade de Informação Inteligente

Perspectivas	Objetivos	Metas para 2030
Perspectiva 1: Economia livre e competitiva com valor agregado significativo	Ganhos econômicos	460 trilhões de wons
	Maior competitividade tecnológica	Completar o *cachting-up* das economias avançadas (de 75% em 2013 para 100% em 2030)
	Revitalizar o ecossistema industrial	Possuir 800 empresas provedoras de Inteligência Artificial.
Perspectiva 2: Sociedade que oferece mais oportunidades para todos	Ampliar o número de pessoas criativas	Subir da 30ª posição em 2015 para a 5ª posição em 2030 no Índice de Criatividade Mundial.
	Reduzir o número de horas trabalhadas e ampliar o tempo de lazer	Reduzir as horas trabalhadas de 2.170 horas em 2013 para 1.800 horas em 2030
	Aumentar o gasto público com seguridade social	Elevar de 9,8% do PIB em 2013 para 17,9% do PIB em 2030.
Perpectiva 3: Maior segurança e felicidade na vida cotidiana das pessoas	Reduzir o peso das tarefas domésticas por meio da automação	Redução anual de 25%
	Ampliar o tempo de vida com saúde	Elevar de 73 anos em 2013 para 77 anos em 2030
	Redução dos acidentes de carro	Redução da ordem de 40% entre 2015 e 2030

Fonte: Government of Korea, *Mid-to Long-Term Master Plan in Preparation for the Intelligent Information Society*: Managing the Fourth Industrial Revolution, December 2016; p. 20.

Fatores-chave para o sucesso. O governo sul-coreano considera que o sucesso da iniciativa depende dos seguintes fatores: melhora das capacidades de TI inteligentes da Coréia e fortalecimento de sua infraestrutura de dados; maior convergência entre a TI inteligente e as indústrias existentes; reforma do mercado de trabalho e ênfase na educação para formação de pessoal criativo.

Dado que a tecnologia, os dados e as redes são os passos para a sociedade da informação inteligente, é fundamental promover e desenvolver tecnologias inovadoras, estabelecer redes superconectadas e garantir o uso ativo de dados. Com esse propósito, o investimento em P & D deve ser aumentado para que a tecnologia sul-coreana atinja o padrão mundial, assegure o avanço sustentado da infraestrutura de rede do país e aumente a quantidade de dados de qualidade coletados e usado.

O diagnóstico é que a Coreia está atrasada em relação aos Estados Unidos em 2,4 anos em termos de TI Inteligente, devido à falta de investimento a longo prazo no desenvolvimento de TI Inteligente original e aplicada. O orçamento de P & D do governo coreano para TI Inteligente em 2016, que inclui o investimento em software inteligente, tecnologias básicas e desenvolvimento de recursos humanos, representa apenas 0,7% do orçamento nacional geral de P & D (134,8 bilhões wons em um montante total de 19 trilhões de wons).

A aplicação de TI inteligente às indústrias existentes de maneira proativa é considerada essencial para gerenciar as mudanças inevitáveis na estrutura industrial existente. É igualmente importante identificar e fomentar novas indústrias através da convergência com TI inteligente. Em particular, a TI inteligente deve ser aplicada em primeiro lugar aos serviços públicos. Os formuladores de políticas também devem conceber um regime regulatório mais flexível para lidar com tecnologias que não são abordadas pelo sistema legal e instituições existentes. Entre os 33 Estados membros da OCDE, a Coréia do Sul ocupava, em 2013, o quarto lugar em termos de indicadores de regulação do mercado de produtos.

O mercado de trabalho deve ser mais flexível (com ênfase crescente na meritocracia e na flexibilidade das horas e arranjos de trabalho), dos serviços de emprego aprimorados e da rede de segurança social, antecipando as mudanças prováveis na estrutura de emprego. Na avalição do governo, as rígidas práticas de emprego e costumes da Coréia do Sul continuam a impedir que o mercado de trabalho doméstico se torne mais eficiente (o país ficou em 53º lugar na pesquisa do IMD sobre a eficiência do mercado de trabalho em 2016).

A educação deve ser projetada para promover a criatividade e a capacidade tecnológica do público, através do aprendizado baseado em software e convergência, de modo a aumentar o número de trabalhadores competentes e capazes a nível mundial. Apenas duas ou três dúzias de especialistas qualificados com doutorado em inteligência artificial se formam anualmente na Coréia. O país ficou em 31º lugar entre 133 países no Índice de Criatividade Global. Os estudantes da escola primária na Coréia devem receber pelo menos 17 horas de ensino de *software* até 2019 (comparado com 70 horas na China, 180 horas no Reino Unido e 240 horas na Índia).

Tarefas de médio e longo prazo. O documento do governo sul coreano lista um conjunto de tarefas de médio e longo prazo para transformar o país em uma sociedade de informação inteligente, das quais três são particularmente pertinentes ao tema da presente resenha.

A primeira dela refere-se à ***criação de uma base de tecnologia de inteligência artificial*** (AI, na sigla em inglês). Com esse intuito, o governo da Coreia do Sul pretende: i) incentivar a pesquisa básica e aplicada em universidades e centros de pesquisa com o objetivo de desenvolver infraestrutura de classe mundial para indústrias domésticas baseadas em AI; ii) combinar as inovadoras atividades de P & D das empresas com o apoio e recursos de universidades e centros de pesquisa para permitir que as empresas sejam pioneiras ativamente em novos mercados para serviços e produtos de AI; iii) investir em projetos estratégicos de P&D para promover o rápido desenvolvimento da tecnologia de AI; iv) otimizar métodos de pesquisa e ambientes para ciências básicas, pesquisa originais e pesquisa aplicada; v) reformar instituições para maximizar a eficácia da P & D. Para promover a tecnologia de AI, o governo sul-coreano planeja investir aproximadamente 1,6 trilhão de wons (US$ 1,6 bilhões) nos próximos 10 anos.

No campo das ciências básicas, as prioridades para os investimentos em longo prazo são a ciência cerebral e a matemática industrial, que formam a base da tecnologia de AI. A ciência do cérebro é a chave para a compreensão da cognição emocional e sensorial, bem como os mecanismos cerebroneurológicos do comportamento humano, interface cérebro-máquina (IMC) e funções cognitivas complexas (processamento de linguagem, memória), etc. Já a matemática industrial é crucial para o desenvolvimento de metodologias matemáticas para superar as limitações atuais no desenvolvimento de algoritmos AI.

A Coreia do Sul pretende atingir o mesmo nível de avanço tecnológico das outras economias avançadas até 2023, em termos de tecnologias cognitivas relacionadas a línguas, visão, experiências sensoriais e cognição espacial. Como o Google (TensorFlow)

e outras grandes corporações em países desenvolvidos já desenvolveram e divulgaram algoritmos avançados para aprendizagem e dedução de máquinas, o objetivo da Coreia do Sul é desenvolver alternativas de próxima geração ao invés de se esforçar para combinar os desenvolvimentos tecnológicos de outros países. Entre as alternativas está a tecnologia que permite que as máquinas aprendam com pequenas quantidades de dados, tecnologia que permite às máquinas explicar os fundamentos de suas deduções, etc.

Na área de *hardware*, o governo sul coreano pretende continuar promovendo a pesquisa, o desenvolvimento e a evolução das tecnologias de computação de alto desempenho e de semicondutores inteligentes e fomentar pesquisas pioneiras sobre tecnologias de próxima geração, como computação quântica e chips neuromórficos. E no domínio das tecnologias de IoT, computação nas nuvens e *Big data*, a prioridade será incentivar a pesquisa, o desenvolvimento e evolução do IoT inteligente capaz de coletar, aprender e processar dados por conta própria; computação em nuvem de alta velocidade; tecnologias para remover ruído e refinação de dados; e outras tecnologias que estão intimamente relacionadas com a AI.

A segunda tarefa refere-se à ***criação de ecossistemas da indústria de TI Inteligentes e à facilitação da inovação do setor privado***. O governo pretende: i) expandir e diversificar o apoio ao empreendedorismo e ao crescimento das empresas, a fim de encorajar os empresários a experimentar livremente suas ideias de negócios; ii) reformar os regulamentos de negócios para facilitar o lançamento de novos produtos e serviços, iii) personalizar uma ampla gama de serviços (finanças, distribuição, transmissão, etc.), permitindo que os provedores de serviços compitam livremente em um ambiente de concorrência leal, sem medo de interferência de plataformas.

Para apoiar o desenvolvimento de tecnologias inovadoras, o governo irá patrocinar a criar bancada de teste (*testbed*) em grande escala, em consulta com todos os ministérios governamentais e governos locais interessados, para apoiar a inovação em serviços de cidades inteligentes, robótica inteligente, automóveis autodirigidos, etc. A ideia é estabelecer conexões entre esses laboratórios e zonas livres de regulamentação para promover indústrias locais estratégicas e melhorar com infraestrutura de TI inteligente os *clusters* e zonas industriais existentes, tais como, cidades inteligentes (Seoul / Gyeonggi-do, até 2019), robótica inteligente (Gyeongsang-do/Jeolla-do, até 2021), turismo inteligente (Gangwon-do, até 2023), etc. Os dados acumulados nas instalações de teste serão divulgados e compartilhar os nos bancos de teste com startups e PMEs para ajudá-los a desenvolver novos serviços e tecnologias.

Na promoção do empreendedorismo nas indústrias básicas e aplicadas da TI Inteligente, serão utilizados o Fundo de Fundos da Coreia, o Instituto de Finanças da Coréia (KIF) e outros recursos financeiros desse tipo para promover e acelerar o crescimento de startups tecnológicos e PMEs especializadas em TI e dados inteligentes. O governo pretende utilizar o KIF para criar um fundo exclusivo de 30 bilhões de KRW até 2017, e aumentar esse montante em pelo menos 100 bilhões de KRW a cada ano subsequente.

No apoio ao P & D e às atividades comerciais das *start-ups*, lhes será dado acesso à infraestrutura tecnológica e aos recursos das instituições públicas de pesquisa, incluindo a atribuição de direitos preferenciais ou cotas para o uso de supercomputadores. Igualmente serão apoiados o desenvolvimento de planos de parceria mutuamente benéficos das grandes corporações que visam dar acesso às start-ups de suas infraestruturas de comunicação, plataformas de serviços e similares, como forma de auxiliar suas atividades de P&D e expansão de serviços (2018 em diante).

O governo da Coreia do Sul pretende também assegurar a demanda inicial para o mercado da TI Inteligente mediante a utilização do programa de Compras Públicas de Inovação (PPI). O PPI é um programa por meio do qual o governo conclui acordos com empresas inovadoras para o desenvolvimento e fornecimento de novos produtos, serviços e soluções que ainda não existem no mercado (por exemplo, drones, equipamentos agrícolas não tripulados, etc.). As empresas do setor privado serão incentivadas a fazerem uso ativo da TI Inteligente. O uso de tais tecnologias será utilizado como parâmetro nas decisões relativas aos montantes de subsídios e incentivos financeiros que devem receber ao participar nos projetos governamentais.

A terceira tarefa diz respeito à ***inovação digital da indústria de transformação.*** Serão introduzidos sistemas de produção baseados em plataforma que coletam e analisam dados de consumidores e de mercado, e a TI inteligente será aplicada a produtos para aumentar sua qualidade e valor. O uso disseminado de robôs inteligentes, impressão em 3D e outras tecnologias avançadas aumentará a produtividade da indústria de transformação, permitindo que o setor vença suas limitações atuais e alcance novo ápice.

O governo pretende: i) promover o desenvolvimento de um sistema ciberfísico (CPS) para permitir a personalização da produção industrial em massa; ii) apoiar o desenvolvimento e distribuição de robôs, impressoras 3D e outros dispositivos necessários para inovar o processo de produção e minimizar o custo e o tempo necessários para a personalização em massa; iii) criar um ecossistema para a "servitização" (oferta de serviços) da indústria de transformação.

Um sistema ciberfísico (CPS) é um sistema que permite a otimização o processo de fabricação em tempo real com base no processamento cibernético e na análise de grandes dados coletados por meio de uma rede IoT. Para no processo de produção industrial para permitir perfeita personalização em massa dos produtos como meio de aumentar a produtividade e a competitividade das empresas, a Coreia do Sul irá:

- Encorajar os desenvolvedores e fornecedores de CPS (sensores e tecnologias IoT, comunicações e AI), apoiando o desenvolvimento de tecnologias essenciais necessárias para criar uma CPS de fabricação e designando "fábricas-mãe" para diferentes indústrias. Por exemplo: máquinas de precisão (Gumi, 2017), dispositivos médicos (Ulsan, 2017), produtos farmacêuticos e cosméticos (Ansan, 2018), etc. Com esse propósito, para 2017, o MSIP destinou às tecnologias de convergência de IoT 6,1 bilhões de wons para 2017 e o MOTIE alocou 8.0 bilhões de wons para promoção das tecnologias avançadas de manufaturas inteligentes.

- Promover o desenvolvimento de um CPS de produção como um projeto estratégico com o objetivo de assegurar simultaneamente a globalização da CPS resultante e aumentar a competitividade do setor manufatureiro coreano (a partir de 2018). Exemplos: A SK planeja desenvolver a solução "SCALA" (para a linha de montagem da impressora HP em Chongqing, China, etc.). Enquanto POSCO designou sua planta de chapa de aço pesada em Gwangyang como um laboratório de teste (para coleta e análise de dados em cada parte do processo de produção).

- Estabelecer um conselho de parceria público-privado, com a participação de grandes corporações e seus fornecedores, corporações multinacionais de TIC, empresas de *software* e *startups*, de modo a desenvolver, padronizar e disseminar as tecnologias envolvidas. Serão lançadas de associações de produção de CPS em cada um dos centros de economia criativa e inovação em todo o país.

No apoio ao desenvolvimento e à difusão de robôs, impressoras 3D e outros dispositivos necessários à manufatura inteligente, serão introduzidos robôs industriais avançados para fábricas inteligentes e apoiar o desenvolvimento de fabricação e logística de robôs sociais de próxima geração, capazes de tomar decisões. A ideia é começar com projetos de teste e, mais tarde, avançar para a distribuição dos dispositivos, começando com indústrias em que sua eficácia foi comprovada (até 20 indústrias até 2018). Com o intuito de apoiar os laboratórios de pesquisa de empresas de robótica como "centros de

pesquisa de comercialização de robótica de ponta", serão investidos pelo menos 100 bilhões de wons (de fontes públicas e privadas) ao longo de quatro anos com o objetivo de lançar pelo menos 20 produtos inovadores de robótica até 2020.

Para estimular o desenvolvimento do segmento de serviços da indústria de transformação, a Coreia do Sul pretende desenvolver, a partir de 2018, plataformas de serviços inteligentes para diferentes empresas e indústrias e combine fabricantes com provedores de serviços de plataforma. Até 2020, serão introduzir subsídios e outros incentivos financeiros para incentivar as empresas a adotar voluntariamente tecnologias e sistemas de serviços inteligentes. O documento do governo sul-coreano aponta como exemplo o governo alemão que subsidia até 50% dos custos do desenvolvimento de produtos e *software* inteligentes de TI e fornece deduções fiscais de até 40% para os fabricantes que adotam essas soluções.

A Coreia do Sul também pretende fornecer suporte efetivo ao movimento de relocalização no mercado doméstico das atividades que as grandes empresas sul-coreanas executam no exterior. Segundo o governo sul coreano, esse movimento de retorno irá se acelerar com o aumento do custo da mão-de-obra nos países em desenvolvimento e a inovação do processo industrial. Com esse apoio, o governo pretende reforçar a manufatura inteligente, o P&D, desenvolvimento de marca e suporte de marketing para os fabricantes de renome e a produção de produtos de alto valor agregado no país. A ideia é conceder prioridade ao retorno das fábricas inteligentes e retomar o suporte de P & D para empresas de renome, melhorar o ambiente de negócios, produzindo pessoal mais qualificado, reduzindo as taxas de impostos e desregulando os requisitos de localização e estabelecendo uma cadeia de valor global na Coréia que permita que os fabricantes de produtos acabados e fabricantes de peças cresçam juntos.

Na Coréia do Sul, o "Ato sobre Prevenção de Divulgação e Proteção de Tecnologia Industrial" desempenha um papel central na garantia de que as principais tecnologias, desenvolvidas com financiamento governamental, permaneçam rigorosamente controladas. Como destacam STACEY e outros (2017), o objetivo dessa lei é proteger a tecnologia industrial, evitando divulgação indevida, de modo a fortalecer a competitividade das indústrias coreanas e contribuir para a segurança nacional e o desenvolvimento da economia nacional.

Coreia do Sul - Evolução no Número de Áreas Tecnológicas-chave, 2007-2016

Áreas	2007	2010	2011	2012	2013	2015	2016
Eletro-eletônica	4	5	5	8	11	11	11
Automóvel/Ferrovia	8	8	8	8	8	7	8
Siderurgia	6	6	6	6	6	6	6
Máquinas/Robôs	...	...	...	...	...	...	9
Construção Naval	7	7	7	7	7	7	7
Energia nuclear	4	4	4	4	4	3	5
Telecomunicações	6	11	12	17	14	8	8
Espaço	5	5	2	5	2	2	4
Biotecnologia	...	3	3	3	3	3	3
Total	**40**	**49**	**50**	**58**	**55**	**47**	**61**

Extraído de STACEY e outros, 2017, Cap. 2; p. 2-15.

Essa lei estabelece que uma "tecnologia-chave nacional" tem alto valor tecnológico e econômico no mercado sul-coreano e estrangeiro ou permite um alto potencial de crescimento para as indústrias relacionadas e pode exercer um efeito adverso significativo sobre a segurança nacional e o desenvolvimento da economia nacional se for divulgado no exterior. Produtos de conteúdo tecnológico desenvolvidos com utilização de financiamento governamental de P& D só podem ser exportados ou produzidos no exterior com autorização explícita do governo deve dar permissão para exportar ou para produzir no exterior.

Em 2016, havia 61 áreas de tecnologia-chave (40 áreas em 2007). Eletroeletrônica é a área com maior número de tecnologias protegidas (11), enquanto áreas como carros / ferrovias, aço e construção naval mantiveram o número ao longo do prazo. Novas áreas de tecnologia protegida incluem máquinas / robôs e biotecnologia.

4.8. A iniciativa *Made in China* 2025[39]

Introdução

A indústria mundial está à beira da próxima revolução tecnológica. A combinação de máquinas inteligentes, comunicação moderna, *big data* e computação em nuvem está criando uma mudança disruptiva na produção industrial. As expressões "Manufatura Inteligente", "Indústria 4.0" e "Internet Industrial" são rótulos diferentes para a próxima transformação. Governos e indústrias em todo o mundo reconhecem que este novo paradigma tecnológico irá reformular a dinâmica e as regras da concorrência mundial. A corrida para a produção industrial avançada poderá decidir o destino das grandes corporações e até mesmo o desenvolvimento global de economias inteiras.

Este capítulo analisa a estratégia da China neste ambiente de disrupção tecnológica que, para o governo chinês, surge como uma excelente oportunidade para equiparar o país tecnologicamente e economicamente aos países industrializados. Para isso, foi utilizada a versão em inglês do documento oficial Made in China 2025, publicada em julho de 2015, pelo Conselho de Estado da China. Essas informações oficiais foram complementadas pelas análises produzidas pelos pesquisadores do think tank alemão Merics - (WÜBBEKE, Jost e outros. Made in China 2025: The making of a high-tech superpower and consequences for industrial countries), pela Câmara de Comércio dos Estados Unidos (Made in China 2025: Global ambitions build on local protection) e pela OCDE (QIAN Dai. China and the next production revolution. In: OECD – The Next Production Revolution: Implications for governments and business.

Na China, o lançamento do programa *Made in China 2025* consiste em uma resposta do governo à perda potencial de competitividade da indústria chinesa, dado que o país enfrenta concorrência crescente tanto de países em desenvolvimento, com custos de mão de obra igualmente competitivos, como de países desenvolvidos, que se beneficiam de ganhos de eficiência baseados em tecnologias inovadoras.

Parcialmente inspirado na iniciativa da Indústria 4.0 da Alemanha, a estratégia *Made in China 2025* (MIC 2025) busca permitir à China escapar da "armadilha da renda média" e atingir o topo da cadeia de valor da indústria de transformação. Esse plano nacional

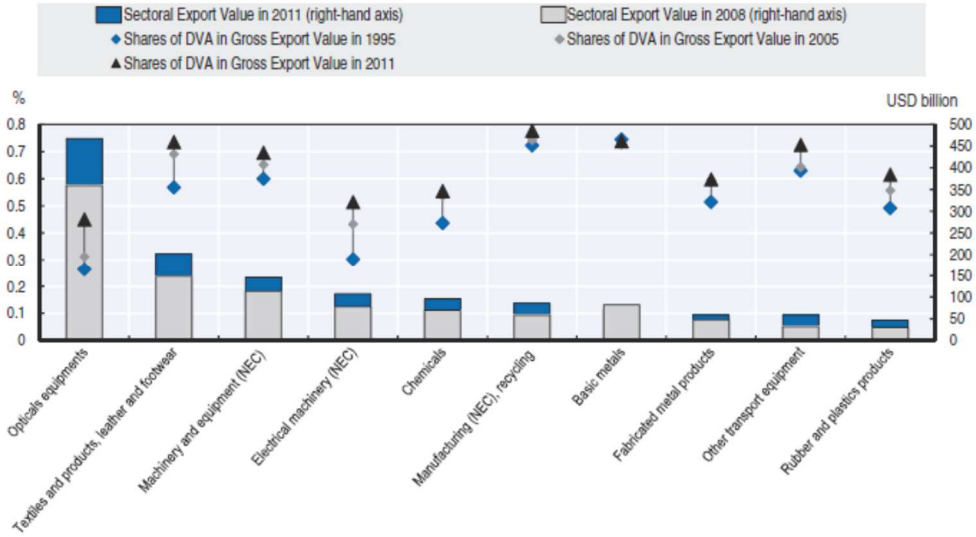
[39] Trabalho divulgado como Carta IEDI n. 827. Disponível em https://iedi.org.br/cartas/carta_iedi_n_827.html

abrangente e de longo prazo, previsto para se desenvolver em três etapas, tem o propósito final de transformar a China em uma potência industrial mundial, baseada em tecnologia avançada, até 2049.

Panorama Atual da Indústria Chinesa

Na avaliação do Conselho de Estado chinês, após décadas de rápido crescimento, a escala de produção industrial da China tornou-se a maior do mundo. O sistema de produção industrial, abrangente e independente, da China tornou-se a pedra angular do desenvolvimento econômico e social do país, e uma força importante da economia mundial. Em 2014, a produção industrial da China representou 19% do valor adicionado da indústria mundial e 35,9% do Produto Interno Bruto (PIB), liderando o mundo pelo quinto ano consecutivo. Além disso, as últimas décadas, os principais setores de exportação da China registraram aumento no valor agregado doméstico nas exportações brutas.

China - Evolução do valor das exportações setoriais e da participação no valor agregado doméstico (DVA) no valor das exportações brutas



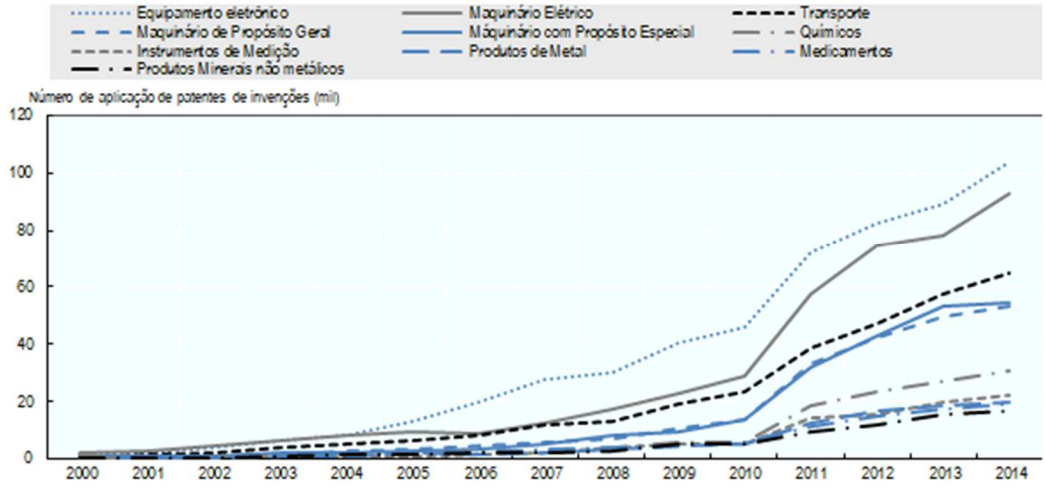
Extraído de QIAN, 2017: p. 399.
Observação: NEC (sigla em inglês) = não classificado em outra parte;

Sob a estratégia governamental de desenvolvimento orientada à inovação, a China também está tentando ganhar terreno na produção de alta tecnologia. Os voos espaciais tripulados, os submersíveis tripulados de água profunda, o trem de alta velocidade,

lançamento do sistema de satélites de navegação e o supercomputador mais rápido do mundo, a construção de trilhos de alta velocidade e a instalação de equipamentos de perfuração de petróleo de dez mil metros de profundidade são exemplos de conquistas relacionadas à indústria da China. Todas essas conquistas estão associadas ao progresso do país em pesquisa, educação e infraestrutura.

Segundo o funcionário do Ministério de Tecnologia da China e consultor da OCDE, Qian Dai, os gastos brutos da China em pesquisa e desenvolvimento foram ligeiramente superiores a 2% do PIB em 2014, superando a média da União Europeia e bem acima dos países com um nível similar de PIB per capita. E em 2014, o setor industrial chinês liderou os pedidos de patente de invenção.

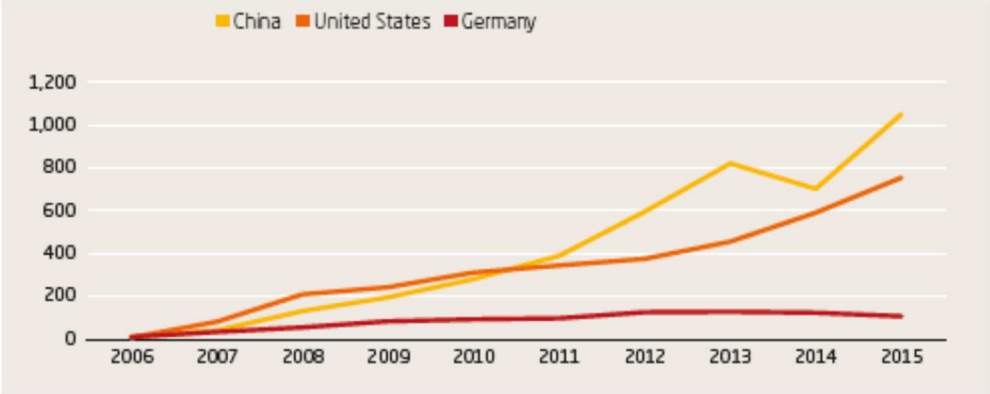
China - 10 Principais Setores com Aplicações de Patentes de Invenções em 2014



Extraído de QIAN, 2017; p. 400.

A atividade de patenteamento (incluindo patentes, desenhos industriais e modelos de utilidade) mostra que a China contribuirá com inovações importantes nas tecnologias mais avançadas para a fabricação inteligente nos próximos anos. De acordo com Wübbeke e outros (2016), o número de patentes chinesas para tecnologias relacionadas com Indústria 4.0 cresceu muito rapidamente desde 2006. Em 2011, as aplicações de patentes chinesas nessas tecnologias já haviam ultrapassado as dos EUA.

Famílias de patentes (aplicações prioritárias) para tecnologias da indústria 4.0 nos escritórios nacionais de patentes, 2006-2015



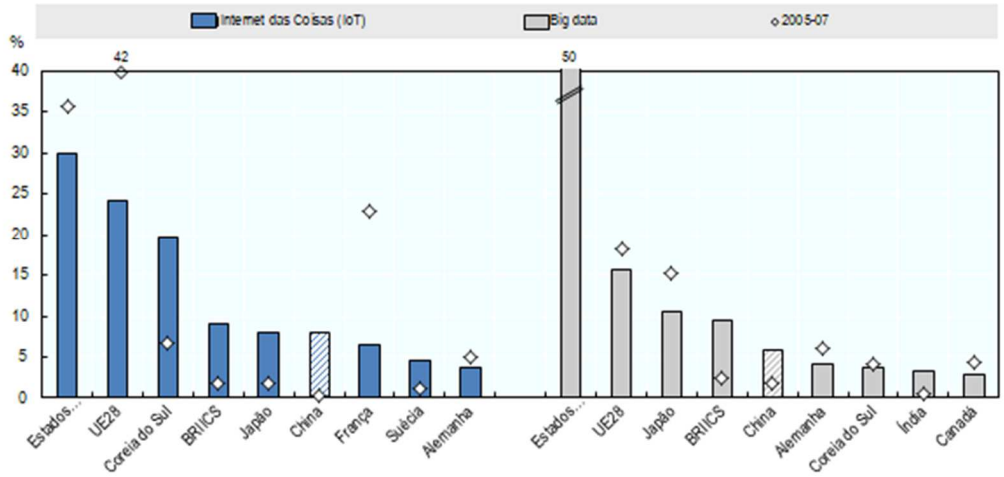
Extraído de WÜBBEKE e outros, 2016; p. 40.

As atividades de inovação chinesas são, segundo os autores, particularmente fortes em campos tecnológicos com alto suporte político: robôs industriais tradicionais, redes de sensores sem fio e sensores inteligentes. Em contrapartida, as atividades de inovação chinesas são mais fracas em computação em nuvem e grandes dados, robôs avançados e segurança da informação.

Todavia, mesmo nesses domínios, a capacidades de P&D e inovação na China também estão avançando rapidamente. Esse é o caso, por exemplo, das tecnologias de informação e inovação (ICT, na sigla em inglês), como Internet das coisas (IoT), computação em nuvem e *big data.* Dados da OCDE apresentados por Qian (2017) mostram que tanto em IoT como em *big data*, a China está alcançando os líderes globais nas atividades de patenteamento.

Países-líderes em Internet das Coisas e em Tecnologias de *Big Data* (2005-07 e 2010-12)

Participação nas famílias de patentes IP5 pata ICT selecionadas registradas nos escritórios de patentes norte-americano e europeu



Extraído de QIAN, 2017; p. 402.

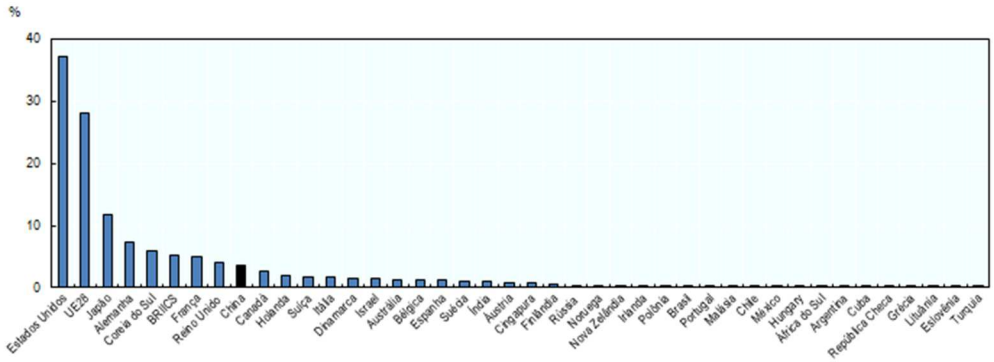
A impressão em 3D vem, também, se desenvolvendo rapidamente na China. De 1988 a 2014, 79.602 impressoras industriais 3D foram instaladas em todo o mundo. Durante esse período, a China ficou em 3º lugar, representando 9,2% do total de unidades em uso, atrás dos Estados Unidos (38,1%) e do Japão (9,3%). Na fabricação de produtos de consumo, a utilização da impressão em 3D tem crescido em *design* de joias e aplicações personalizadas, como impressão em 3D para retratos pessoais e brinquedos.

De acordo com Qian, em abril de 2015, a China ocupou o terceiro lugar no número global de patentes de impressão em 3D, ficando atrás apenas dos Estados Unidos e do Japão. A impressão 3D industrial na China está avançando em setores como espaço e aviação, biomedicina e indústria automotiva. No setor aeroespacial, a empresa Commercial Aircraft Corporation (COMAC) usou a impressão 3D para fazer o jato regional ARJ 21. Em 2015, a primeira prótese de quadril impressa em 3D da China foi disponibilizada ao público. Esta prótese do quadril oferece alta personalização, a um custo de apenas metade a um terço das próteses anteriormente importadas.

Outra área de fronteira tecnológica na qual a China tem logrado significativo avanço é a de biotecnologia. De 2010 a 2013, a China ficou em sétimo lugar na participação mundial de patentes de biotecnologia. A produção de bioindústria na China atingiu CNY 3,16 trilhões (US$ 497 bilhões) em 2014, o equivalente a 4,6% do PIB.

Participação relativa dos países nas patentes em biotecnologia, 2010-13

Em % de famílias de patentes IP5



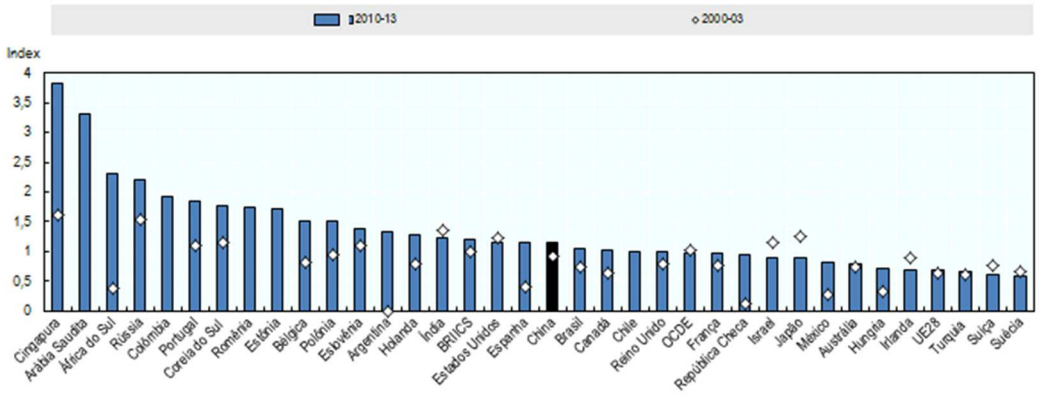
Extraído de QIAN, 2017; p. 411.

Também na área de nanotecnologia, os progressos da China são significativos. De acordo com Qian, o país iniciou pesquisas em nanotecnologia em meados da década de 1980. E em 2010, final do 11º plano quinquenal (2006-10), a China já havia alcançado o primeiro lugar nas publicações do *Science Citation Index* em nanotecnologia e em segundo lugar nas citações. Durante 2010-13, a China ocupou o quarto lugar na participação global das patentes de nanotecnologia e aumentou sua vantagem

tecnológica revelada nas nanotecnologias. Com suas conquistas na pesquisa, a China agora pretende traduzir pesquisa para uso comercial. As aplicações industriais bem-sucedidas da nanotecnologia na China têm visto colaborações frequentes entre institutos de pesquisa, universidades e indústria.

Vantagem tecnológica revelada em nanotecnologias, 2000-03 e 2010-13

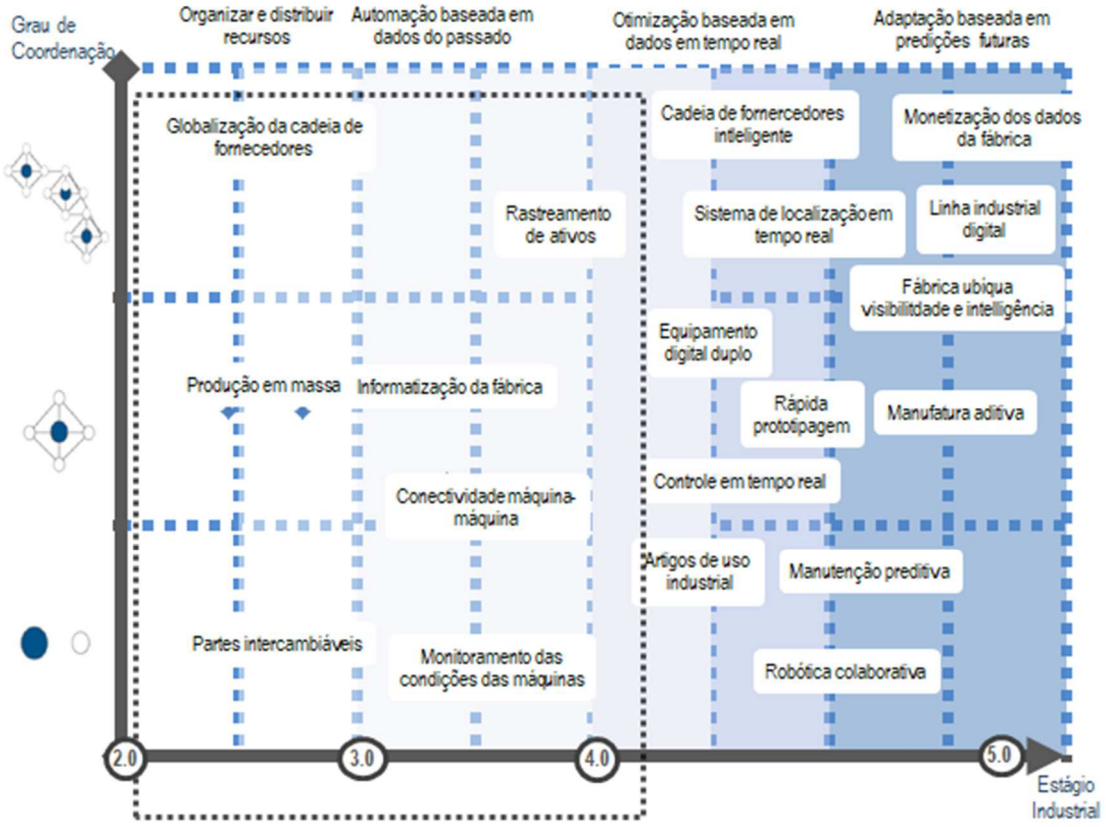
Índice baseado nas famílias de patente IP5



Extraído de QIAN, 2017; p. 414.

A despeito dos notáveis avanços tecnológicos em algumas áreas da indústria de alta tecnologia, a indústria chinesa também enfrenta múltiplos desafios. O próprio governo chinês reconhece que o setor industrial da China ainda está atrasado em comparação com os países industrializados. Como aponta Qian, grande parte da indústria de transformação da China não usa tecnologia de ponta e opera com processos industriais típico da Indústria 2.0 e 3.0.

Progressão no uso de diferentes tipos de tecnologia de informação e comunicação (ITC) por estágio de desenvolvimento industrial

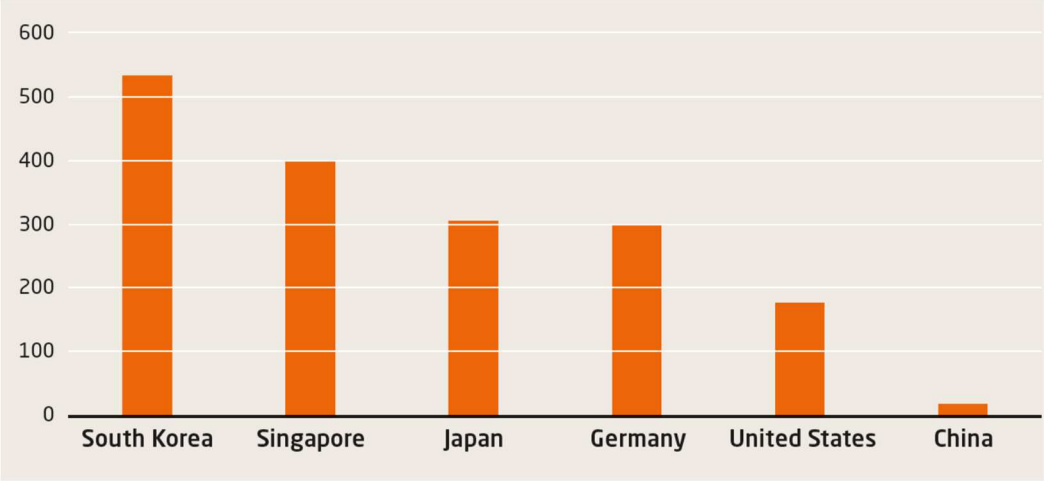


Extraído de QIAN, 2017: p. 401.

Observação: Os símbolos próximos ao eixo vertical indicam o grau de coordenação. A maioria das empresas chinesas operam nos estágios 2.0-3.0.

A maioria das fábricas chinesas possui também um nível de automação rudimentar e quase nenhuma digitalização. Segundo os pesquisadores do Merics, em 2015, por exemplo, as empresas chinesas utilizavam uma média de apenas 19 robôs industriais por 10.000 funcionários da indústria. Isso se compara a 531 na Coréia do Sul, 301 na Alemanha e 176 nos Estados Unidos. Na indústria automotiva chinesa, a densidade de robôs industriais foi de 305 em 2014, enquanto a densidade em países-chave de produção automotiva (como Japão, Alemanha, Estados Unidos e Coréia) é superior a 1.000.

Densidade de robôs industriais por 10 mil trabalhadores em 2015



Extraído de WÜBBEKE e outros, 2016; p. 14.

A indústria chinesa atualmente está experimentando um rápido aumento da demanda por tecnologia de automação e digitalização. As empresas chinesas em sua maioria exigem tecnologias básicas que estão em uso em países industrializados há muito tempo. De acordo com Wübbeke e outros, o crescimento do mercado para as tecnologias típicas da Indústria 3.0, como *software* industrial, robôs industriais tradicionais e sensores industriais, foi entre 10% e 25% em 2015. Mas os números do mercado também demonstram que a indústria chinesa já começou a investir em tecnologia relevante para a próxima geração industrial produção (Indústria 4.0). Por exemplo, a demanda por *big data*, computação em nuvem, redes de sensores sem fio (WSN) e sistemas microeletromecânicos (MEMS) cresceu 20% a 25 % em 2015.

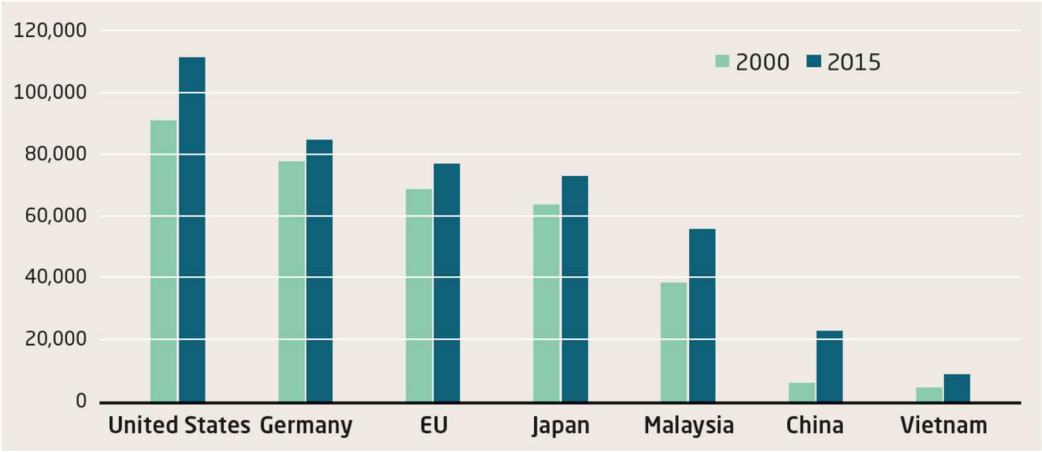
Apesar do aumento significativo da pesquisa e desenvolvimento (P&D), a China ainda depende muito das importações de tecnologia e materiais para manufatura avançada. Segundo Qian, em 2013, por exemplo, os semicondutores importados excederam o petróleo como o maior item de importação da China.

O governo e as empresas chinesas veem a transferência de tecnologia do exterior como uma maneira importante de acelerar o progresso tecnológico. Existem muitos mecanismos e processos que facilitam a transferência de tecnologia. Estes incluem, por exemplo, a difusão de tecnologia a partir dos investimentos diretos realizados por empresas estrangeiras na China, a cooperação com empresas estrangeiras e o recrutamento de pessoal estrangeiro de P&D. Segundo Wübbeke e outros, uma tendência que está emergindo cada vez mais é um investimento em busca de tecnologia dos países industrializados pelos investidores chineses. A construção de centros de P&D em países industrializados e a aquisição de líderes de tecnologia estrangeiros podem

levar à absorção de conhecimento e tecnologia essenciais do exterior. Como será visto na última seção dessa Carta, os investimentos chineses nas indústrias de alta tecnologia da Europa e na indústria de fabricação inteligente cresceram rapidamente nos últimos anos.

No que se refere à produtividade, embora a produtividade do trabalho da China tenha aumentado na última década, ainda é muito menor do que nos Estados Unidos e em outros países industrializados e até em alguns países em desenvolvimento. Líderes de tecnologia como a Alemanha e o Japão, em contraste, fazem uso intensivo de linhas de produção e processos de gerenciamento baseados em tecnologia de informação moderna e máquinas altamente automatizadas.

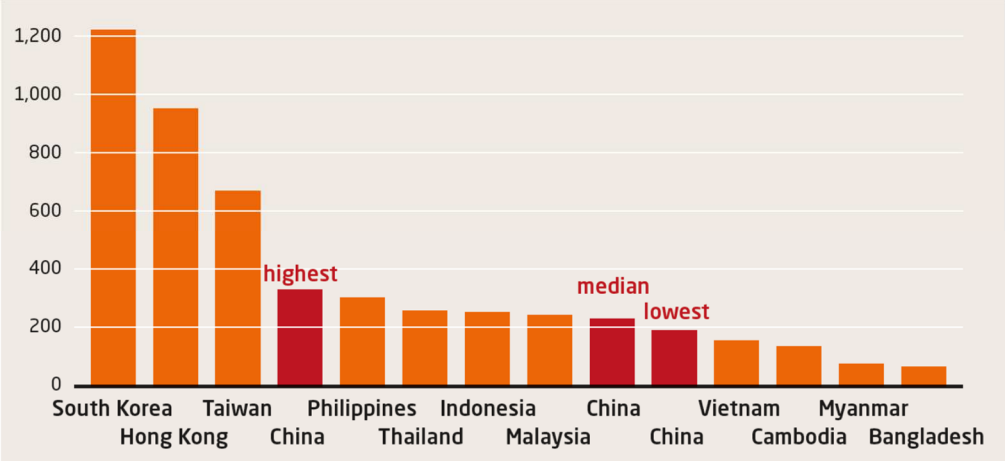
Produtividade do trabalho em países selecionados (GDP por trabalhador, US$ constante em PPC de 2011)



Extraído de WÜBBEKE e outros, 2016; p. 14.

Na avaliação de Wübbeke e outros, a competitividade da China nas cadeias globais de valor (CGVs) ainda está concentrada no processamento e montagem, com base em muitos casos no baixo custo de mão-de-obra e matérias-primas. No entanto, entre 2006 e 2014 os salários dos empregados na indústria de transformação aumentaram 66%. Isso excedeu o aumento médio da economia de 54%. Porém, os custos da mão-de-obra industrial chinesa ainda são moderados e os salários mínimos no país são apenas ligeiramente superiores aos dos países vizinhos do Sudeste Asiático.

Salários mínimos na Ásia em USD por mês, em setembro de 2016 (salário mínimo vigente mais alto)



Extraído de WÜBBEKE, Jost e outros, 2016; p. 16.

Vários fatores, segundo os autores, estão começando a mudar gradualmente o cálculo custo-benefício das empresas chinesas, que estão se movendo lentamente em direção a mais investimentos em alta automação. Para algumas indústrias de mão-de-obra intensiva, como a produção de vestuário e em algumas localidades, como a cidade cantonesa de Dongguan, a pressão salarial já é relativamente elevada. Esta pressão proporciona um incentivo para que as empresas gastem mais em máquinas automatizadas. Além disso, os planejadores de fábrica substituem cada vez mais por robôs os trabalhadores que não estão mais dispostos a realizar tarefas estressantes, tais como envernizamento, soldagem e polimento, mesmo que sejam bem pagos. Porém, no setor industrial chinês em seu conjunto, essas tendências não são suficientemente espalhadas para levar a uma melhoria decisiva e ampla da tecnologia de produção chinesa.

O Plano Made in China 2025

O plano estratégico *Made in China 2025* (*MIC 2025*), lançado pelo Conselho de Estado da China em maio de 2015 é a resposta do governo à perda potencial de competitividade da indústria chinesa. Conforme expresso no documento oficial do Conselho de Estado, “a indústria de transformação da China enfrenta o sério desafio de uma” dupla pressão “entre países industrializados e outros países em desenvolvimento”. A manufatura avançada deve ajudar a China a enfrentar esta dupla pressão.

O país enfrenta concorrência crescente tanto de países em desenvolvimento com custos de mão de obra igualmente competitivos como de países desenvolvidos que se beneficiam de ganhos de eficiência baseados em tecnologias inovadoras de produção. Parcialmente inspirado na iniciativa da Indústria 4.0 da Alemanha, *MIC 2025* deverá permitir à China escapar da "armadilha da renda média" e atingir o topo da cadeia de valor da indústria de transformação.

Para evitar a armadilha de renda média, a China está buscando avançar para se tornar uma "Superpotência industrial" e "Superpotência na Internet". O objetivo é essencialmente construir uma estrutura econômica e capacidades semelhantes à da Alemanha e do Japão: um país industrial forte baseado em uma indústria de transformação robusta e inovadora. Instalações modernas de produção são consideradas chave para alcançar o mesmo nível de produtividade e qualidade do produto que se encontra nos países industrializados.

Simultaneamente, os líderes da China procuram defender o *status* do país como a "fábrica do mundo" para indústrias de baixo valor contra países em desenvolvimento. Os aumentos salariais ainda não causaram deslocalização em larga escala, mas a liderança chinesa vê a transferência de fábricas para os vizinhos do Sudeste Asiático como uma grave ameaça em médio prazo. Com a automação e digitalização da indústria, o governo chinês quer manter a vantagem de baixos custos de produção em setores industriais tradicionais como o de têxteis.

A iniciativa *MIC 2025* vai muito além do alcance de estratégias comparáveis para a automação e digitalização da indústria em outros países. O plano incorpora um conjunto abrangente e estrategicamente interligado de políticas industriais, orientadas ao objetivo geral de transformar a China em uma "Superpotência industrial", título do estudo elaborado pela Academia Chinesa de Engenharia em 2013, que serviu como base científica para a formulação do plano estratégico *MIC 2025*. Este objetivo aplica-se em particular a dez indústrias de alta tecnologia, como a indústria automotiva e equipamentos de energia.

Além da manufatura inteligente, *MIC 2025* também inclui provisões sobre inovação na produção, gerenciamento de qualidade de produto e produção sustentável. Além da abrangência e alcance maiores, a iniciativa é respaldada com recursos muito mais expressivos do que as políticas industriais anteriores.

Quanto à manufatura inteligente, o plano é atualizar a tecnologia de produção em toda a indústria: grandes e pequenas empresas, estatais e privadas. As tarefas importantes são a comercialização de tecnologias de produção inteligentes, a aplicação de fabricação

inteligente em empresas-chave, a construção de fábricas inteligentes e o desenvolvimento de fabricação orientada para serviços. Em particular, as máquinas-ferramentas de controle numérico computadorizadas de alta gama, robôs industriais e TI avançada são o foco do plano.

O objetivo do progresso tecnológico e da substituição de importação norteia a *MIC 2025*. As indústrias chinesas de alta tecnologia, em particular os campeões nacionais, devem adquirir as capacidades para criar soluções tecnológicas inovadoras independentes e substituir seus concorrentes estrangeiros no mercado interno e cada vez mais nos mercados globais. A iniciativa enfatiza a necessidade de "esforçar-se para controlar as tecnologias essenciais de base, melhorar as cadeias de suprimentos industriais e desenvolver capacidades de desenvolvimento independentes em áreas básicas, estratégicas e abrangentes relacionadas para a economia nacional e para a segurança industrial".

Como aponta Wübbeke e outros, palavras como "inovações nativas" e "autossuficiência" são omnipresentes no documento, que afirma a necessidade de desenvolver e usar produtos nacionais em áreas como ferramentas de *design* assistido por computador, *software* de plataforma industrial, tecnologia de fabricação inteligente e veículos elétricos. Segundo esses autores, com esse plano estratégico, a liderança política chinesa impõe suas prioridades e visão estratégica para a atualização industrial em uma indústria de transformação que até agora tem sido bastante hesitante sobre a modernização industrial. Este forte papel da política como motor do desenvolvimento da manufatura inteligente na China contrasta radicalmente com o papel fundamental da iniciativa empresarial no processo ascendente na Alemanha, Estados Unidos e muitos outros países.

A alta relevância política do plano estratégico *MIC 2025* também se reflete no poderoso apoio institucional para a manufatura inteligente. O Grupo Interministerial líder para a Construção de uma Superpotência Industrial, liderado pelo vice-primeiro ministro, é responsável pelo planejamento e coordenação macro-estratégica. O Ministério da Indústria e Tecnologia da Informação (MIIT), órgão responsável pela política industrial, é encarregado da execução das políticas.

Todos os distritos e departamentos foram orientados a seguir as diretrizes para o rejuvenescimento da indústria de transformação chinesa. No documento *MIC 2025*, os governos locais foram instados a fortalecer a organização e a liderança, melhorando as sinergias dos serviços e a coordenação em todos os níveis governamentais.

Princípios orientadores. "A fim de seguir um novo caminho de industrialização com características chinesas", na formulação da estratégia *MIC 2025***,** o Conselho de Estado seguiu os seguintes princípios orientadores:

- Desenvolvimento impulsionado pela inovação:
  - Fazer da inovação o tema orientador da indústria com avanços nas tecnologias-chave.
  - Adaptar as instituições à inovação.
  - Promover a inovação colaborativa, transindustrial e interdisciplinar, a digitalização, as tecnologias de rede e tecnologias inteligentes na produção industrial.
  - Seguir o caminho orientado à inovação.
- Qualidade em primeiro lugar:
  - Colocar a qualidade como o núcleo da liderança industrial, incentivar as empresas a assumir a responsabilidade pela qualidade do produto e apoiar pesquisas relacionadas à qualidade e marcas domésticas.
  - Desenvolver leis e regulamentos padronizados, sistemas de supervisão de qualidade e uma cultura de qualidade em primeiro lugar.
  - Seguir o caminho da competição com alta qualidade.
- Desenvolvimento verde:
  - Continuar a considerar o desenvolvimento sustentável como o foco do poder industrial.
  - Promover a aplicação de tecnologias, processos e equipamentos de proteção e economia de energia para permitir uma produção mais limpa.
  - Seguir o caminho do desenvolvimento ecológico, desenvolvendo a economia da reciclagem, melhorando a eficiência da reciclagem de recursos e estabelecendo um sistema de produção industrial sustentável.
- Otimização da estrutura industrial:

- Perseguir o ajuste estrutural como o principal facilitador do poder industrial.

- Apoiar o desenvolvimento da manufatura avançada, atualizar indústrias tradicionais, e transformar a fabricação orientada à produção em produção orientada aos serviços.

- Otimizar a estrutura industrial, cultivar *clusters* industriais e seguir o caminho de melhorar o desempenho do sistema e da organização.

• Desenvolvimento orientado ao talento:

- Continuar a desenvolver o talento como base da influência da indústria.

- Desenvolver mecanismos pragmáticos para contratação, colocação e treinamento de pessoal, e cultivar pessoal profissional, técnico, gerencial e administrativo para atender às demandas da industrial fabricação moderna.

- Criar uma atmosfera que respalde uma mentalidade empresarial, desenvolver um *pool* de talentos qualificado e especializados na fabricação e criar estruturas de organização racionais.

- Seguir o caminho do desenvolvimento orientado ao talento.

• Desenvolvimento orientado ao mercado e liderado pelo governo:

- Aprofundar de forma abrangente a reforma, dar aos mercados o papel decisivo na alocação de recursos, fortalecer a posição dominante das empresas e estimular a vitalidade e criatividade da empresa.

- Transformar ativamente as funções governamentais, fortalecer a pesquisa estratégica, melhorar as políticas relevantes e criar um ambiente estável para as empresas.

• Planejamento pragmático com perspectivas de longo prazo

- Acelerar a transformação estrutural, melhorar a qualidade e o desempenho e desenvolva capacidades de produção sustentáveis em relação a estrangulamentos e links fracos que restringem a fabricação.

- Compreender a nova rodada de tecnologia e revolução industrial e fazer planos estratégicos e políticas avançadas para consolidar as atuais vantagens e captar o alto terreno para gerenciar a concorrência futura
- Avanços holísticos e progressos em áreas-chave
- Continuar a integrar considerações holísticas.
- Elaboração de planos abrangentes e definição das direções de inovação.
- Promover a plena integração das manufaturas militar e civil para melhorar o nível de capacidade total.
- Integrar recursos, concentrar-se em áreas-chave, implementar projetos importantes em áreas focadas e buscar avanços aguerridos para atender às demandas de desenvolvimento econômico e social e segurança nacional.

• Desenvolvimento independente, aberto à cooperação mundial

- Domínio das principais tecnologias básicas, aperfeiçoamento da cadeia de suprimentos industrial e cultivo das capacidades domésticas em áreas estratégicas relacionadas ao bem-estar nacional, ao sustento das pessoas e à segurança da indústria.
- Expandir ainda mais a estratégia de "Abertura" para se envolver ativamente com recursos e mercados mundiais, fortalecer a distribuição global, promover a comunicação e cooperação internacionais e desenvolver novas vantagens comparativas para melhorar o nível geral de produção.

Objetivos e tarefas estratégicas. Essa abrangente iniciativa nacional de longo prazo, prevista para se desenvolver em três etapas, tem o objetivo final de transformar a China em uma potência industrial mundial, baseada em tecnologia avançada até 2049, ocasião do 100º aniversário da fundação da República Popular da China. Os objetivos da primeira etapa a ser alcançada até 2025 são:

• Modernizar, de forma abrangente, os setores industriais da China;

• Fortalecer a posição da China como uma grande nação industrial;

- Foco na produção de qualidade e em tecnologias de manufatura inteligente;
- Melhorar a eficiência de energia, mão de obra e do consumo material;
- Tornar as empresas chinesas líderes nas cadeias de valor da indústria de transformação;
- Alcançar o domínio das tecnologias-chave nas principais indústrias (ao invés de importá-las).

A segunda etapa, a ser alcançada até 2035, tem como metas:

- Elevar a China ao nível de uma nação industrial de nível médio;
- Aumentar a inovação autóctone;
- Aumentar a propriedade intelectual;
- Alcançar avanços inovadores à escala mundial em setores-chave.

Na terceira e última etapa, a ser atingida até 2049, os objetivos fixados são:

- Tornar-se um líder mundial nos principais setores industriais de alta tecnologia;
- Impulsionar a inovação autóctone e manter vantagens competitivas.

A execução da iniciativa *MIC 2025* está sendo liderada pelo Ministério da Indústria e Tecnologia da Informação (MIIT), com foco em nove tarefas estratégicas e cinco iniciativas nacionais em dez setores prioritários. As nove tarefas estratégicas são:

- Incentivar e fortalecer a capacidade de inovação nativa;
- Promover o uso de produção integrada, digital, com foco em tecnologia de manufatura inteligente;
- Fortalecer a base da indústria chinesa, concentrando-se nos “quatro básicos” (componentes básicos, tecnologias básicas de processamento, materiais básicos e serviços industriais básicos);
- Melhorar a qualidade do produto e construir nomes de marca chineses mundiais;

- Concentrar-se na aplicação de métodos “verde” de produção, de modo a tornar a produção industrial mais ecológica;
- Fazer avanços tecnológicos inovadores nos 10 setores-chave selecionados;
- Reestruturar indústrias para melhorar a eficiência da produção e resolver o problema de excesso de capacidade;
- Melhorar os serviços destinados ao setor industrial e a produção de serviço orientada aos serviços; e
- Internacionalização das empresas industriais chinesas e direcionamento para a cooperação internacional.

O plano prioriza cinco iniciativas de âmbito nacional: estabelecer novos centros de inovação; promoção da pesquisa nas tecnologias básicas (“Quatro básicos”); implementar projetos focados em manufatura inteligente; implementar projetos focados em produção verde; priorizar a produção de equipamentos de ponta nos dez setores-chaves. Para cada uma dessas iniciativas foram definidos objetivos claros, sintetizados no quadro a seguir.

China - Objetivos das Iniciativas Nacionais do MIC 2025

Iniciativas	Detalhes	Objetivos
Centros de P&D e inovação	Impulsionar avanços tecnológicos e inovação em áreas-chave como tecnologia de informação e comunicação de próxima geração, manufatura inteligente, novos materiais, manufatura aditiva e produtos farmacêuticos.	Estabelecer 15 "centros nacionais de inovação industrial" até 2020; 40 até 2025
Projetos de manufatura inteligente	Principais empresas chinesas envolvidas na criação e otimização de projetos e técnicas de fabricação inteligente, digitalização de fábricas e personalização de cadeias de suprimentos.	Diminuir os custos operacionais em 30%, reduzir os tempos de produção em 30% e reduzir as taxas de defeito em 30% até 2020; e, em seguida, redução de 50% nas taxas de custos, horários e defeitos até 2025.
Bases industriais	Estabelece novos centros de pesquisa para acelerar o desenvolvimento dos principais componentes industriais, técnicas, materiais e tecnologia de produção, denominados "Quatro Básicos".	Ser autossuficiente para 40% dos componentes e materiais essenciais em setores-chave - aeroespacial; telecomunicações; produção e distribuição de energia; transportes e eletrodomésticos - até 2020; e então 70% até 2025.
Projetos industriais ecológicos	Realizar projetos em eficiência energética, proteção ambiental, uso de recursos, reutilização e tecnologias com baixas emissões de carbono.	Construir 1.000 fábricas verdes e 100 parques industriais verdes até 2020. Reduzir a emissão de poluentes primários em 20%. Alinhar o consumo de energia por unidade com níveis mundiais avançados até 2025.
Equipamentos industriais de ponta	Desenvolvimento de projetos inovadores, de ponta, focados na indústria em veículos aeroespaciais, ferroviários, de nova energia, redes marinhas, redes inteligentes, máquinas-ferramentas de ponta, equipamentos nucleares e médicos.	Realizar a P & D independente nos setores prioritários para alcançar expressivo crescimento na participação de mercado da China no IP para equipamentos de alto valor até 2025

Fonte: STATE Council of China. *Made in China 2025*. July 7, 2015. Disponível em www.iatone.com

O documento oficial do *Made in China 2025* definiu alguns indicadores para a indústria em inovação, qualidade, digitalização e desenvolvimento "verde", que serão monitorados ao longo da execução da política. Por exemplo, até 2025, a porcentagem de gastos de P&D em relação às vendas de manufatura é direcionada para atingir 1,68%; espera-se que a produtividade do trabalho aumente 7,5% anualmente até 2020 e, posteriormente, 6,5% até 2025; a cobertura de banda larga deve aumentar de 50% em 2015 para 82% em 2025; e o consumo de energia por unidade de valor agregado deve cair 34% até 2025.

China - Principais Indicadores da Indústria, 2013-2025

Categoria	Indicador	2013	2015	2020	2025
Capacidade de Inovação	Custo do P&D interno como porcentagem das receitas operacionais das empresas industriais (%)	0,88	0,95	1,26	1,68
	Invenções patenteadas por bilhões de RMB de receita operacional	0,36	0,44	0,7	1,1
Qualidade e Valor	Competitividade da qualidade industrial (índice)	83,1	83,5	84,5	85,5
	Taxa de valor adicionado industrial (% do aumento sobre 2015)	-	-	2	4
	Crescimento médio da produtividade do trabalho industrial durante o plano quinquenal (%)	-	-	7,5	6,5
Integração da Tecnologia de Informação e Industrialização	Penetração da banda larga (%)	37	50	70	82
	P&D digital e penetração da ferranenta de design (%)	52	58	72	84
	Taxa de controle de processo-chave (%)	27	33	50	64
Desenvolvimento Verde	Decréscimo de consumo de energia por unidade de valor adicionado industrial (% de decréscimo sobre 2015)	-	-	18	34
	Decréscimo de emissão de dióxido de carbono por unidade de valor adicionado industrial (% sobre 2015)	-	-	22	40
	Decréscimo do consumo de água por unidade de valor adicionado (% de decréscimo sobre 2015)	-	-	23	41
	Índice de utilização abrangente dos resíduos sólidos industriais (%)	62	65	73	79

Extraído de State Council of China, 2015, p. 9.

Setores prioritários. Os setores definidos como prioritários no *MIC 2025* são: equipamento marítimo avançado e embarcações de alta tecnologia; ferrovia e equipamento avançado; maquinaria e tecnologia agrícola; equipamentos aeronáuticos e aeroespaciais; produtos biofarmacêuticos e equipamentos médicos de ponta; circuitos integrados e novas tecnologias de informação; tecnologia e equipamentos de geração de energia elétrica; máquinas de controle de produção de alta gama e robótica; veículos

de baixa e nova energia; materiais novos e avançados. Essas indústrias de alta e média tecnologia que *MIC 2025* identifica como estrategicamente importantes respondem por mais de 40% de valor agregado industrial chinês.

- **Equipamento marítimo avançado e embarcações de alta tecnologia**. Ao longo dos últimos cinco anos, a China aumentou sua participação mundial na produção de equipamentos e embarcações marítimas avançadas - particularmente equipamentos de exploração de petróleo e gás, embarcações de suporte e plataformas de perfuração. No entanto, ainda se encontra no extremo de menor valor do mercado, e a desaceleração na construção naval e no setor de petróleo e gás está criando desafios substanciais de volume. A China continua dependente de projetos estrangeiros e tem desvantagens competitivas em gerenciamento e capacidades técnicas. A China está agora se concentrando em avançar a cadeia de valor - aprimorando sua capacidade de construir navios portadores de GLP e GNL de alta qualidade e também cruzeiros de luxo, embarcações de rotas do Ártico e novos navios inteligentes e poupadores de energia. Na exploração de petróleo e gás, está priorizando a exploração em alto mar, equipamentos de apoio a operações offshore e equipamentos de teste e inspeção. A China pretende tomar medidas para se tornar uma potência mundial de construção naval, com uma cadeia de fornecimento integrada que incorpora design, construção, fornecimento de equipamentos e serviços técnicos.

- ***Ferrovia e equipamento avançado***. Nos últimos 10 anos, a China investiu fortemente em sua nova infraestrutura ferroviária e em trens de alta velocidade mediante parcerias internacionais com Alstom, Siemens, Bombardier, Hitachi e Kawasaki, e agora o país conta com 18 mil quilômetros de ferrovias de alta velocidade em operação. Por meio de investimento interno em P&D, a China agora detém IP nas principais tecnologias e tem uma tecnologia de produção de trem de alta velocidade de classe mundial. As duas principais empresas ferroviárias da China, o China South Rail Group (CSR) e o China North Rail Group (CNR), recentemente se fundiram para formar o CRRC, e agora estão conquistando projetos internacionais. No plano interno, a China se voltou para os Sistemas de Transporte Inteligentes (ITS) para tornar o transporte ferroviário mais seguro, mais eficiente em termos energético, e mais amigável do ponto de vista ambiental.

- ***Maquinaria e tecnologia agrícola***. A China produz mais tratores e ceifeiro-debulhadoras que qualquer outro país, e sua produção doméstica de máquinas agrícolas cresceu dramaticamente nos últimos 10 anos. Porém, ainda carece de

muitas tecnologias avançadas, sendo fortemente dependente das importações de lata gama, e o processo, a velocidade e a escala da mecanização agrícola variam significativamente em todo o país. Em muitas áreas, a agricultura em pequena escala ainda é a norma, mas a China está agora concentrada na consolidação e adoção de novas tecnologias - a eficiência de custos está sendo buscada através da grande integração industrial de cultivo, criação, processamento e reciclagem de resíduos, o que exigirá avanço de técnicas agrícolas e uso de máquinas agrícolas de alta qualidade e com multifunções. A iniciativa *MIC 2025* visa elevar a capacidade da China na produção doméstica e na produção de equipamentos agrícolas de ponta, de modo que as empresas locais possam dominar o mercado interno e o país pode desenvolver seu potencial de exportação.

- ***Equipamentos aeronáuticos e aeroespaciais***. A indústria de aviação da China cresceu rapidamente nos últimos 20 anos em toda a cadeia de suprimentos, desde pesquisas até projetos, testes, manufaturas, reparos e manutenção. Tem bases de fabricação bem estabelecidas nas cidades de Harbin, Shenyang, Xi'an e Chengdu, e novas bases em Xangai, Tianjin e Zhuhai. Muitas empresas internacionais, como a Airbus, a Boeing, a Rolls-Royce e a Bombardier, têm parcerias de longa data na China para produção subcontratada. Até 2020, a China pretende ter uma indústria de fabricação de aeronaves mundialmente competitiva e relativamente completa e ser uma base regional líder para a modernização e reparação de aeronaves. O objetivo é competir através da entrega de seus próprios aviões e motores de classe C, e competir em helicópteros de médio porte, jatos comerciais de alto nível e aeronaves de uso especial e de emergência.

- ***Produtos biofarmacêuticos e equipamentos médicos de ponta***. A iniciativa MIC 2025 visa desenvolver a capacidade doméstica em muitas áreas, incluindo equipamentos de imagem e robôs médicos, dispositivos portáteis e telemedicina, e técnicas biológicas de impressão 3D e células-tronco. Há planos para melhorar as instalações de saúde nas áreas rurais, construindo ou atualizando 3.700 hospitais comunitários e 11.000 clínicas. Os cuidados de saúde nas áreas rurais e remotas serão especialmente dependentes da tecnologia, incluindo o diagnóstico remoto, dispositivos médicos e medicamentos biológicos, e os prestadores de cuidados de saúde estão sendo encorajados a adotar tecnologia de diagnóstico de alto desempenho, e os produtores a fabricar com tecnologia verde e a se aventurar no exterior para P&D, produção e desenvolvimento de mercado.

- ***Circuitos integrados e novas tecnologias de informação***. A indústria chinesa de tecnologia de comunicação e informação registrou um desenvolvimento significativo nos últimos anos, e gigantes domésticos chineses, como Baidu, Alibaba, Tencent e Huawei, tornaram-se forças dominantes em suas respectivas indústrias. O celular é uma área de crescimento particularmente impressionante: a China possui mais de 674 milhões de usuários de banda larga móvel, incluindo 230 milhões em redes 4G. O desenvolvimento da capacidade doméstica em circuitos integrados, 5G e sistemas industriais e sistemas operacionais, além de novos desenvolvimentos na Internet de Coisas, hiperconectividade e comunicação comercial segura são todos importantes objetivos da MIC 2025.

- ***Tecnologias e equipamento de geração de energia elétrica***. A China possui atualmente a maior capacidade de geração de eletricidade instalada no mundo (1505 GW gerando 5583 TWh em 2014) e a maior capacidade instalada do mundo para energia térmica, hidrelétrica, energia eólica, e, em 2016, também em energia solar (com capacidade instalada de 43GW). No entanto, apesar de toda a nova capacidade, a indústria de energia enfrenta um grande desafio na distribuição. A geração de energia à base de carvão é tradicional na região Norte, a energia hidrelétrica na região Oeste e grande parte da nova energia eólica é gerada nas regiões Norte e Oeste, enquanto a maior demanda ainda está concentrada no Sul e no Leste do país. O MIC 2025 inclui objetivos visando melhorar a capacidade em equipamentos de geração de energia, equipamentos de transmissão e transformação e componentes-chave, incluindo válvulas de segurança, disjuntores e retificadores. Em algumas áreas, a intenção é que até 95% dos equipamentos sejam produzidos no mercado interno.

- ***Máquinas de controle de produção de alta gama e robótica***. Na China, há mais de 5.000 empresas envolvidas na indústria de máquinas-ferramentas com um valor de produção combinado de 800 bilhões de RMB. Desde 2002, a China tem sido o maior fabricante de máquinas-ferramentas do mundo, mas ainda não dispõe de muitas tecnologias de produção avançadas e sistemas avançados de controle de computadores - apenas 30% das ferramentas de máquinas do país são controladas numericamente, com apenas 10% sendo exportados. A maioria dos principais componentes ainda é importada de países desenvolvidos, como Alemanha, Estados Unidos, Reino Unido, Itália, Japão ou Coréia do Sul. A iniciativa MIC 2025 delineia alguns objetivos ambiciosos em toda a gama de sistemas de controle além da robótica avançada, impressão em 3D e máquinas-ferramentas para melhorar a situação.

- ***Veículos de baixa e nova energia***. As vendas domésticas da China de veículos com novas energias começaram a crescer nos últimos dois anos, com subsídios ao consumidor para novos veículos produzidos localmente até 2020 e outros incentivos, tais como redução do imposto sobre compras e registro gratuito de matrícula. Compras governamentais também estão estimulando a produção, uma vez que mínimo de 30% de todos os carros do Governo comprados a cada ano devem ser veículos elétricos ou híbridos. Grandes cidades, como Pequim, Xangai, Shenzhen e Guangzhou, estão executando planos para construção de infraestrutura relacionada de recarga e distribuição. O *MIC 2025* visa impulsionar a produção doméstica de veículos elétricos e encorajar o mercado de veículos com novas energias e infraestrutura associada, com destaca para os veículos elétricos híbridos *plug-in* (PHEV, na sigla em inglês), veículos elétricos de célula de combustível de hidrogênio (FCEV, na sigla em inglês), veículos públicos e comerciais e veículos inteligentes e conectados.

- ***Materiais novos e avançados***. Em 2010, o governo chinês priorizou o desenvolvimento de certos setores de novos materiais, como: metais finais de desempenho estrutural e funcional, polímeros de alta resolução artificialmente sintetizados, materiais inorgânicos não metálicos e compósitos de alto desempenho. Atualmente, a China depende fortemente de novos materiais importados, mas está correndo para desenvolver mais capacidade doméstica, e há oportunidades em uma ampla gama de setores da indústria, como aeroespacial, ferroviário, automotivo, especialidade de aço e plásticos e circuitos integrados. O *MIC 2025* procura se apoiar nos progressos já alcançados e enfatiza padrões internacionais avançados, processos de fabricação verde, alta eficiência e desempenho, e reciclagem e reutilização, produtos químicos finos, materiais para condições extremas e materiais ultrafinos.

Em agosto de 2015 foi instituído, sob a liderança do vice-primeiro-ministro, o Comitê Consultivo Nacional para a Construção de uma Estratégia de Poder Industrial. Esse Comitê, cuja criação foi determinada no documento *MIC 2025*, tem como missão configurar mecanismos de avaliação de desempenho, monitorar a execução da política e aperfeiçoar mecanismos de monitoramento estatístico, estabelecer mecanismos de avaliação intermediária para *Made in China 2025* e realizar ajustes para os objetivos conforme necessário.

Com contribuição de 48 acadêmicos e de mais 400 especialistas e representantes de empresas-líderes chinesas, esse Comitê conduziu os trabalhos de definição das metas

de políticas industriais para os setores e tecnologias estratégicos, as quais foram publicadas no chamado “Livro Verde”, em outubro de 2015.

Para cada área industrial principal e subsetor, o Livro Verde fornece informações e estabelece diretrizes para os alvos de desenvolvimento e localização para 2020 e 2025, produtos-chave e tecnologias críticas, projetos de aplicação e demonstração, suporte estratégico e garantias, entre outros. Segundo a Câmara de Comércio dos Estados Unidos (2017), “embora o governo chinês afirme que as metas quantitativas não são mandatórias, o vice primeiro ministro endossou publicamente a abordagem adotada no Livro Verde”. Portanto, mais que um documento normativo, o Livro Verde sinaliza as prioridades e objetivos do governo central chinês. Ou seja, “as empresas chinesas muito provavelmente irão se guiar pela mão visível do Livro Verde ao invés de operar de acordo com a mão invisível do mercado”.

Medidas e políticas complementares. Para transformar a China em superpotência industrial, o Conselho de Estado afirma ser necessário fazer um bom uso do sistema socialista e mobilizar todas as forças sociais. Essa transformação exige igualmente mecanismos de aplicação flexíveis e eficientes e cultivo de uma cultura de inovação industrial com características chinesas. Nesse sentido, o governo irá aprofundar a reforma e aperfeiçoar políticas e medidas complementares.

O documento oficial faz referência, entre outras, à reforma do mecanismo institucional, ao ambiente equitativo de mercado, à política de suporte financeiro; a política fiscal e tributária, à politica para micro, pequenas e médias empresas; à política de propriedade intelectual, à política de desenvolvimento e recrutamento de talentos.

- ***Reforma institucional sistêmica***. No documento, o Conselho de Estado anuncia que irá promover de forma a abrangente a administração governamental baseada em leis e acelerar a transformação das funções governamentais. Também irá promover inovações na gestão governamental para apoiar a implementação de estratégias, planos, políticas e normas da indústria e fortalecer a autorregulação da indústria, a capacidade de prestar serviços públicos bem como melhorar os níveis de governança industrial. Irá igualmente permitir que o mercado determine os preços dos fatores de produção e aloque os recursos públicos. Serão aperfeiçoados os mecanismos de pesquisa colaborativa envolvendo governo, indústria, universidades e institutos de pesquisa bem como os sistemas de gerenciamento de inovação tecnológica, distribuição de despesas do projeto, avaliação de resultados e transformação de

modo a promover a capitalização dos resultados tecnológicos e estimular a vitalidade da inovação na indústria.

- ***Mercado equitativo e ambiente de negócios***. O governo chinês pretende avançar com reforma do acesso ao mercado mediante a revisão da "lista negativa da indústria", fortalecendo a supervisão e abolindo políticas e medidas que limitam um mercado nacional unificado. Também irá reforçar a supervisão para evitar a fabricação e venda de produtos falsificados e defeituosos, e punir severamente o monopólio e a concorrência desleal para criar um ambiente operacional positivo para as empresas. Pretende igualmente fortalecer a responsabilidade social das empresas e promover sistemas de autodeclaração e supervisão para padrões, qualidade e segurança de produtos. Outro objetivo anunciado é o aperfeiçoamento de políticas e medidas para reassentamento de pessoal, resgate de dívidas e transformação de empresas relacionadas à eliminação da capacidade desatualizada e aperfeiçoamento de mecanismos de saída dos mercados.

- ***Política de suporte financeiro.*** Na esfera financeira, o *MIC 2025* define diversas iniciativas, como: aprofundar a reforma financeira, ampliando os canais de financiamento da indústria e reduzindo os custos de financiamento; incentivar o financiamento orientado ao desenvolvimento para apoiar grandes áreas como a tecnologia de última geração, equipamentos de ponta e novos materiais; apoiar grandes empresas industriais e grupos para realizar projetos-piloto integrando produção e finanças; aperfeiçoar os mercados de capitais de múltiplos níveis mediante o suporte ao desenvolvimento de mercados regionais de ações para que apoiem as empresas industriais elegíveis para buscar financiamento de mercados de ações nacionais e internacionais e emitir várias ferramentas de financiamento da dívida; promover capital de risco e *private equity* para apoiar a inovação no setor de manufatura inteligente. O documento também orienta às instituições financeiras chinesas a aumentar o apoio às empresas industriais para realizar a exploração de recursos no exterior, criar centros de pesquisa e executar fusões e aquisições usando financiamento offshore contra garantias nacionais, empréstimos em divisas e em RMB, financiamento de dívida e financiamento de capital sob os pré-requisitos de riscos controláveis e negócios sustentáveis.

- ***Política Fiscal***. O apoio financeiro e os impostos são utilizados para orientar os investimentos privados e encorajar o P&D em áreas prioritárias. O financiamento do governo central é cada vez mais usado para ajudar a mobilizar recursos de

governos regionais e atores privado. Incentivos fiscais variados são concedidos para as empresas que investem em P&D e inovação. Em 2015, esta política foi ampliada, para ser mais acessível às PMEs. O imposto sobre importação é isentos para artigos utilizados em pesquisa e desenvolvimento em C&T. O imposto de importação também é reembolsado para os principais componentes e materiais utilizados na fabricação de equipamentos críticos. Os incentivos também incluem isenção do imposto sobre o valor agregado para transferência de tecnologia (introduzido em 2010) e depreciação acelerada de ativos fixos em indústrias, incluindo biomedicina e ICT (em 2014). Laboratórios industriais e centros tecnológicos são elegíveis para incentivos fiscais e isenções.

- ***Propriedade Intelectual***. Desde a divulgação da Made in China 2025, projetos piloto para consultoria em patentes industriais foram iniciados pelo Escritório Estatal de Propriedade Intelectual. Esses projetos fornecem análises de IP e recomendações estratégicas em certas indústrias. Igualmente foram tomadas medidas para implementar uma proteção mais rigorosa dos direitos de propriedade intelectual através da criação de um sistema nacional de serviços de gestão e aplicação de IP mais racional e melhor coordenado. A proteção de IP reforçada está sendo planejada em novos domínios, como *Big data*, *crowd* sourcing e financiamento coletivo.

- ***Política para micro, pequenas e médias empresas***. A iniciativa *MIC 2025* apoia o capital privado elegível para criar instituições financeiras como bancos pequenos e médios e incentivar os bancos comerciais a desenvolver serviços financeiros especializados para pequenas e microempresas, como sistemas de garantia de locação e produtos financeiros inovadores.

- ***Política de desenvolvimento e recrutamento de talentos***. A iniciativa *MIC 2025* enfatizou a importância de um sistema abrangente de habilidades em áreas que vão de P&D, tradução e aplicação de pesquisa para produção e gerenciamento. Inúmeras faculdades de graduação genéricas estão sendo transformadas em faculdades vocacionais para fortalecer a educação profissional e contínua. Projetos-piloto para estágios modernos também estão sendo desenvolvidos. O Catálogo Nacional de Disciplinas e Especialidades para a Formação Profissional e Técnica (que serve como diretriz para a configuração dos cursos) deverá ser modificado para incluir novas disciplinas, como robótica industrial, engenharia de IoT, impressão em 3D para aviação, computação em nuvem e grandes dados. Além da educação básica, serão tomadas medidas para proporcionar mais

oportunidades de treinamento no exterior e atrair pessoas experientes do exterior.

Concorrentemente como o *MIC 2025*, a China está implementando o 13º Plano Quinquenal (2016-2020) e o plano quinquenal específico para o setor industrial. Como salienta a Câmara de Comércio dos Estados Unidos (2017), esses planos quinquenais complementam o *MIC 2025*, destacando a importância crítica que as autoridades governamentais chinesas atribuem ao avanço da inovação autóctone e a obtenção de autossuficiência tecnológica, alcançando um seguro e controlável padrão e expandindo o papel do Estado no mercado.

Vantagens e Debilidades da Política Industrial Chinesa

O documento *Made in China 2025* apresenta uma impressionante visão para o futuro industrial da China. Trata-se de um plano inteligente e abrangente para promover o progresso tecnológico na indústria de transformação. Porém, como salienta Wübbeke e outros, o programa político, no entanto, ainda terá que provar se pode ser efetivo na prática.

Uma das grandes vantagens da China reside na capacidade substancial de mobilização da campanha política. A força particular das políticas de cima para baixo é que elas atraem atenção generalizada de todo o país em pouco tempo. Desde o início de da formulação do plano estratégico *MIC 2025*, a discussão sobre a manufatura inteligente se espalhou pela indústria chinesa e pelo público em geral. Segundo os pesquisadores do Merics, as expressões Indústria 4.0 e a manufatura inteligente rapidamente se transformaram em palavras-chave populares para descrever o percurso da China rumo à modernização tecnológica. O número de artigos científicos e de especialistas que menciona “Indústria 4.0” aumentou cinco vezes entre 2014 e 2015.

O planejamento de longo prazo é, de acordo com os autores, um ponto forte do *design* de alto nível da China. Os líderes chineses são nomeados por dois períodos de cinco anos e estão menos expostos às pressões da opinião pública do que os líderes nas democracias ocidentais. Isso lhes permite, em tempos de crescimento econômico suave, prestar menos atenção às pressões de curto prazo e concentrar-se em metas de longo prazo. A visão de longo prazo da *MIC 2025* para uma "Superpotência industrial" permite que o governo inicie hoje as medidas necessárias e trabalhe no roteiro para a modernização industrial passo a passo.

Na avaliação desses autores, outras vantagens da política industrial chinesa incluem grandes fundos governamentais e subsídios e a capacidade de canalizá-los para áreas prioritárias. Ademais, como país não signatário da OCDE, a China pode oferecer termos de financiamento altamente competitivos em comparação com os países industrializados. No mesmo mês em que o *Made in China 2025* foi lançado, a Corporação Estatal de Desenvolvimento e Investimento (SDIC, na sigla em inglês) criou uma empresa de responsabilidade limitada para administrar o Fundo de Investimento de Manufatura Avançada. Esse Fundo de Manufatura Avançada conta com recursos da ordem de CNY 20 bilhões (2,7 bilhões de euros). O governo central aportou CNY 6 bilhões diretamente, enquanto a SDIC e o Banco Industrial e Comercial da China contribuíram com CNY 4 bilhões e CNY 5 bilhões, respectivamente. Os recursos adicionais foram aportados por algumas províncias.

Além disso, outros fundos do governo também forneceram somas substanciais para o desenvolvimento de tecnologias de fabricação inteligente. Entre eles estão o National IC Fund e o Emerging Industries Investment Fund, com capital de CNY 139 bilhões (19 bilhões de euros) e CNY 40 bilhões (5,4 bilhões de euros), respectivamente, à sua disposição. A título de comparação, Wübbeke e outros mencionam que o governo alemão forneceu até então cerca de 200 milhões de euros para pesquisa e inovação para tecnologias da Indústria 4.0.

Na avalição de Wübbeke e outros, a China demonstrou, por meio de sua política industrial, que é muito boa em experimentar novos modelos de negócios e novas tecnologias. O governo central muitas vezes testa novas abordagens através de projetos-piloto para demonstração. Estes projetos servem posteriormente como modelos para a implantação nacional de novas tecnologias. Em 2015 e 2016, o MIIT iniciou mais de 200 projetos para fabricação inteligente a nível empresarial. Além disso, o MIIT está estabelecendo centros de inovação de fabricação e cidades-piloto para *MIC 2025*, como a cidade costeira de Ningbo e várias cidades do Delta do Rio das Pérolas. Os projetos de demonstração focam, por exemplo, na execução ou integração de planejamento de recursos empresariais complexos (ERP), sistemas de execução de produção e gerenciamento das relações com os clientes (CRM); sobre o uso de RFID em componentes e fluxos de materiais; a penetração profunda da produção com monitoramento em tempo real; ou plataformas de nuvem para gerenciamento de clientes e cadeias de suprimentos.

A campanha do governo central em torno da *MIC 2015* causou entusiasmo pela manufatura inteligente entre os governos locais. Wübbeke e outros afirmam que os governos locais se apressaram na construção da nova base industrial líder da China para

tecnologias emergentes, o que promete grandes benefícios econômicos e apoio do governo central. Porém, em sua busca por superar os seus rivais locais, os quadros políticos locais mobilizam recursos financeiros maciços e muitas vezes excedem os objetivos nacionais por uma margem considerável. Embora seja o governo central quem defina as prioridades políticas, são os governos locais que realmente determinam o ritmo e a direção do crescimento da manufatura inteligente.

De acordo com Wübbeke e outros, o intenso impulso das atividades locais é especialmente visível na robótica. Os governos locais abriram ou estão planejando abrir cerca de 40 parques para o desenvolvimento da indústria de robótica. Em outubro de 2016, pelo menos 70 províncias, cidades e administrações distritais já haviam divulgado as estratégias locais para o *MIC 2025* com prioridades locais específicas. O Merics identificou compromissos de subsídio de robótica em 21 cidades e 5 províncias para promover a robótica industrial com um valor total de cerca de CNY 40 bilhões de (5,4 bilhões de euros). Esses subsídios locais contribuirão mais para o uso de robôs industriais do que os gastos do governo central, porque são duas vezes maiores do que o novo Fundo Nacional de Manufatura Avançada.

Modernizar o setor industrial na China enfrenta, contudo, desafios complexos. Como ressalta o consultor da OCDE, Qian Dian, o processo de modernização industrial não se refere apenas sobre o desenvolvimento das últimas tecnologias. Também requer um uso muito maior dessas tecnologias, além de atualizar e reestruturar uma vasta capacidade produtiva que ainda opera ao nível da indústria 2.0 (ou mesmo, em muitos casos, 1.0).

Como destaca Qian, os principais desafios residem não só no aumento do investimento público em ciência, pesquisa e inovação, mas também na comercialização de pesquisas e incentivo à inovação proativa do setor privado. O *hardware* deve ser aprimorado, como a infraestrutura de TIC, juntamente com *softwares* e habilidades. O desafio também abrange os governos centrais e locais, bem como institutos de pesquisa e universidades, empresas públicas e PMEs. Enquanto políticas e programas estão promovendo as tecnologias necessárias para modernizar a indústria, a política também precisa lidar com uma série de desenvolvimentos e impactos relacionados, como a crescente importância da segurança cibernética e a interrupção no mercado de trabalho. Ao mesmo tempo, deve-se prestar atenção às questões de governança, como a coordenação entre os departamentos governamentais e entre os governos central e regional.

O fato do *boom* da manufatura inteligente na China não ser impulsionado principalmente por iniciativas empresariais, de baixo para cima é visto como uma debilidade por Wübbeke e outros. Segundo os autores, a maioria das empresas chinesas está relutante e avessa ao risco quando se trata de investir em equipamentos de alta tecnologia para produção. Os gerentes das empresas preferem optar por soluções de baixo custo e de bom desempenho com baixo investimento inicial. Empregar uma grande força de trabalho muitas vezes ainda representa a opção mais barata em comparação com o grande investimento em novos equipamentos. Mas a mudança tecnológica também está aumentando a demanda por gerentes, pesquisadores e técnicos qualificados, o que não é facilmente encontrado.

A indústria de transformação chinesa é altamente polarizada. Embora tenha ocorrido inegável avanço no desenvolvimento e uso tecnológico de ponta entre empresas chinesas, em muitos setores existem lacunas importantes nas capacidades básicas de produção, como o domínio das principais tecnologias de processamento e a capacidade de produzir materiais necessários. Como já mencionado anteriormente, a maioria das empresas industriais chinesas registra atrasos em termos de gerenciamento e capacidades digitais. Esse desenvolvimento desigual, combinado com uma estrutura da indústria em que os setores intensivos em recursos e intensiva em mão de obra ainda são grandes, cria desafios complexos.

Segundo Qain, no extremo superior da indústria de transformação, os desafios incluem uma forte dependência das importações de recursos essenciais, como equipamentos avançados, *software* de sistema e componentes críticos, como servomotores para robôs industriais e certos produtos de aço de alta qualidade; investimento insuficiente de institutos de pesquisa em pesquisa básica e baixa intensidade de gastos das empresas em P&D (em relação às vendas, por exemplo); e, falta de sinergia entre institutos de pesquisa e indústria, resultando em comercialização ineficiente de tecnologia. No meio termo das capacidades industriais de produção, os desafios incluem a necessidade de aumentar a qualidade do produto; ineficiência geral; marcas fracas; e a necessidade de novas inovações tecnológicas para escalar cadeias de valor. Os desafios são particularmente grandes e complexos para a atualização em setores intensivos em recursos e energia, que se encontram no extremo inferior da cadeia de valor da indústria de transformação, nos quais também se entrelaçam problemas como o excesso de capacidade, baixos níveis de sofisticação industrial e poluição ambiental.

Na avaliação de Wübbeke e outros, abordagem de *catch-up* da política industrial chinesa ignora o papel de um ambiente empreendedor desenvolvido e práticas de gestão na implementação da manufatura inteligente. Segundo os autores, o governo chinês impõe

a prioridade da manufatura inteligente em empresas sem considerar suas circunstâncias reais. Muitas empresas apenas automatizadas não estão preparadas para usar tecnologias avançadas. Concentrar-se nas tecnologias mais avançadas, ignorando a necessidade de atualizar a automação básica e a tecnologia de digitalização levará a resultados decepcionantes ou prejudiciais. Por exemplo, dificilmente se espera que empresas com sistemas de *software* bastante simples e automação não informatizada lidem com a integração de *software* e máquinas inteligentes.

Segundo os autores, apenas um pequeno grupo de empresas, que denominam Pioneiras, conseguirá fechar a lacuna em relação ao nível internacional mais avançado de tecnologia de produção em suas respectivas indústrias. Esse grupo de empresas já está executando pesquisa, desenvolvimento e demonstração para a aplicação da tecnologia da Indústria 4.0, como RFID, redes de sensores sem fio e realidade virtual e utilizando, máquinas de controle digital, ERP, MES, robôs industriais e tecnologias similares.

Diferentes velocidades das empresas no desenvolvimento da manufatura inteligente na China

	Pioneiras	**Aspirantes**	**Retardatárias**
Nível atual	Altamente automatizado e digitalizado (Indústria 3.0)	Progressão em direção a maior automação e digitalização (da Indústria 2.0 para Indústria 3.0)	Trabalho manual e automação básica (Indústria 1.0 e 2.0)
Importância do interesse da empresa para o progresso	Alto	Baixo, possivelmente aumentando	Baixo
Importância da política para o progresso	Média	Alta	Baixa
Perspectiva para os próximos dez anos	Enormes benefícios com o uso de tecnologia avançada (Indústria 4.0)	Potencialmente consolidando automação e digitalização (Indústria 3.0) e testando tecnologia avançada (Indústria 4.0)	Permanece principalmente no nível de mão-de-obra manual e automação básica

Extraído de WÜBBEKE e outros, 2016; p. 30.

Na interpretação desses autores, o governo chinês tende a ver a atualização industrial como uma tarefa puramente técnica de instalar novos equipamentos. O motivo dessa abordagem é simples: o foco na tecnologia oferece resultados rápidos, impressionantes e quantificáveis - como a crescente demanda por robôs. No entanto, essa fixação em *hardware* negligencia o fato de que o progresso na produção industrial é, em grande medida, uma questão de organização de processos de gestão e fabricação. A chave para a atualização industrial é o aperfeiçoamento de processos industriais mediante a

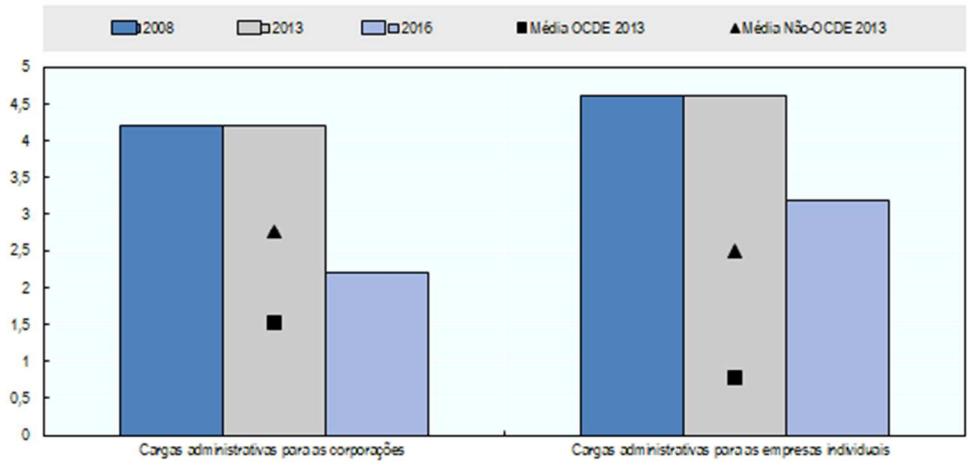
melhoria contínua, a implementação de gerenciamento enxuto e a utilização de consultores especializados.

Em relação aos fornecedores chineses de tecnologia industrial, Wübbeke e outros avaliam que são basicamente bem adaptados para o mercado chinês: seus focos e pontos fortes são produtos de baixa tecnologia e baixo preço. A funcionalidade do *software* industrial chinês, por exemplo, não é tão ampla ou complexa quanto as soluções de *software* estrangeiras comparáveis. Isso se adapta bem às necessidades das pequenas e médias empresas chinesas, que não podem pagar os produtos internacionais caros e estão satisfeitos com um *software* simples. Além disso, os fornecedores chineses de tecnologia têm uma compreensão aprofundada das necessidades específicas dos consumidores chineses e desenvolvem soluções adaptadas especificamente para o mercado chinês. No entanto, os fornecedores chineses não possuem as habilidades tecnológicas para realizar as ambições da *Made in China 2025* para catapultar a indústria na era da manufatura inteligente em muito pouco tempo.

Desse modo, a China não tem escolha senão confiar em tecnologia estrangeira para atualizar sua indústria. O fosso tecnológico entre fornecedores estrangeiros e chineses é vasto. Em muitos casos, não há uma alternativa chinesa séria à tecnologia de produção avançada estrangeira em setores de alta tecnologia. Mesmo que as empresas chinesas ofereçam produtos nesses setores, elas dependem em grande parte de componentes estrangeiros. As fatias de mercado dos fornecedores chineses de tecnologias de manufatura inteligente ainda são pequenas.

Para Qian, as políticas governamentais chinesas variaram, às vezes, de acordo com a propriedade e o tamanho da empresa, prejudicando a concorrência. No período recente, a significativa redução dos encargos administrativos nas novas empresas e a simplificação dos procedimentos reduziram os obstáculos globais ao empreendedorismo. No entanto, ainda há barreiras à criação de empresas com alcance significativo para inibir o empreendedorismo. Na avaliação do pesquisador da OCDE, na China há um amplo espaço para tornar o ambiente de negócios mais amigável ao empreendedorismo.

Barreiras ao Empreendedorismo



Extraído de QIAN, 2017; p. 427.

Segundo Qian, "empresas zumbis" é um termo usado para descrever empresas chinesas, muitas vezes em setores com excesso de capacidade, com grandes dívidas, histórico de perdas e que apenas são sustentadas por empréstimos bancários ou apoio governamental. Tais empresas produzem continuamente, independentemente dos custos crescentes e da queda dos preços. Essas empresas não só não conseguem se modernizar por si só, mas também absorvem recursos escassos e criam uma concorrência feroz para as empresas que investem em novas tecnologias.

Em fevereiro de 2016, o Conselho de Estado se manifestou, de acordo com Qain, sobre a resolução do problema do excesso de capacidade da indústria do carvão e da indústria siderúrgica. Além de medidas para fechar ou reduzir a produção, o governo está encorajando a adoção de tecnologias de manufatura inteligente para a modernização da indústria siderúrgica de modo a criar um novo modo de produção mais flexível e personalizado. Nesta reforma, os desafios emergentes incluem a aplicação de políticas e a forma de lidar com as perdas de postos de trabalho (cerca de 1,8 milhão de empregos estão em risco nesse processo).

Iniciativas duplicadas também são fonte de graves problemas na China. Os esforços dos governos locais geralmente não são coordenados e podem ser redundantes. Uma corrida em um tipo particular de tecnologia geralmente leva fabricantes a produzirem apenas soluções de baixo valor. Os riscos de um excesso de subsídio e de capacidades na manufatura inteligente são altamente iminentes, semelhante aos problemas existentes em indústrias como o aço, o carvão e os produtos químicos e também no setor fotovoltaico.

Segundo Qian, até o final de 2012, em 31 províncias chinesas, cidades e regiões autônomas, foi concedido um apoio preferencial ao desenvolvimento do setor fotovoltaico. Cerca de 300 cidades formularam planos para desenvolver a indústria fotovoltaica e mais de 100 construíram infraestrutura para esse fim. A indústria fotovoltaica recebeu acesso preferencial ao crédito, aos terrenos e outros insumos de produção. Esses incentivos atraíram investimento de capital para a indústria, que se traduziu em excesso de capacidade. A capacidade em excesso resultou em declínio maciço nos preços e das margens.

Da mesma forma, após a introdução da *Made in China 2025*, províncias e cidades divulgaram seus próprios programas de ação e planos para desenvolver as dez indústrias estratégicas. Em toda a China, cidades de fronteira e megacidades lançaram projetos de robótica, de b*ig bata* e outros e construíram parques industriais similares. Isso pode conduzir ao excesso de capacidade e à concorrência inútil. No passado, as ações duplicadas levaram ao desperdício de terrenos, recursos humanos e outros. A construção redundante também trouxe grandes perdas para o desenvolvimento de longo prazo das economias e empresas locais.

Qian aponta que outro importante desafio que a China enfrenta é a falta de trabalhadores com habilidades adequadas às necessidades da indústria moderna e inovadora. Processos complexos de TI e máquinas computadorizadas, como tecnologias cruzadas, exigem conhecimentos detalhados em vários campos de automação, engenharia e *software*.

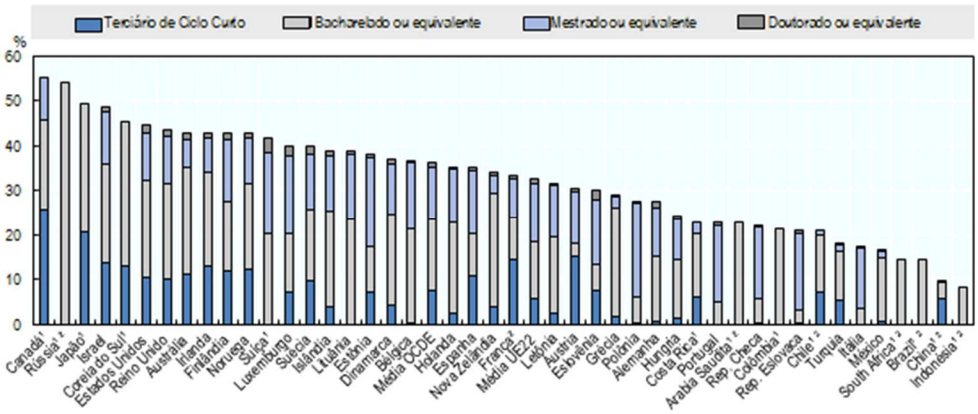
Para Wübbeke e outros, a escassez de trabalhadores qualificados para a manufatura inteligente é um problema em muitos países, mas é ainda mais grave na China. As empresas chinesas percebem a escassez de habilidades como um dos principais problemas para a atualização industrial tanto para a automação simples quanto para processos altamente sofisticados baseados em TI. O sistema de educação da China e as universidades chinesas lutam para fornecer um número suficiente de especialistas qualificados para tarefas sofisticadas no setor de alta tecnologia.

Segundo Qian, o número de trabalhadores migrantes na China atingiu 166 milhões em 2013, dos quais 60% são menores de 30 anos e têm uma escolaridade média de 9,8 anos (é preciso nove anos de estudos para concluir o ensino médio). À medida que as TIC e outras tecnologias se tornarem mais integradas na indústria de transformação, a demanda por recursos humanos com capacidades e habilidades interdisciplinares deverá aumentar. A atualização industrial também cria novas demandas na compreensão da tecnologia da alta administração e suas implicações para o

desenvolvimento de negócios. A educação e a formação contínuas são importantes para atualizar esse segmento de gerenciamento.

Os dados do Programa para a Avaliação Internacional de Estudantes (PISA) da OCDE de 2015 mostram que os estudantes da China se classificam entre as dez melhores do mundo em ciência e matemática. Mas em termos de competências, se constatou que a programação, bem como a gestão e outras habilidades não técnicas eram escassas. O autor assinala que há um amplo espaço para aumentar os níveis gerais de educação na China.

Percentagem da população com idade entre 25-64 anos com educação terciária, por nível de educação terciária (2015)



Extraído de QIAN, 2017; p. 429.

Impactos da Iniciativa Made in China 2025 nas Economias Industrializadas

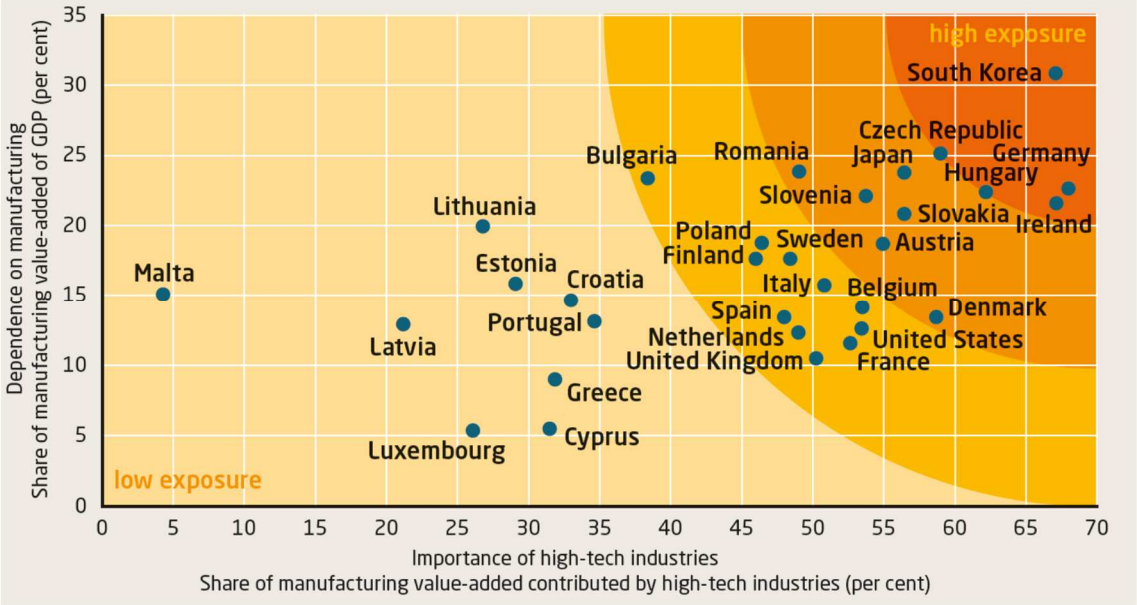
A iniciativa *MIC 2015* coloca uma série de desafios fundamentais para os países industrializados e para as empresas internacionais. A política industrial da China visa à liderança tecnológica em indústrias que atualmente representam a base do crescimento econômico desses países. No futuro próximo, usuários e fornecedores chineses de manufatura inteligente contestarão as posições de mercado das empresas internacionais.

Como destacam Wübbeke e outros (2016), a política industrial da China terá um enorme impacto em todas as economias nacionais de muitos países industrializados. Esses impactos irão além da manufatura inteligente. A política industrial da China tem como alvos indústrias de fundamental importância para o crescimento econômico de muitos países industrializados. Se a política industrial da China for bem sucedida, esses países

terão taxas de crescimento do PIB menores, perdas de emprego e uma diminuição da produção industrial.

Os países em que as indústrias de alta tecnologia contribuem com uma grande parcela para a produção industrial são mais expostos à estratégia *MIC 2025*. Países como a Alemanha, Coréia do Sul, Irlanda, República Checa, a Hungria, o Japão, Dinamarca, Eslováquia e Áustria serão mais vulneráveis se a iniciativa *MIC 2025* for bem-sucedida. Também serão afetados pelo sucesso da estratégia chinesa, mas em menor grau, França, Estados Unidos, Suécia, Itália, Holanda entre outros. As indústrias de alta e média tecnologia que a estratégia *MIC 2015* identifica como estrategicamente importantes respondem por mais de 40% de valor agregado industrial desses países.

Vulnerabilidade de Países Industriais Selecionados ao *Made in China 2025*



Extraído de WÜBBEKE e outros, 2016; p. 60.

As maiores indústrias que serão afetadas pela política industrial da China são a automotivas e de máquinas e equipamentos. A maquinaria é a indústria de alta tecnologia mais importante para nove países europeus, enquanto a indústria automotiva é a maior indústria de alta tecnologia em sete países. Outras indústrias importantes, como produtos químicos, também sentirão o impacto da política industrial chinesa.

Na avaliação de Wübbeke e outros (2016), para os países que serão potencialmente mais afetados, uma resposta rápida e coordenada à política industrial estratégica da China relacionada à *MIC 2025* é de extrema importância. O sucesso da *MIC 2025* ainda

é incerto à medida que sua aplicação enfrenta uma série de dificuldades e muitas medidas de políticas ainda não foram estabelecidas. Uma reação tempestiva ainda pode influenciar algumas medidas e reduzir os impactos negativos nos países industrializados e suas empresas.

Uma das principais preocupações dos analistas dos países industrializados é que campo de jogo competitivo global será efetivamente desnivelado pela política industrial chinesa. O Estado chinês procurará proteger suas atividades da concorrência internacional em casa e apoiar o seu envolvimento nos mercados mundiais tanto no plano político como financeiro.

Para alcançar os objetivos definidos na iniciativa *MIC 2025*, as entidades governamentais de todos os níveis canalizam grandes volumes de recursos para o futuro industrial da China. Como já mencionado, o Fundo de Manufatura Avançado conta com CNY 20 bilhões (2,7 bilhões de euros), enquanto o Fundo Nacional de Circuito Integrado recebeu CNY 139 bilhões (19 bilhões de euros). Estes fundos de âmbito nacional são complementados por uma infinidade de veículos de financiamento no âmbito das províncias chinesas. De acordo com a Câmara de Comércio dos Estados Unidos, cerca de 800 fundos com valor total de CNY 2,2 trilhões (300 bilhões de euros) já foram criados no período recente para apoiar inúmeras iniciativas e indústrias específicas, várias das quais contempladas no MIC 2025.

Além de expressivo apoio financeiro, a política industrial chinesa utiliza, como aponta Wübbeke e outros (2016), uma ampla combinação de instrumentos tradicionais para proteger as empresas chinesas da concorrência internacional. Isso inclui restrições de acesso ao mercado para empresas internacionais, bem como subsídios e regulamentos de contratos públicos que favorecem as empresas chinesas. Esses instrumentos são cada vez mais complementados por um conjunto de medidas políticas matizadas, adaptadas às especificidades técnicas e regulamentares da manufatura inteligente.

Enquanto as empresas chinesas de alta tecnologia gozam de um apoio massivo do estado, seus concorrentes estrangeiros na China enfrentam todo um conjunto de barreiras ao acesso ao mercado e obstáculos para suas atividades comerciais: o fechamento do mercado de tecnologia da informação, a exclusão dos esquemas locais de subsídios, o baixo nível de segurança de dados e a coleta intensiva de dados digitais pelo estado chinês. À medida que as capacidades próprias de manufatura inteligente da China amadureçam, é provável que o Estado chinês intensifique ainda mais suas práticas discriminatórias e restrições de acesso de empresas estrangeiras ao mercado doméstico de manufatura inteligente.

Na avaliação dos pesquisadores do Merics, quatro tipos de intervenções políticas apresentarão um desafio particular para as empresas e governos estrangeiros: investimento direto no exterior, estimulado pelo Estado, nas indústrias de alta tecnologia; fluxos de dados controlados pelo Estado; restrições de acesso ao mercado doméstico para os fornecedores de tecnologia; uso estratégico da padronização pela China.

Investimento direto chinês em alta tecnologia. A dimensão externa do *Made in China 2025* configurada na aceleração da aquisição de empresas internacionais de alta tecnologia por parte dos investidores chineses tem sido vista como séria ameaça à atual liderança tecnológica dos países industrializados. Para acelerar o *catch-up* tecnológico da China e para saltar etapas do desenvolvimento tecnológico, as empresas chinesas estão adquirindo tecnologias essenciais através de investimentos diretos no exterior. Desde 2015, o investimento direto chinês em fornecedores europeus de manufatura inteligente por empresas estatais, bem como por empresas privadas parcialmente apoiadas com capital do Estado, aumentou rapidamente. De acordo com Wübbeke e outros, a procura de tecnologia estrangeira às vezes se destina a indústrias inteiras: por exemplo, quase todas as grandes empresas de semicondutores nos Estados Unidos receberam ofertas de investimentos de atores estatais chineses.

Os fundos de investimento soberanos e as empresas governamentais de gestão de investimentos desempenham um papel crescente no IDE chinês em alta tecnologia. Segundo os autores, embora esses fundos e sua administração se apresentem frequentemente como empresas privadas, o papel ativo do Estado está oculto por detrás de uma rede opaca de estruturas de propriedade e financiamento. Um exemplo de um investimento de uma corporação de investimento estatal chinesa é a aquisição do negócio de energia de radiofrequência da empresa holandesa de semicondutores NXP pela JAC Capital Ltd., dos quais um veículo de investimento do Conselho de Estado possui 51% A China Investment Corporation também contribuiu com 550 milhões de dólares para o Fundo de Promoção Industrial Ásia-Alemanha (AGIC), um fundo de investimento privado de origem chinesa, com sede na Alemanha, visando o investimento nas empresas da indústria europeia 4.0.

Aquisição de fornecedores estrangeiros de tecnologia por empresas chinesas

Data	Investidor Chinês	Alvo Estrangeiro	Pais	Participação no capital
dez/13	AVIC*	KHD Humboldz Wedag	Alemanha	79%
jun/14	Preh (Subsidiária de Joyson Eletronics)	IMA Automation	Alemanha	100%
dez/14	Wolong Electric	SIR Solutions Industrial	Itália	89%
jan/15	Huachangda Intelligent Equip. (HCD)	Shanghai DEMC/ Dearborn Mid-West Company (DMW)	Estados Unidos	100%
jan/16	ChemChina*	KraussMaffei machine tools	Alemanha	100%
mar/16	Siasun*	Teutloff	Alemanha	100%
abr/16	Wanfeng	Paslin	Estados Unidos	100%
abr/16	AVIC*	Aritex	Espanha	95%
abr/16	Wuxi Lead Intelligent Equipment Co.	JOT Automation	Finlândia	100%
mai/16	Shanghai Electric*	Manz	Alemanha	19,67%
mai/16	Dongfang Precision	EDF EUROPE S.R.L.	Itália	100%
jun/16	Agic Capital	Gimatic	Itália	n.d.
ago/16	Shanggong Group	H. Stoll	Alemanha	26%
ago/16	Midea	Kuka	Alemanha	94,50%
out/16	Shanghai Electric*	Broetje Automation	Alemanha	100%
vetado - 2016	Go Scale	Lumileds (divisão da Philips)	Estados Unidos	n.d.
vetado - 2016	Fujian Grand Chip Investment Fund	Aixtron	Alemanha	n.d.

Extraído de WÜBBEKE e outros, 2016, pg. 52. Informação adicional sobre as aquisições vetadas foi extraída de Quai Dai, 2017; p. 428.

Nota:

* Empresas estatais (participação estatal no capital superior a 50%).

O fato de as aquisições de tecnologia da China serem parcialmente apoiadas e orientadas pelo Estado incomoda sobremaneira os analistas dos países industrializados. Na avaliação tanto dos pesquisadores da Merics como da Câmara de Comércio dos Estados Unido, a China prossegue uma política industrial de saída externa com capital do governo e redes de investidores altamente opacas para facilitar aquisições de alta tecnologia no exterior. “Essa estratégia chinesa prejudica os princípios da concorrência leal: o sistema econômico liderado pelo Estado da China está explorando a abertura das economias de mercado na Europa e nos Estados Unidos”.

Na opinião de Wübbeke e outros (2016), os países industrializados precisam interpretar os investimentos chineses de alta tecnologia como peças de um programa político abrangente. O objetivo é adquirir sistematicamente tecnologia de ponta e gerar transferência de tecnologia em larga escala. A longo prazo, a China pretende obter controle sobre os segmentos mais rentáveis de cadeias de fornecimento e redes de produção globais. Segundo os autores, as discussões em torno de recentes aquisições chinesas de alta tecnologia, indicam que os governos da Europa e dos Estados Unidos

percebem cada vez mais essa dimensão da busca da China pela modernização tecnológica como um desafio crucial e urgente.

A duplicação e transferência de tecnologia da Europa ou dos Estados Unidos para a China é um cenário realista. Um exemplo dessa ameaça potencial é a aquisição do fabricante de ímã permanente americano Magnequench, no final da década de 1990, pelas empresas estatais China National Non-Ferrous Metals Import and Export Corporation e San Huan New Material, uma subsidiária da Academia Chinesa de Ciências. Depois que os investidores chineses assumiram a Magnequench, duplicaram a instalação de produção na China e fecharam a planta nos Estados Unidos. Em parte devido a essa aquisição, a China emergiu como o maior fabricante de ímãs permanentes em todo o mundo, enquanto que já não há mais nenhuma produção significativa desses componentes críticos de alta tecnologia nos Estados Unidos.

Fluxos de dados controlados pelo Estado. A manufatura inteligente depende fortemente da geração, transmissão e armazenamento de dados comerciais e de produção sensíveis. Desta forma, a integridade e a segurança dos fluxos de dados são fundamentais para a operação de processos de fabricação inteligentes. A este respeito, a China fornece um ambiente digital muito desfavorável para empresas estrangeiras. O controle rigoroso do governo chinês sobre o ciberespaço afeta o uso de aplicativos de negócios digitais, dificulta a transferência de dados e expõe informações corporativas sensíveis ao alcance do Estado.

A China tem rígidas regras escritas e não escritas e medidas para a governança cibernética. O governo vê o controle de dados como um instrumento fundamental para proteger o papel político predominante do partido. O enorme sistema de censura filtra extensivamente toda a comunicação digital. O governo procura controlar rigorosamente os métodos de criptografia e forçar as empresas a revelarem códigos de criptografia às autoridades. As vendas ou o uso comercial de dispositivos de criptografia por empresas estrangeiras devem ser autorizados pelo Escritório de Administração Estatal de Criptografia Comercial (OSCCA). Hoje, as restrições ao uso de dispositivos de criptografia já são altamente problemáticas para empresas estrangeiras. Na prática, é muito difícil para as empresas estrangeiras obter essas licenças.

Com o desenvolvimento da Internet das Coisas e o amplo uso de smartphones, o rastreamento de informações privadas pelo Estado está prestes a penetrar todos os aspectos da vida social e econômica. Por exemplo, todos os veículos elétricos na China já têm que transmitir informações de posição às agências do governo chinês a cada poucos segundos. A intensificação da penetração da indústria por aplicativos digitais e

o correspondente aumento nos dados disponíveis também é altamente provável para estimular um aumento na coleta de diferentes tipos de dados de produção por instituições estatais.

As empresas estrangeiras devem ter em conta que o Estado chinês pode ter acesso sistemático a dados empresariais sensíveis, uma vez que as empresas podem ser obrigadas a abrir seus sistemas. Segundo os autores, é possível que as instituições governamentais também usem os dados obtidos para informar as empresas chinesas sobre o conhecimento e segredos de concorrentes estrangeiros. As restrições sobre o uso de dispositivos de criptografia forçam algumas empresas estrangeiras a contornar ilegalmente esses regulamentos para garantir que seus dados estejam protegidos.

Uso estratégico da padronização pela China. De modo geral, a China está disposta a harmonizar seus padrões nacionais com os padrões internacionais, o que facilitaria o acesso ao mercado para empresas estrangeiras. A reforma em curso do seu sistema de padronização aponta para uma liberalização e internacionalização. De um lado, os atores privados são incentivados a estabelecer padrões da indústria e, de outro lado, os reguladores são encorajados a colaborar com seus homólogos internacionais.

Semelhante a outros países, a China está atuando para influenciar e estabelecer padrões internacionais para apoiar a exportação de tecnologias chinesas e reduzir o ônus do pagamento de taxas de *royalties* para patentes internacionais. Embora isso aumente a concorrência com a China na padronização, isso ocorre dentro das organizações internacionais estabelecidas. Devido ao grande mercado chinês de manufatura inteligente, é provável que a China se torne uma força influente em comitês internacionais relevantes. No caso da manufatura inteligente, a China já obteve um sucesso ao introduzir seus padrões de processo e automação de fábrica (WIA-PA e WIA-FA) sob a International Electrotechnical Commission.

Ao mesmo tempo, contudo, a China, às vezes, formula padrões nacionais em indústrias estratégicas que diferem deliberadamente dos padrões internacionais para impedir o acesso ao mercado de tecnologia estrangeira e favorecer a tecnologia chinesa no mercado interno. Exemplos de normas nacionais chinesas são o padrão FDD-LTE para redes móveis 4G, o padrão WAPI para redes sem fio e padrões independentes para estações de carregamento de veículos elétricos. Se tal caminho nacional de padronização também se manifesta na manufatura inteligente, o acesso ao mercado para fornecedores de tecnologia estrangeiros poderia ser consideravelmente restrito. A reforma da padronização dá mais peso aos comitês liderados por empresas na definição de padrões. No entanto, é possível que empresas estatais e associações dominadas pelo

Estado usem sua influência para introduzir padrões que dificultem as atividades de mercado para empresas estrangeiras.

Restrições de acesso ao mercado doméstico para os fornecedores de tecnologia. No momento, a China ainda é um mercado relativamente aberto para os investimentos *greenfield* de fornecedores estrangeiros de tecnologia nas áreas relacionadas à manufatura inteligente. O Estado incentiva explicitamente o investimento estrangeiro em áreas como robôs industriais ou máquinas-ferramentas de ponta. No entanto, a regulamentação do acesso ao mercado chinês geralmente segue os objetivos estratégicos da política industrial: os mercados estão inicialmente abertos para atrair tecnologia estrangeira, para ajudar o progresso tecnológico e para facilitar o aprendizado com as empresas estrangeiras.

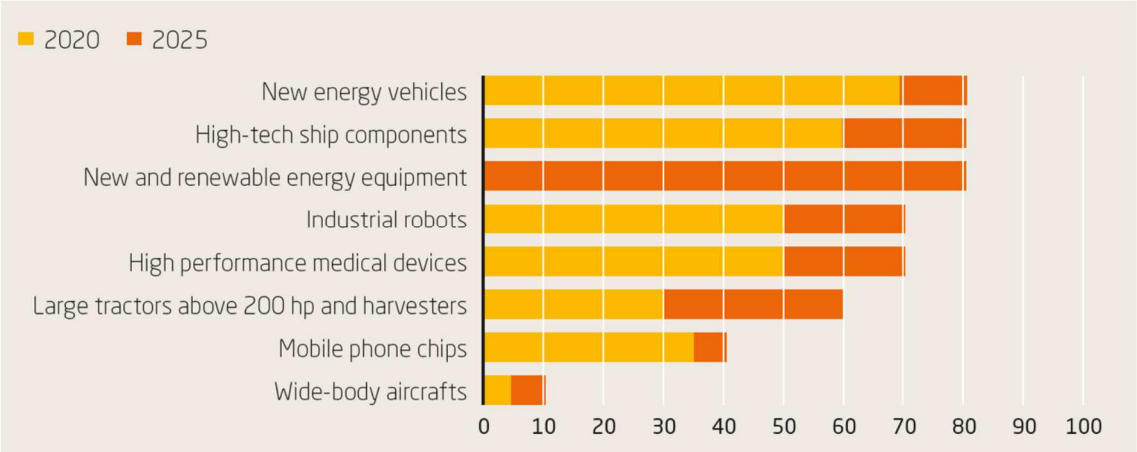
O empenho político para a modernização industrial na China cria uma enorme demanda por produtos de fabricação inteligente, como robôs industriais, sensores inteligentes, redes de sensores sem fio e chips de identificação por radiofrequência. Para muitas empresas estrangeiras, isso proporciona inicialmente oportunidades de negócios altamente atraentes: a transformação da base de fabricação da China requer tecnologias avançadas que os fornecedores chineses não conseguem fornecer em seu nível tecnológico atual. A melhoria industrial da China, no curto prazo, pode significar enormes lucros para empresas internacionais. Para os parceiros econômicos da China na Europa e nos Estados Unidos, ele poderia mesmo abrir oportunidades para um aprofundamento mutuamente benéfico da cooperação econômica, tecnológica e política. Em princípio, a economia global tem boas razões para acolher a busca da China por uma maior capacidade de inovação, desde que a China respeite os princípios e regras dos mercados abertos e da concorrência leal.

No entanto, tanto na avaliação dos pesquisadores do Merics como da Câmara de Comércio dos Estados Unidos, *MIC 2025*, na sua forma atual, representa exatamente o oposto: a liderança da China intervém sistematicamente nos mercados domésticos de modo a beneficiar e facilitar o domínio econômico das empresas chinesas e a desvantagem de concorrentes estrangeiros. Isso é visível na manufatura inteligente, bem como em muitas outras indústrias de alta tecnologia almejadas pela estratégia. Em essência, *MIC2025* visa a substituição: a China busca substituir gradualmente o estrangeiro pela tecnologia chinesa em casa - e preparar o terreno para as empresas de tecnologia chinesas entrem nos mercados internacionais.

As indicações desta intenção são onipresentes no documento da iniciativa MIC 2025. A estratégia enfatiza termos como “inovações indígenas” e “autossuficiência”. Pretende

aumentar a participação de mercado doméstico dos fornecedores chineses para "componentes básicos essenciais e materiais básicos importantes" para 70% no ano de 2025. Como salientam Wübbeke e outros, documentos semioficiais relacionados à estratégia estabelecem *benchmarks* muito concretos para certos segmentos: 40% dos chips de telefone celular no mercado chinês devem ser produzidas na China até 2025, bem como 70% de robôs industriais e 80% de equipamentos de energia renovável.

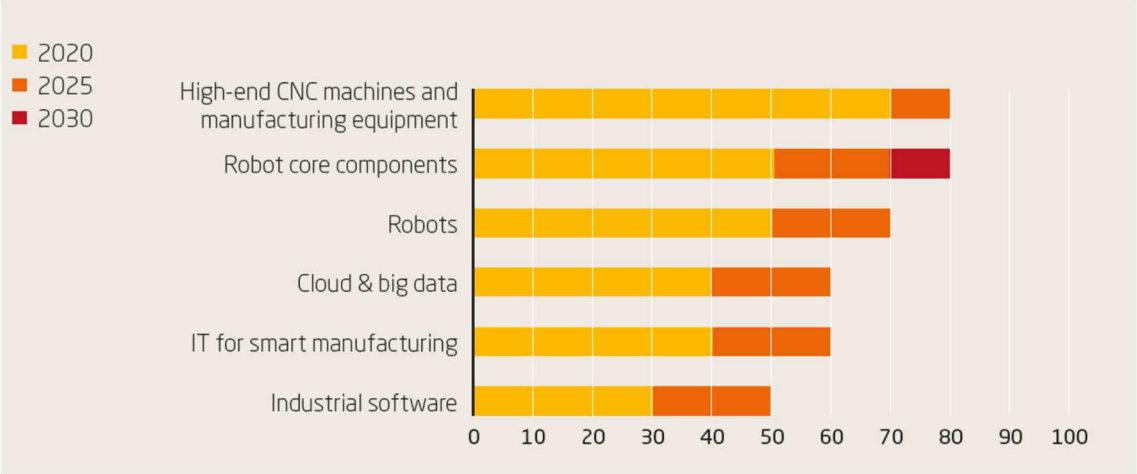
Metas semioficiais para a participação no mercado interno de produtos chineses (em percentagem)



Extraído de WÜBBEKE e outros, 2016; p. 21.

De acordo com Wübbeke e outros, embora o MIIT insista que o ***MIC 2025*** não resultará na adoção de um novo sistema de conteúdo local, há evidências em contrário. Para evitar uma violação aberta das obrigações com a Organização Mundial de Comércio, os ministérios responsáveis e os institutos de políticas estatais estão usando documentos internos ou semioficiais para comunicar metas de conteúdo local às empresas chinesas em setores como aviação e veículos elétricos.

Metas para a participação no mercado interno de vários produtos chineses de manufatura inteligente (em percentagem)



Extraído de WÜBBEKE e outros, 2016; p. 38.

Para alcançar esses objetivos, as entidades governamentais de todos os níveis canalizam grandes quantidades de dinheiro para o futuro industrial da China. O Fundo de Fabricação Avançado recentemente estabelecido, por si só, representa CNY 20 bilhões (2,7 bilhões de euros). O Fundo Nacional de Circuito Integrado recebeu até CNY 139 bilhões (19 bilhões de euros). Estes fundos de nível nacional são complementados por uma infinidade de veículos de financiamento a nível provincial. Os recursos financeiros são enormes em comparação, por exemplo, com os 200 milhões de euros de financiamento federal que, segundo Wübbeke e outro, o governo alemão forneceu para pesquisa nas tecnologias da Indústria 4.0 até agora.

Na avaliação dos pesquisadores do Merics, o objetivo mais ambicioso da China de uma atualização ampla e econômica em grande escala da indústria na próxima década provavelmente não será alcançado devido a deficiências na concepção e aplicação da política. Sua ampla abordagem global não atende às necessidades específicas de muitas empresas, a alocação de financiamento é ineficiente e os governos locais estão gastando demais. Além disso, os fatores contextuais, incluindo a pressão descendente sobre a economia global da China, o impacto latente da automação no mercado de trabalho e a escassez de habilidades diminuem significativamente a capacidade e a vontade da maioria das empresas chinesas de investir em uma modernização dispendiosa do equipamento de produção.

Apesar de seus pontos fracos, *MIC 2025* é um reflexo da política industrial sofisticada e estratégica da China. Para os autores, a estratégia aumentará rapidamente a competitividade global das principais empresas chinesas, direcionando seletivamente as

mais importantes indústrias do futuro. Embora a estratégia política seja susceptível de perder o seu objetivo de melhoria industrial em larga escala, será marcadamente bem-sucedido na elevação das partes essenciais da indústria chinesa, criando um grupo pequeno, mas impactante, de líderes globais na manufatura inteligente.

Mesmo com um sucesso mitigado, a política industrial e tecnologia da iniciativa *Made in China 2025* criará, portanto, enormes desafios para corporações internacionais e economias inteiras de países industrializados. Os tomadores de decisão europeus e norte-americanos na política e nas empresas terão de fornecer respostas igualmente inteligentes para esse desafio.

4.9. O programa *Make in India* e outras iniciativas 4.0 na Índia[40]

Introdução

Diferentemente de outros países, a Índia ainda não desenvolveu um plano nacional com objetivo de alavancar a indústria do futuro, mas nem por isso deixa de contar com programas voltados ao desenvolvimento e disseminação de tecnologias subjacentes à Indústria 4.0.

Ciente da importância da indústria na geração de inovações e de progresso técnico que se espraiam para outras atividades econômicas, elevando a produtividade do sistema produtivo como um todo, e das profundas transformações em curso no mundo associadas às tecnologias da Indústria 4.0, o governo indiano anunciou o *Make in India* em setembro de 2014, com vistas a tornar o país um centro avançado de produção industrial global.

Além de políticas voltadas ao desenvolvimento do setor de indústria de transformação, o *Make in India* também inclui novas iniciativas de políticas, com vistas: a estimular o investimento estrangeiro direto (IDE), proteger a propriedade intelectual (*Creative India*), facilitar a realização de negócios e melhorar a classificação da Índia no *ranking* Facilidade de Negócios do Banco Mundial, promover a criação de *start-ups* industriais de base tecnológica (*Start-up India*).

Para que o *Make in India* seja bem-sucedido e o país possa se tornar uma potência industrial em meio a profundas transformações que a emersão da Indústria 4.0 trará, a Índia precisa, entretanto, superar inúmeros desafios. Entre os quais destacam: a ausência de uma cultura de qualidade em processos, produtos e serviços, sobretudo entre as micro e pequenas empresas; deficiências em infraestrutura; pouca penetração da tecnologia de informação na indústria; baixa inclusão digital na sociedade, insuficiente nível de escolaridade de parte expressiva da população; escassez de profissionais qualificados e habilitados para operar em um ambiente de produção da Indústria 4.0 e baixo investimento do setor privado em atividades de P&D.

Com propósito de superar essas deficiências, o governo da Índia vem adotando várias medidas proativas, entre as quais: programa *Digital India*; a Missão Nacional de Desenvolvimento de Competências (*Skill India*), a Nova Política Nacional de Educação e

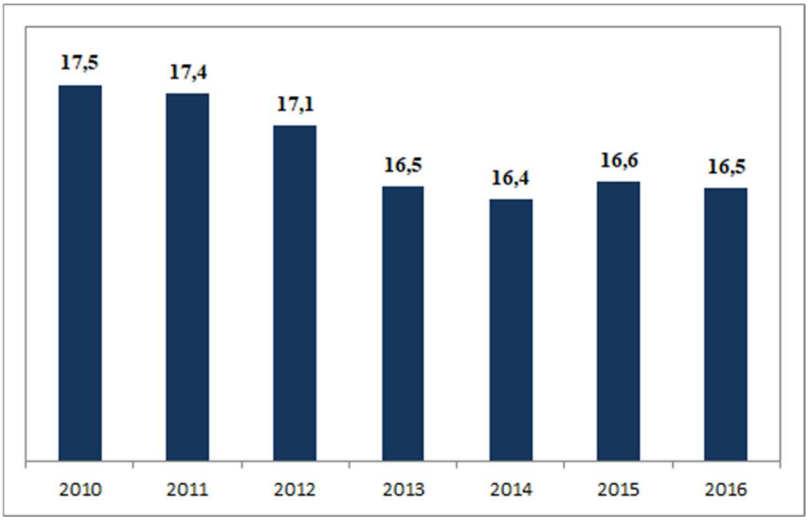
[40] Trabalho divulgado como Carta IEDI n. 849. Disponível em https://iedi.org.br/cartas/carta_iedi_n_849.html

o programa Defeito Zero Efeito Zero (*ZED*, na sigla em inglês). Igualmente, o governo reafirmou o compromisso com os objetivos da Política Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação de 2013, que inclui: ampliar o papel do setor privado no sistema nacional de ciência, tecnologia e inovação mediante parcerias público-privadas, para alcançar a meta de 2% do PIB em P&D.

Panorama da Economia e da Política Industrial Indiana

A Índia é uma das maiores economias emergentes de rápido crescimento. Depois de registrar uma taxa de crescimento econômico médio de 8,3% ao ano para o período de 2003-2010, a economia da Índia desacelerou para uma média de 6,8% ao ano no período 2011-2016. O setor de serviços é o de maior peso na economia, contribuindo com 53,8% do valor adicionado em 2016, de acordo com os dados do Banco Mundial, e empregando 28,6% da população. A participação do setor da indústria de transformação no valor adicionado é de apenas 16,5% (17,5% em 2010), enquanto a contribuição da agricultura é da ordem de 17,3%.

Índia - Valor Agregado da Indústria de Transformação (em % do PIB), 2010-16



Fonte: Banco Mundial - *World Development Indicators* Data Base. Elaboração IEDI.

Na indústria de transformação indiana, as indústrias automotiva e eletrônica são os principais motores do setor industrial. De acordo com o governo, a Índia é sexto maior produtor mundial de veículos (veículos comerciais, automóveis e motocicletas), com uma produção anual média de 24 milhões de veículos em 2016, dos quais 3,64 milhões foram exportados. A indústria automotiva representa 45% do produto interno bruto (PIB) do setor industrial, 7,1% do PIB do país e emprega cerca de 19 milhões de pessoas,

direta e indiretamente. Já a indústria têxtil e vestuário, que responde por apenas 14% para a produção industrial, 4% para o Produto Interno Bruto da Índia e 15% dos ganhos de exportação do país, é a que mais emprega na indústria: 51 milhões em 2016.

Desde 1991, a política industrial na Índia tem visado muito mais facilitar o desenvolvimento industrial. De acordo com o DIPP, os principais objetivos da política industrial são (i) manter um crescimento sustentado da produtividade, (ii) aumentar o emprego remunerado; (iii) alcançar a melhor utilização dos recursos humanos; (iv) alcançar competitividade internacional; e (v) transformar a Índia em um parceiro e importante jogador na arena global. Para alcançar esses objetivos, o foco da política é a desregulamentação da indústria indiana; permitindo liberdade e flexibilidade para a indústria em resposta às forças do mercado; e fornecendo um regime político que facilite e promova o crescimento.

Com esse propósito, o licenciamento industrial foi abolido para a maioria das indústrias indianas. Segundo o DIPP, atualmente, há apenas quatro indústrias relacionadas à segurança, estratégia e preocupações ambientais, para as quais se exige licença industrial: equipamentos eletrônicos aeroespaciais e de defesa; explosivos industriais; substâncias químicas perigosas especificadas; produtos manufaturados de tabaco.

Desde 2001, o governo indiano vem reduzindo, gradativamente, o número de itens reservados para a produção exclusiva pelas micro e pequenas empresas (MPEs). De uma lista original de mais 800 produtos, criada nos anos 1960 para estimular o setor de pequenas empresas, o qual é considerado grande gerador de emprego, havia 20 itens remanescentes no início de 2015. No âmbito das iniciativas associadas ao programa *Make in India*, contudo, essa lista foi abolida, em abril de 2015, para, segundo o DIPP, "promover maior investimento, incorporar melhores tecnologias, estabelecer padrões e sucursais agências e reforçar a concorrência nos mercados indianos e globais para esses produtos".

A liberalização crescente da economia indiana não significou, contudo, que o governo da Índia tenha aberto mão de fazer política industrial ativa. Na promoção de setores e segmentos prioritários, o governo indiano utiliza diversos instrumentos de política, incluindo incentivos fiscais, subsídios e suporte financeiro.

No que se refere às MPMEs, por exemplo, em 2006, foi promulgado o Ato de Desenvolvimento das Micro, Pequenas e Médias Empresas com vistas a promover o desenvolvimento e aumentar a competitividade das MPMEs. Esse Ato forneceu o primeiro quadro jurídico da Índia para o reconhecimento do conceito de MPMEs, que

inclui entidades industriais e de serviços, e conduziu à criação, em 2007, do Ministério das Indústrias de Pequena Escala (MSME).

Em 2007, o governo da Índia iniciou a execução do Programa Nacional de Competitividade da Indústria Manufatureira (PNLM), com objetivo de aumentar a competitividade das MPMEs industriais. Esse programa incluiu diversas iniciativas com vistas a elevar a produtividade, modernizar a tecnologia e diminuir o consumo de energia no processo produtivo industrial, bem como expandir a participação nos mercados doméstico e mundial dos produtos das MPMEs indianas. Ainda em vigor, o PNLM contém os seguintes componentes:

1. Esquema de Competitividade para a Produção Enxuta, que auxilia as MPMEs a reduzir os seus custos de gestão mediante uma melhor utilização do espaço, da gestão de pessoal, da administração do inventário científico, do aprimoramento dos luxos de processo, redução dos tempos de engenharia e etc.

2. Promoção de Ferramentas de Informação e Comunicação (TIC) no setor de MPMEs;

3. Esquema para tornar o setor industrial competitivo por meio de normas de gestão de qualidade (QMS) e ferramentas técnicas de qualidade (QTT), que visa melhorar a qualidade e produtividade do setor de micro e pequenas empresas e inculcar a consciência de qualidade neste segmento;

4. Esquema da Clínica de Design para MPMEs, que visa reunir em uma plataforma comum o setor de MSME e especialistas em design para fornecer consultoria e soluções de especialistas em problemas de design, resultando em melhoria contínua e adição de valor para produtos existentes.

5. Assistência de *Marketing* e Modernização Tecnológica, cujo objetivo é identificar e encorajar os grupos de MPMEs, que possuem produção de qualidade e potencial de exportação e auxiliam-na a alcançar competitividade nos mercados nacional e internacional.

6. *Marketing* e Assistência Tecnológica para MPMEs (código de barras), cujo objetivo é popularizar o registro do código de barras e motivar as pequenas e microempresas de fabricação a adotar a certificação do código de barras em larga escala e vender seus produtos de valor agregado em todo o mundo;

7. Tecnologia e melhora de qualidade, com propósito de estimular as MPMEs a atualizar suas tecnologias, o uso de tecnologias eficientes em energia para

reduzir as emissões de gases de efeito estufa, a adoção de outras tecnologias custo de produções, etc., para se tornar globalmente competitivo.

8. Apoio ao Desenvolvimento Empresarial e Gerencial das PME através de Incubadoras, que visa nutrir ideias inovadoras de negócios (tecnologia, processos, produtos, procedimentos, etc.), que possam ser comercializados em um ano.

9. Campanha nacional junto às MPMEs para a conscientização sobre direitos de propriedade intelectual (DPI), com o propósito de auxiliar as MPME a alcançar liderança global e capacitação usando efetivamente as ferramentas de Direitos de Propriedade Intelectual (DPI) de projetos inovadores.

Diferentemente de outros países emergentes, na Índia, a produção econômica tem se deslocado da agricultura para os serviços e não para o setor industrial, cuja produtividade permanece baixa. Preocupado com a baixa contribuição do setor industrial para o PIB da Índia, de pouco mais de 16%, sobretudo em comparação com outros países asiáticos em estágios similares de desenvolvimento, o governo indiano lançou em outubro de 2011, após consultas detalhadas com representantes da indústria, especialistas, e governos estaduais, a Política Nacional para a Indústria Manufatureira (NMP).

Objetivos principais da NMP: elevar a parcela setorial da indústria manufatureira no PIB para pelo menos 25% até 2022; criar 100 milhões de postos de trabalho até 2022; e melhorar a competitividade global das empresas industriais indianas, o valor agregado doméstico, o aprofundamento tecnológico e a sustentabilidade ambiental do crescimento. A política prevê intervenções específicas nas áreas de desenvolvimento da infraestrutura industrial; melhoria do ambiente empresarial através da racionalização e simplificação dos regulamentos de negócios; desenvolvimento de tecnologias apropriadas, especialmente tecnologias verdes para desenvolvimento sustentável e desenvolvimento de habilidades da população mais jovem.

A NMP não pressupõe a concessão de subvenções para empresas ou locais individuais específicos, pois pretende ser neutra em termos de setor, local e tecnologias, exceto no que se refere a incentivar a tecnologia verde para o desenvolvimento sustentável. Todavia, a política tem foco nas indústrias de bens de capital (equipamento pesado e transporte), nas indústrias intensivas em trabalho (têxtil, fabricação de joias, alimentícia), indústrias estratégicas (aeroespacial, construção naval, eletrônica e ICT, equipamento de defesa e energia solar) e indústrias indianas com vantagens competitivas (setor automotivo, indústria farmacêutica e equipamentos médicos).

De acordo com o governo, a NMP é, de longe, a iniciativa mais abrangente e significativa já adotada no país, uma vez que aborda áreas de regulação, infraestrutura, desenvolvimento de habilidades, tecnologia, disponibilidade de finanças, mecanismo de saída e outros fatores pertinentes relacionados ao crescimento do setor industrial. Como será visto a seguir, a NMP foi sendo modificada, a partir de 2015, para alinhá-la com iniciativas como o *Make in India* e também com a Revolução Industrial 4.0.

O Programa Make in India

O primeiro-ministro Narendra Modi lançou o programa *Make in India* em 25 de setembro de 2014, com o objetivo principal de tornar a Índia um centro de produção industrial global, incentivando as empresas multinacionais e domésticas a fabricar seus produtos no país. Para se tornar um centro de produção global com ampliação do investimento estrangeiro, a indústria indiana deverá competir com padrões mundiais para manter sua vantagem competitiva. Novos modelos de serviços, capacidades tecnológicas, redes dinâmicas de cadeia de suprimentos irão definir os processos de produção na Índia. A rápida adoção de tecnologia de manufatura aditiva ajudará a reduzir prazos e apoiar a inovação de novos produtos no país.

Dirigida pelo Departamento de Política e Promoção Industrial do Ministério de Comércio e Indústria (DIPP/NIC), a iniciativa visa transformar a indústria manufatureira no motor de crescimento da economia indiana. Outros objetivos da iniciativa são: reduzir a dependência de importação de produtos industriais, promover a atualização tecnológica e elevar a participação do capital estrangeiro na indústria.

Esse programa tem como alvo 25 setores da economia, que vão desde a indústria automotiva à tecnologia da informação (IT, na sigla em inglês) e gestão de processos de negócios (BPM, na sigla em inglês), passando por infraestrutura aeroportuária, telecomunicação, construção, mídia e entretenimento. Para cada um deles, o programa especifica intervenções de política. Para vários, são sugeridas metas de desempenho a ser alcançadas entre 2020 e 2025.

Make in India - Política e Metas em Setores Selecionados

Setores	Política Setorial	Metas
Automotivo	Aprovação automática para investimento de capital estrangeiro de até 100%, sem critérios mínimos de investimento. Produção e as importações neste setor estão isentas de licenças e aprovações Incentivo fiscal ao P & D, oferecendo dedução ponderada de até 150% dos gastos de P & D Plano Missão Automotiva 2016-2026 Plano Nacional de Missão de Mobilidade Elétrica 2020 (NEMMP)	Elevar a produção de veículos para 62,9 milhões de unidades anuais até 2026, dos quais 9,4 milhões de unidades de veículos de passageiros, 2 milhoes de veículos comerciais, 50.6 milhões de motocicletas e 0.9 milhões de triciclos motorizados Criação de 65 milhões de empregos adicionais até 2026 Aumentar as exportações de veículos por 5 vezes e os componentes em 7,5 vezes até 2016 Contribuir com 12% do PIB da Índia até 2026. Seis milhões de veículos híbridos e elétricos a serem vendidos anualmente até 2020
Autopeças	Política governamental favorável com 100% de IDE permitido por via automática. Produção e as importações neste setor estão isentas de licenças e aprovações	Tornar a Índia um centro mundial de suprimento de autopeças Crescimento do volume de negócios de US$ 39 billões em 2016 para $ 200 bilhõe em 2026, exportação entre US $ 70-80 bilhões e um investimento de USD 30-40 bilhões até 2026.
Biotecnologia	Autorizações aceleradas para projetos *greenfield e brownfield* no setor de biotecnologia Criação de parques de biotecnologia em várias partes do país para facilitar o desenvolvimento de produtos, pesquisa e inovação e o desenvolvimento de clusters industriais de biotecnologia Estabelecimento de organização orientada para o setor - BIRAC para apoiar *start ups* biotecnológicas e PMEs por meio de financiamento, orientação, atendimento e suporte de infraestrutura Criação de um fundo baseado em ações (AcE - Accelerating Entrepreneurs Fund) para acelerar o crescimento de empreendedores no campo da biotecnologia, fornecendo apoio financeiro de até USD 150.000 para empreendimentos promissores	Elevar o valor da produção da indústria indiana de biotecnologia de US $ 7 bilhões em 2015 a US $ 100 bilhões até 2025
Eletrônica	Aprovação automatica de IDE de até 100% (49% a no setor estratégico de eletrônica de defesa , sendo necessária aprovação prévia do governo acima desse percentual). Pacote de Incentivo Especial Modificado (M-SIPS), com propostas de investimento de US $ 19 bilhões até agosto de 2016; Fundo de Desenvolvimento Eletrônico (EDF); Esquema de Clusters de Fabricação de Eletrônica (EMC); Esquemas de Desenvolvimento de Competências. Encorajar as capacidades existentes de P & D a desenvolver produtos "Made in India" e gerar propriedade intelectual local. Alíquota de imposto sobre royalties e taxas por serviço técnico a pagar a não residentes foi reduzida de 25% para 10%. Criação de Centro de Excelência para a IoT no NASSCOM Bengaluru para promover empresas em fase de arranque no campo de Internet das Coisas (IoT)	Crescimento do mercado de eletrônico a uma taxa média anual de 26%, atingindo US$ 400 bilhões em 2020 Substituição de importações, que respondem por 65% da demanda atual de produtos eletrônicos. A meta é zero importações até 2020. Mercado de USD 15 bilhões para IoT até 2020
Defesa	Aprovação automatica de IDE de até 49% e de até 100% com aprovação governamental prévia Promoção da autossuficiência, a indigenização, a atualização tecnológica e a obtenção de economias de escala, incluindo o desenvolvimento de capacidades para exportações no setor de defesa: política de conteúdo nacional e preferência para aquisição de produtos com design e produção local	Ampliar a atratividade da Índia como centro de abastecimento de defesa Substituição de importações, que respondem por 60% da demanda atual da defesa
Energia renovável	Promoção da adoção de recursos de energia renovável por meio de diversos incentivos, tais como incentivos baseados em geração (GBIs), capitais e subsídios de juros, gap de viabilidade financiamento (VGF), financiamento em condições favoráveis, incentivos fiscais etc. Lançamento do "Suryamitra Scheme" para o desenvolvimento de habilidades da força de trabalho no setor de energia renovável	Elevar a geração de energia renovável dos atuais 45 GW para 175 GW em 2022, dos quais 100 GW de energia solar, 60 GW de energia eólica, 10 GW de energia de biomassa e 5 GW de pequena central hidrelétrica Ter 50 mil de funcionários treinados até 2020
Espacial	Programa de ciência espacial: Missão Chandrayaan II Missão Órbita de Marte	Lançar um veículo espacial lunar robotizado em março de 2018 para explorar a área de pouso, com utilização do foguete (GSLV) desenvolvido com tecnologia indiana Projetar e realizar uma nave espacial com capacidade para atingir Marte e permanecer em órbita ao longo de nove meses
Farmacêutica	Aprovação automatica de IDE de até 100% na instalação de novas plantas farmaceuticas. O investimento estrangeiros em fábricas já existentes pode ser realizado de modo automática até 74%, acima desse percentual é necessária autorização prévia do governo. Os preços dos medicamentos são controlados de acordo com sua essenciabilidade. Os medicamentos desencolvidos com P&D doméstico são isentos de controle de preço por cinco anos. Alíquota de imposto sobre royalties e taxas por serviço técnico a pagar a não residentes foi reduzida de 25% para 10% para incentivar a aquisição de tecnologia.	Classsificar a Índia entre os três principais mercados farmacêuticos do mundo em termos de crescimento incremental até 2020. Elevar as receitas da indústria a US $ 45 bilhões em 2020
Máquinas elétricas	Visão 2022 para a Indústria Indiana de Equipamentos e Máquinas Elétricas: redução dos direitos aduaneiros sobre uma variedade de equipamentos, a criação do Conselho de Desenvolvimento de Competências de Equipamentos Elétricos (EESDC), o estabelecimento de clusters da indústria de equipamentos elétricos; o aprimoramento da infraestrutura de testes de produtos no país; aumento das participações no mercado de exportação e apoio financeiro	Para tornar a Índia o país de escolha para a produção de equipamentos elétricos e chegar a uma produção de US $ 100 bilhões, equilibrando exportações e importações
Química e Petroquímica	100% de IDE permitido pela via automática, exceto para alguns produtos químicos perigosos, que permanecem sujeitos a licenciamento industrial Forte apoio do governo para P & D: dedução ponderada de 200% dos gastos com P&D, incluindo as somas pagas a laboratórios, institutos de pesquisa e universidades nacionais. Criação de *clusters* industriais / parques de plástico de qualidade mundial - PCPIR em uma área de 250 km2 para a fabricação de produtos domésticos e de exportação de produtos petrolíferos, químicos e petroquímicos.	
Siderurgia	Política de capacitação de infraestrutura no setor	Aumentar a produção de aço no país para 300 milhões de toneladas por ano (MTPA) até 2025
Tecnologia de Informação	A campanha Índia Digital prevê um investimento de US $ 20 bilhõe,s cobrindo conectividade móvel em todo o país, reengenharia do governo eletrônico para permitir a entrega eletrônica de serviços aos cidadãos Apoio à criação de novas empresas por meio dos programas Self Employment and Talent Utilization (SETU) Criação do Banco Microfinanceiro de Desenvolvimento de Micro-Unidades (MUDRA), com um dotação financeira de US $ 3,07 bilhões e orçamento para garantia de crédito de USD 461,53 milhões com vistar a apoiar os empreendedores da nova geração Programa Nacional de Rede de Fibra Óptica (NOFNP)	Crescimento do mercado SMAC (social, mobilidade, análise, nuvem)para US $ 225 bilhões até 2020 Conectar todos os 250 mil de conselhos de aldeia
Têxtil e Vestuário	Aprovação automatica de IDE de até 100% O setor conta com amplos incentivos fiscais e financeiros para modernização, desenvolvimento, bem como incentivos à exportação . Entre as iniciativas se destacam: Esquema de Fundo de Upgrade Tecnológico (TUFS), Esquema de Parques Têxteis Integrados (SITP), Esquema de Desenvolvimento de Processamento Integrado (IPDS), Esquema Integrado de Desenvolvimento de Competências (ISDS)	Gerar 10 milhões de empregos na indústria têxtil ao longo dos próximos três anos. Treinar mais de 2,675 milhões de pessoas até 2017, abrangendo todos os subsectores do setor têxtil - têxteis e vestuário, artesanato, artesanato, juta e sericultura.

Fonte: *Make in India website*: http://www.makeinindia.com/sector

Além de políticas voltadas ao desenvolvimento do setor de indústria de transformação, o *Make in India* também inclui várias novas iniciativas de políticas, com vistas a estimular o investimento estrangeiro direto (IDE), proteger a propriedade intelectual, facilitar a realização de negócios e melhorar a classificação da Índia no *ranking* Facilidade de Negócios do Banco Mundial, promover a criação de *start-ups* industriais de base tecnológica. Também procura facilitar a criação de emprego, promover a inovação, melhorar o desenvolvimento de habilidades dos trabalhadores indianos, e fortalecer a infraestrutura mediante o desenvolvimento de corredores industriais e construção de cidades inteligentes com tecnologia de ponta e comunicação de alta velocidade.

Política Nacional para Indústria Manufatureira. Com o diagnóstico de que o aumento da competitividade global do setor industrial indiano é imperativo para o crescimento do país em longo prazo, a Política Nacional para a Indústria Manufatureira de 2011 vem sendo atualizada em consonância com as metas do *Make in India* e demais iniciativas lançadas pelo governo Modi, com o intuito de transformar a Índia em um centro de produção manufatureira global. Na avaliação do governo, a Índia já marcou sua presença como uma das economias de mais rápido crescimento do mundo. Espera-se que o país se classifique entre as três principais economias de maior crescimento do mundo e entre os cinco principais destinos da indústria até 2020.

Os setores-alvo da política são: as indústrias de uso intensivo de mão de obra, como têxteis e vestuário, couro e calçados, gemas e joalherias e indústrias de processamento de alimentos; as indústrias de bens de capital como máquinas-ferramentas, equipamentos elétricos pesados, equipamentos pesados de transporte, terraplenagem e mineração; as indústrias com significado estratégico como aeroespacial, transporte marítimo, *hardware* e eletrônicos de IT, equipamentos de telecomunicações, equipamentos de defesa e energia solar; e as indústrias nas quais a Índia possui uma vantagem competitiva, como automóveis, produtos farmacêuticos e equipamentos médicos. A política contempla igualmente as empresas estatais e as pequenas e médias empresas (PMEs) industriais.

A política industrial indiana prevê a criação em várias regiões do país de zonas de investimento e indústria nacional (NIMZ, na sigla em inglês), concebidas como cidades industriais gigantes para promover atividades da indústria de classe mundial. As empresas localizadas nas NIMZs contarão com preferência de compra governamental. O tamanho mínimo é de 5000 hectares (50 quilômetros quadrados) em que a área de processamento deve ser de pelo menos 30%. O governo central será responsável por suportar o custo do plano diretor, aprimorando / fornecendo conexões de infraestrutura física externa, incluindo trilhos, estradas, portos, aeroportos e telecomunicações,

fornecendo infraestrutura institucional para produtividade, desenvolvimento de habilidades e promoção de investimentos domésticos e globais. A identificação das terras será realizada pelos governos estaduais, que também serão responsáveis: pelo fornecimento de água, pela conectividade de energia, infraestrutura física, ligações de utilidade, estudos de impacto ambiental e suportando o custo dos pacotes de reassentamento e reabilitação para proprietários de terrenos adquiridos.

A política pretende alavancar os incentivos e esquemas existentes do governo voltados ao desenvolvimento e aquisição de tecnologias e também introduzir novos mecanismos para promover a introdução de tecnologias ecológicas. Foi proposto um fundo de aquisição e desenvolvimento de tecnologia para a aquisição de tecnologias apropriadas, a criação de um *pool* de patentes e o desenvolvimento de produção doméstica de equipamentos utilizados para controlar a poluição e reduzir o consumo de energia. Esse fundo também funcionará como um *pool* autônomo de patentes e uma agência de licenciamento. Ele adquirirá direitos de propriedade intelectual dos detentores de patentes. Qualquer empresa que queira usar propriedade intelectual para produzir ou desenvolver produtos pode buscar uma licença do *pool* contra o pagamento de *royalties*.

A simplificação do ambiente regulatório também é alvo da política. Os governos centrais e estaduais fornecerão isenções de regras e regulamentos relacionados ao trabalho, meio ambiente, etc., sujeitos ao cumprimento de certas condições. O processo de autorizações pelas autoridades centrais e estaduais passará a ser progressivamente habilitado para a *web*. Um formulário de inscrição combinado e um registro comum a ser desenvolvido. Para as empresas que irão se instalar nas NIMZ, o governo prevê guichê único para todas as autorizações necessárias.

Foi igualmente suprimida, como já mencionado, em abril de 2015, a lista dos remanescentes vinte itens de fabricação exclusiva por MPMEs industriais, que resultava em escala sub-ótima de operação, obsolescência tecnológica, ineficiências da cadeia de suprimentos, entre outros problemas. Também em consonância com a política de liberalização da indústria doméstica, o número de indústrias reservadas para o setor público também foi reduzida. Atualmente, há apenas dois setores que são reservados para o setor público: energia atômica e transporte ferroviário (exceto infraestrutura, projeto de trem de alta velocidade, e outras exceções).

A política também considerará o uso de contratos de compras públicos com estipulação da adição de valor local em setores específicos. Estes incluem áreas de tecnologias críticas, tais como equipamentos de energia solar, *hardware* eletrônico, equipamentos

de transporte eficientes em termos de energia, sistemas de segurança baseados em IT, energia, estradas e rodovias, ferrovias, aviação e portos.

Alguns setores, como os da indústria automotiva, eletrônica, biotecnologia, têxtil e vestuário, entre outros, contam com políticas setoriais específicas. Na área de eletrônica, por exemplo, um conjunto de incentivos está disponível para atrair investimentos de empresas mundiais e domésticas para o setor de *Design* e Produção de Sistemas Eletrônicos (ESDM, na sigla em inglês) na Índia, de modo tornar o país o próximo maior centro de produção eletrônica do mundo, tecnologias médias e altas.

Para alcançar a meta de importações zero até 2020, com economia da ordem de US$ 400 bilhões, incentivos variados estão disponíveis para a fabricação de semicondutores, produtos de telecomunicações, fabricação de diodo emissor de luz (LED, na sigla em inglês), eletrônicos automotivos, montagem, teste, marcação e empacotamento de semicondutores (ATMPs), eletrônicos e eletrodomésticos de consumo, dispositivos portáteis, incluindo smartphones e *tablets*, eletrônicos estratégicos, EMC, aeronáutica e eletrônicos médicos, etc. Os gastos com P&D também estão contemplados no pacote de incentivos oferecidos.

Nova Infraestrutura. Para impulsionar o crescimento econômico e melhorar a qualidade de vida dos cidadãos, o governo lançou diversos projetos de infraestrutura industrial e urbana, que incluem:

- Criação de quatro corredores industriais e 21 novas cidades nodais, que terão vantagens como: grandes parcelas terrestres, comunidades planejadas, infraestrutura habilitada para TIC, vida sustentável, excelente conectividade de vias de transporte, etc.

- Duplicação da rede de estradas até 2020 e construção de 15 mil quilômetros de estradas até 2017.

- Criação de novas estações ferroviárias, a modernização do material circulante, as estradas de ferrovias de alta velocidade, a conectividade da mina portuária etc. foram iniciados para a modernização e melhor conectividade da ferrovia indiana.

- Construção do Corredor Oriental de Frete Dedicado de 1840 km de comprimento e do Corredor Ocidental de Frete Dedicado de 1504 km de comprimento.

- Modernização dos portos da Índia e das vias navegáveis interiores (projeto Sagar Mala)

- Missão Cidades Inteligentes, projeto que prevê o financiamento em bases competitivas para a modernização das cidades e do ecossistema urbano, que contemple os quatro pilares do desenvolvimento abrangente: infraestrutura institucional, física, social e econômica.

- Modernização da infraestrutura aeroportuária, com construção de novos aeroportos para atender tráfego internacional e doméstico.

O projeto de construção dos corredores industriais visa o desenvolvimento de zonas industriais abrangendo seis estados da Índia, que criarão o potencial econômico e de emprego junto com indústrias em desenvolvimento ao longo do corredor. Segundo o professor Venni V. KRISHNA da Jawaharlal Nehru University, New Delhi, em seu estudo *Science, Technology and Innovation policy in India*: some recente changes, publicado pelo publicado pelo Center of Social Inovation (ZSI) de Viena, Áustria, esse projeto dos corredores industriais é maior projeto de infraestrutura que a Índia já tentou em sua história. O projeto verá grande expansão de infraestrutura e indústria - incluindo cidades inteligentes, *clusters* industriais, além de conectividade ferroviária, rodoviária, portuária e aérea - nos estados ao longo da rota do corredor. Muitas cidades inteligentes seriam desenvolvidas ao lado.

O corredor industrial Delhi-Mumbai (DMIC), que já está concluído, recebeu apoio do Japão, que celebrou um acordo para criar um fundo de desenvolvimento de projetos com igual co-investimento. O tamanho inicial do fundo foi de INR 10 bilhões (equivalente a US$ 158,7 milhões).

A Índia e os Estados Unidos também assinaram um memorando de entendimento (MoU) para estabelecer uma plataforma de colaboração de infraestrutura. De acordo com o professor Krishna, o escopo do MoU prevê esforços nas áreas de desenvolvimento urbano, comércio e indústria, ferrovias, transporte rodoviário e rodovias, micro pequenas e médias empresas, energia, energia nova e renovável, informações e radiodifusão, comunicações e tecnologia da informação, recursos hídricos e desenvolvimento fluvial e o rejuvenescimento de Ganga.

No que se refere à infraestrutura ferroviária, a francesa SNCF e as ferrovias indianas co-financiarão um estudo de viabilidade a ser realizado pela SNCF para um projeto para modernizar a linha Delhi-Chandigarh para velocidade de 200 km / h e para o redesenvolvimento das estações ferroviárias Ambala e Ludhiana no Punjab. De acordo

com o professor Krishna, também estava previsto a assinatura de um acordo pela das empresas indianas Indian High Speed Rail Corporation e o Rail Vikas Nigam Limited, controladas pelo Ministério das Ferrovias, com a China Railway Siyuan Survey and Design Group para o desenvolvimento de trens de alta velocidade (300 km / h) entre Delhi e Chennai, cobrindo uma distância de 1.754 kms.

Já o programa cidades inteligentes, com uma dotação orçamentária de 480.000 milhões de rúpias por cinco anos, tem como objetivo construir 100 cidades inteligentes. Essa iniciativa do governo indiano conta com apoio do governo do Japão, que está ajudando a converter Banaras em uma cidade inteligente. O governo da França também mostrou interesse em apoiar a modernização de cerca de 3 a 4 cidades.

Facilidade de negócios. Em 2014, a Índia ocupava a 142ª posição no *ranking* de Facilidade de negócio do Banco Mundial. No âmbito do *Make in India*, o governo indiano lançou um ambicioso programa de reforma regulatória, com o propósito de tornar mais fácil fazer negócios na Índia. Esse programa, que representa um grande esforço para criar um ambiente mais amigável para as empresas, inclui iniciativas em grandes cidades como Nova Delhi e Mumbai.

Foram reduzidas as exigências e os prazos para abrir um negócio, para obter permissão para construir, para exportar e importar, para registrar propriedade, obter crédito, obter conexão de rede elétrica. Foram igualmente, introduzidas simplificações nos procedimentos para pagamento de imposto, com ampliação obrigatória do uso de digitalização, e resolução de insolvência por meio da promulgação de um novo Código de Insolvência e Falência. Em meados de 2017, o governo indiano adotou um novo regime fiscal, que substituiu cerca de 20 impostos federais e estaduais por um único imposto sobre bens e serviços (GTS, na sigla em inglês), com objetivo de simplificar o sistema tributário e os negócios.

Em junho de 2017, a classificação da Índia no *ranking* de Facilidade de Negócios do Banco Mundial já havia melhorado significativamente, alcançando a 100ª posição (134ª posição em 2015). Todavia, a Índia se classifica atrás de outras economias emergentes da Ásia e também dos demais países do grupo BRICS, à exceção do Brasil.

Países Selecionados - Posição no *Ranking* de Facilidade de Negócios, junho 2017

Pais	Posição no *Ranking*
Cingapura	2
Taiwan	15
Malásia	24
Tailandia	26
Rússia	35
Vietnã	68
Indonésia	72
China	78
África do Sul	82
Índia	***100***
Brasil	125

Fonte: Banco Mundial. *Doing Business* – Economy rankings.

Política de IDE. Desde 1991, quando iniciou o processo de abertura de sua economia, a Índia tem, de forma crescente, removido as restrições regulatórias à entrada de investimento direto estrangeiro. Porém, o ambiente para o IDE na Índia ainda era bastante restritivo. A nova política de IDE, adotada em junho de 2016, abriu novos setores para o investimento estrangeiro direto, aumentou o limite para os investimentos nos setores nos quais o IDE já era permitido, e simplificou as condições de entrada de IDE.

As reformas das políticas de IDE destinam-se a proporcionar facilidade para fazer negócios e acelerar o ritmo de investimento estrangeiro no país. Com a nova política, o percentual de IDE permitido, sujeito a aprovação governamental, em diversos setores econômicos foi elevado (em alguns casos até 100%). Ficaram livres de aprovação prévia do governo indiano (rota automática), os investimentos estrangeiros em diversos setores, como na agricultura, *broadcasting*, algumas áreas da mineração (metais e metais não-ferrosos, carvão) e infraestrutura (aeroportos, ferrovias, parques industriais), serviços de logística, aviação civil, indústria farmacêuticas, entre outros. Já nas áreas da defesa, telecomunicação e refino de petróleo, por exemplo, os investimentos estrangeiros em até 49% podem ser realizados sem permissão do governo. Acima desse percentual e até 100%, é necessária autorização governamental.

De acordo com o governo indiano, a abertura do setor de defesa para a participação do setor privado (doméstico e estrangeiro) ajudará os fabricantes estrangeiros de equipamentos originais a estabelecer parcerias estratégicas com empresas indianas e alavancar os mercados domésticos, bem como visar os mercados globais. Além de

ajudar na construção de capacidades domésticas, isso também irá reforçar as exportações no longo prazo.

O professor Krishna (2016) destaca alguns resultados iniciais da campanha de *Make in India*:

- O consórcio europeu AIRBUS entrou em colaboração com o grupo indiano Mahindra, que fabrica jeeps, SUVs e carros. Ambos os grupos formaram uma *joint venture* para produzir helicópteros na Índia e concorreram em conjunto para projetos de defesa.

- A empresa alemã Mercedes Benz decidiu dobrar sua capacidade de montagem de automóveis na Índia.

- A Ford USA decidiu exportar carros da Índia para os EUA.

- A Hitachi decidiu configurar a produção de componentes automáticos no hub automático de Chennai.

- A Huawei, uma multinacional chinesa, abriu um novo campus de R & D em Bengaluru.

- A LG da Coréia do Sul já começou a fabricar *smartphones* na Índia enquanto a empresa chinesa, Foxconn, fabricante de iPhone está planejando configurar a primeira fábrica de Apple na Índia.

Em maio de 2017, o Conselho de Ministros aprovou a eliminação progressiva do Conselho de Promoção de Investimentos Estrangeiros (FIPB). No lugar deste órgão interministerial, os ministérios ou departamentos interessados serão responsáveis pelo processamento de pedidos de IDE, em consulta com o Departamento de Política e Promoção Industrial (DIPP) do Ministério do Comércio e Indústria. E no mês de agosto, o DIPP divulgou a Circular Consolidada da Política de IDE, a qual contém uma seção específica para as *start-ups*, permitindo-lhes arrecadar fundos de fundos de capital de risco e outros investidores estrangeiros.

De acordo com o estudo da OCDE, *Economic Outlook for Southeast Asia, China and India 2018*: Fostering Growth through Digitalisation, 2018, com a nova política de IDE, os fluxos líquidos de investimento direto destinado à Índia, subiram de US$ 30 bilhões em 2013 para US$ 42,2 bilhões em 2016, atingindo US$ 45 bilhões no primeiro semestre de 2017.

Com a maior presença do capital estrangeiro na indústria em um ambiente de produção cada vez mais globalizado, as tecnologias de manufatura avançada – redes digitais sem fio, computação nas nuvens, comunicação entre máquinas, automação, realidade virtual, análise de Big Data –, se tornarão uma parte essencial da revolução industrial na Índia pretendida pelo *Make in India*. Com essa iniciativa, a Índia tem uma oportunidade única para construir de maneira inovadora sua própria estrada para a manufatura inteligente, pulando etapas no seu desenvolvimento.

Digital India

Lançado em julho de 2015, o programa *Digital India* tem foco especial na capacitação através de capacitação digital universal, recursos digitais universalmente acessíveis, disponibilidade de certificados e documentos na nuvem, disponibilidade de recursos / serviços digitais em línguas indianas e plataformas digitais colaborativas para governança participativa. Com esse programa, governo indiano pretende fornecer infraestrutura digital como uma utilidade básica para todos os cidadãos do país e serviços de governança eletrônica sob demanda, de modo a transformar o país em uma sociedade digitalmente capacitada e em uma economia de conhecimento.

Sob a coordenação do Ministério de Eletrônica e Tecnologia de Informação, o programa *Digital India* está centrado em três áreas-chave: infraestrutura digital (rodovias de banda larga, conectividade móvel, acesso público à internet e segurança cibernética), governança e serviços sob demanda (e-governança, entrega de serviços eletrônicos, produção eletrônica, TI para trabalhos e programas colheita precoce) e capacitação digital dos cidadãos (alfabetização digital, informação para todos, plataforma participativa, recursos digitais nas línguas indianas).

O governo também já iniciou o processo de desenvolvimento de ciberespaço seguro e protegido, espaço privado compartilhável em nuvem pública, internet de alta velocidade, rede de banca móvel e identidade digital única e autêntica. Todavia, segundo a OCDE (2018), as conexões de alta velocidade na Índia são raras. Quando serviço é disponível os níveis de preços são tão elevados que o torna inacessível para uma grande parte da população.

O governo da Índia implementou também a Política Nacional de Compartilhamento e Acessibilidade de Dados (NDSAP) e está se movendo para uma maior acessibilidade e fácil compartilhamento de dados não confidenciais para fins científicos e

socioeconômicos. De acordo com a OCDE, todos os departamentos, instituições e agências financiados publicamente, incluindo universidades, nos níveis de governo central e estadual, são obrigados a cumprir as diretrizes do NSDAP em relação aos dados gerados a partir de financiamento público. A NSDAP deverá acelerar a digitalização de grandes volumes de dados governamentais. Além disso, a Missão Nacional de Supercomputador visa construir uma vasta rede de supercomputadores composta por mais de 70 instalações de computação de alto desempenho (HPC) em todo o país e desenvolver habilidades profissionais para HPC.

Skill India

Em julho de 2015, o governo indiano lançou a Missão Nacional de Desenvolvimento de Competências, *Skill India*. Além de consolidar todas as iniciativas, dispersas em vários ministérios, voltadas para o desenvolvimento de habilidades, criou-se um novo Ministério do Desenvolvimento de Competências e Empreendedorismo.

O *Skill India* pretende conectar a oferta com a demanda mediante a correção / alinhamento da oferta e demanda por qualificação / requalificação, criando *pipeline* de pessoas qualificadas, catalisando a demanda por pessoas qualificadas por um ecossistema empresarial de alta intensidade e alinhando as qualificações formais com a Estrutura Nacional de Qualificação de Habilidade. Com esse intuito, o governo assegurou uma maior participação das empresas e associações industriais, criando uma série de conselhos setoriais de habilidades.

Na sequência do anúncio da missão *Skill India***,** o governo indiano lançou a política nacional para o desenvolvimento de habilidades e empreendedorismo (NPSDE 2015), cujos objetivos incluem, entre outros:

- Fazer da formação profissional de qualidade uma aspiração para os jovens mediante mudança simultânea na mentalidade, tornando o treinamento de habilidades uma questão de escolha, e na mentalidade dos empregadores que mão de obra qualificada levará ao aumento da produtividade e envolverá um pagamento de prémio;

- Responder às necessidades de recursos humanos alinhando o fornecimento e a composição de trabalhadores qualificados com os requisitos da indústria e as prioridades estratégicas do país, incluindo programas emblemáticos;

- Estabelecer um sistema de informação baseado em TI para agregar demanda e fornecimento de habilidades para ajudar a alinhar os esforços para superar as lacunas de habilidades existentes e esperadas;

- Promover padrões nacionais no espaço de qualificação mediante o envolvimento ativo dos empregadores na criação do currículo, fornecendo padrões e pagando prêmios de habilidades para os trabalhadores;

- Operacionalizar um quadro de garantia de qualidade bem definido alinhado com os padrões globais para facilitar a mobilidade do trabalho;

- Aproveitar a tecnologia moderna para garantir escala, acesso e divulgação, além da facilidade de entrega de conteúdo e resultados de monitoramento;

Além disso, em 2016, o governo indiano lançou a Nova Política Nacional de Educação, que define o arcabouço para o desenvolvimento da educação na Índia nos próximos anos. Essa política, de acordo com a OCDE, atribui uma prioridade, sem precedentes, na melhoria da qualidade da educação em todos os níveis e na garantia de que as equipes educativas estão disponíveis para todos os segmentos da sociedade.

Programa ZED

Para desenvolver a cultura da qualidade, o governo da Índia lançou, em agosto de 2015, uma iniciativa para melhor a qualidade dos produtos manufaturados no país, com a criação do programa *Defeito Zero Efeito Zero* (*ZED*, na sigla em inglês). O ZED é um sistema de certificação integrado e holístico que irá explicar a qualidade, a produtividade, a eficiência energética, a mitigação da poluição, o estado financeiro, os recursos humanos e a profundidade tecnológica, incluindo o design e os direitos de propriedade intelectual nos produtos e processos.

O programa ZED visa assegurar que a indústria de transformação indiana, e em particular as PMEs, produza bens zero defeito e com zero impacto sobre o meio-ambiente. Com esse programa de certificação, o governo pretende estimular às pequenas empresas a evoluir de uma dependência total da inspeção do produto final para corrigir defeitos, para um processo proativo de aprimoramento de processos, como planejamento de qualidade, elaboração de produtos e processos, processos ótimos, gerenciamento eficiente de recursos, atividades efetivas de terceirização e resultados avançados. Além de buscar a qualidade dos produtos e serviços, o programa ZED

enfatiza igualmente a eliminação do impacto no meio ambiente por meio de um planejamento adequado da concepção de processos e produtos, pré-produção, atividades de produção e manutenção, pós-produção (eliminação após o uso).

Creative India

Com o slogan de *Creative India*, o governo indiano lançou, em maio de 2016, a nova política de propriedade intelectual, que foi elaborada após intensa consulta com mais de 300 partes interessadas, incluindo cinco governos estrangeiros. O intuito da política é fazer com que os indianos reconheçam seus próprios direitos de propriedade intelectual (IPRs, na sigla em inglês) como também respeitam os IPRs dos outros. A política de DPI é um documento abrangente, que estabelece sete objetivos:

1. Criar consciência pública sobre os benefícios econômicos, sociais e culturais dos DPIs entre todos os setores da sociedade.

2. Estimular a geração de IPRs.

3. Possuir leis de IPRs fortes e eficazes, que equilibrem os interesses dos proprietários de direitos com interesse público mais amplo.

4. Modernizar e fortalecer a administração de IPR orientada a serviços.

5. Obter valor para os IPRs através da comercialização.

6. Reforçar os mecanismos de execução e julgamento para combater as infrações aos IPRs.

7. Fortalecer e expandir recursos humanos, instituições e capacidades de ensino, treinamento, pesquisa e capacitação em IPRs.

O DIPP do Ministério de Indústria e Comércio é o órgão responsável por coordenar e supervisionar a introdução da *Creative India*. Com essa política, o governo pretende transformar a Índia em um país onde: a criatividade e a inovação sejam estimuladas pela propriedade intelectual em benefício de todos; a propriedade intelectual promova o avanço da ciência e da tecnologia, das artes e da cultura, do conhecimento tradicional e dos recursos da biodiversidade; o conhecimento seja o principal motor de desenvolvimento, e o conhecimento adquirido seja transformado em conhecimento compartilhado.

De acordo com o DIPP, uma série de programas de conscientização, que enumera os tipos de propriedade intelectual e sua proteção por meio de IPRs, está sendo conduzida pelo governo, visando o público da indústria, universidades e escolas. De igual modo, os procedimentos para arquivamento e processamento das solicitações de propriedade intelectual para patentes, *design* industrial e marca registrada, indicação geográfica, concepção e desenho de circuito integrado de semicondutor e para proteção à variedade de plantas foram simplificadas. Os escritórios indianos de IP tiveram suas instalações de infraestrutura modernizada, com informatização dos bancos de dados, e melhoria na qualidade do serviço, transparência no funcionamento e acesso gratuito aos dados de IPRs por meio de um site dinâmico. Também foram desenvolvidos aplicativos eletrônicos para a solicitação *online* de IPRS e concedidos incentivos para as PMEs e *start-ups* de base tecnológica.

Start-up India

Lançada em janeiro de 2016, *Start-up India* é considerada uma iniciativa emblemática do governo da Índia. Essa iniciativa tem como objetivo construir um ecossistema forte para incentivar a inovação e o empreendedorismo no país, o qual impulsionará o crescimento econômico sustentável e gerará oportunidades de emprego em grande escala.

Para cumprir os objetivos da iniciativa, o Governo da Índia anunciou o Plano de Ação, que está baseado em três pilares: simplificação e suporte; incentivos e apoio financeiro; parceria indústria-academia e incubação. Espera-se com essa inciativa elevar o número de *start-up* de base tecnológica na Índia de 4.300 em 2015 para 11.500 em 2020.

O plano de ação prevê a disseminação da dinâmica de *start-up* do setor de tecnologia de informação para outros setores da economia, incluindo agricultura, manufatura, setor social, saúde e educação, e das grandes cidades para áreas semiurbanas e rurais. A iniciativa *Start-up India* pretende cortar a burocracia, os custos de conformidade administrativa e os constrangimentos existentes no mercado, criar um balcão único (*Start-up India Hub*) para troca de conhecimento, acesso ao financiamento, desenvolver um procedimento de pedido de patente rápida para o arranque e facilitar o acesso das empresas em fase inicial aos contratos públicos.

O Plano de Ação do *Start-up India*

Pilares	Pontos	Objetivos
Simplificação e suporte	1. Regime de Conformidade baseado em auto-certificação	Reduzir o peso regulatório para as startups, permitindo-lhes concentrar-se na sua atividade principal e manter baixo os custos de conformidade
	2. Startup India Hub	Criar um único ponto de contato para todo o ecossistema de start-up e permitir a troca de conhecimento e acesso ao financiamento
	3. Lançamento do portal e aplicativos para dispositivos móveis	Servir como plataforma única para a interação das start-ups com o Governo e as instituições rReguladoras para todas as necessidades de negócios e troca de informações entre as várias partes interessadas
	4. Suporte legal e exame de patentes de rastreamento rápido com menores custos	Promover a conscientização e a adoção de Direitos de propriedade intelectual (DPI) pelas start-ups e facilitar a proteção e comercialização dos DPI, fornecendo acesso a serviços e recursos de propriedade intelectual de alta qualidade, incluindo o exame rápido dos pedidos de patentes e o desconto nas taxas
	5. Normas relaxadas de compras públicas para start-ups	Fornecer às start-ups industriais uma plataforma equitativa vis-à-vis aos empresários / empresas experientes em contratos públicos
	6. Saída mais rápida para start-ups	Permitir que as empresas em fase de arranque possam liquidar os seus negócios no prazo de 90 dias após a solicitação (frente 180 dias para outras empresas)
Apoio financeiro e incentivos	7. Fornecer suporte de financiamento por meio de um fundo de fundos com recursos da ordem de 10 bilhões de rúpias em 4 anos	Fornecer apoio financeiro para desenvolvimento e crescimento de empresas de base tecnológica, impulsionadas pela inovação
	8. Fundo de Garantia de Crédito para start-ups	Catalisar o empreendedorismo, fornecendo crédito aos inovadores em todos os setores da sociedade
	9. Isenção fiscal sobre ganhos de capital	Promover investimentos em start-ups mediante a mobilização de ganhos de capital derivados da venda de ativos de capital
	10. Isenção fiscal para start-ups por 3 anos	Promover o crescimento das start-ups e atender aos requisitos de capital de giro
	11. Isenção de impostos sobre investimentos acima do valor justo de mercado	Encorajar o investimento de capital-semente nas start-ups
Parceria Indústria-Academia e Incubação	12. Organização dos Festivais Startup para apresentar Inovação e fornecer uma plataforma de colaboração	Galvanizar o ecossistema de start-up e fornecer visibilidade nacional e internacional ao ecossistema de start-up na Índia
	13. Lançamento da Missão de Inovação Atal (AIM) com Programa de Utilização Pessoal e Utilização de Talentos (SETU)	Servir de plataforma para a promoção de Hubs de Inovação de classe mundial, Grand Challenges, Startup e outras atividades de emprego por conta própria, particularmente em áreas orientadas para a tecnologia.
	14. Aproveitando a experiência do setor privado para a instalação da incubadora	Para garantir a gestão profissional das incubadoras patrocinadas pelo governo será criado um marco para a criação, em parceria público privado, de incubadoras em todo o país
	15. Construção de Centros de Inovação em Institutos Nacionais	Impulsionar a inovação bem sucedida por meiro do aumento da incubação e esforços de P & D
	16. Criação de 7 novos parques de pesquisa modelados na instalação do parque de pesquisa no IIT Madras	Impulsionar a inovação bem sucedida por meio da incubação e de esforços conjuntos de P & D entre a academia e a indústria
	17. Promoção de start-ups no setor de Biotecnologia	Promover e facilitar o bioempreendedorismo
	18. Lançamento de programas focados na inovação para estudantes	Promover entre estudantes uma cultura de inovação no campo da ciência e tecnologia
	19. Grande Desafio Anual de Incubadora	Apoiar a criação de incubadoras bem sucedidas de classe mundial na Índia

Fonte: Department of Industrial Policy and Promotion/ Ministry of Commerce and Industry (DIPP/NIC). *Start-up India:* Action Plan, January 16 2016.

A iniciativa também visa melhorar o acesso ao financiamento de empresas iniciantes por meio de um novo fundo de fundo, de um esquema de garantia de crédito e de uma série de isenção de impostos. Além disso, o *Start-up India* oferece serviços de promoção e condições melhoradas para a criação de incubadoras, de parque de pesquisa e de *spin-offs* acadêmicos.

Reconhecendo o longo período de gestação para as *start-ups*, a definição oficial desse tipo de empreendimento foi alterada. Assim, a partir da data de sua incorporação / registro, um empreendimento pode ser considerado como *start-up* por até sete anos (ante cinco anos na definição anterior). Esse prazo sobe para até 10 anos no caso de *start-ups* na área de biotecnologia. Além disso, o escopo da definição foi ampliado para incluir modelo comercial escalável com alto potencial de geração de emprego ou criação de riqueza. Ademais, nenhuma carta de recomendação de uma incubadora / associação da indústria deve ser requerida para reconhecimento, benefícios fiscais ou apoio financeiro.

Obstáculos à Indústria do Futuro na Índia

De acordo com o professor Srirang JHA, da Apeejay School of Management de Nova Delhi, em artigo publicado em 2015 (Make in India: The Road Ahead. *FIIB Business Review*, Vol. 4, No. 2, June 2015), o programa *Make in India* terá sucesso se forem tomadas algumas medidas corretivas e efetuadas algumas intervenções progressivas. Em sua visão, alguns dos imperativos que necessitam de atenção imediata de todas as partes interessadas incluem: o desenvolvimento de mentalidades de qualidade, a expansão das pegadas digitais e o desenvolvimento de habilidades e empregabilidade. Além disso, as questões de corrupção, emaranhados burocráticos que prejudicam a facilidade de negócios, a urbanização não planejada e a falta de infraestrutura nas áreas rurais devem ser também abordadas simultaneamente para que se possa obter no futuro um balanço positivo sobre a iniciativa “Fazer na Índia”.

De acordo com o autor, falta preocupação com a qualidade de produtos e serviços na Índia. Os produtos ou serviços de qualidade geralmente são reservados para uma fatia reduzida do mercado, que pode se permitir marcas de preços mais elevados, em geral produzidas no exterior. Difundir a mentalidade de qualidade é um grande desafio.

Segundo ele, será preciso investir liberalmente em intervenções holísticas, como fabricação enxuta sem desperdício, gerenciamento de qualidade total, etc. para executar processos de fabricação em sincronia com os padrões globais para que a Índia possa conseguir qualidade de classe mundial. Também será preciso expandir a rede de laboratórios de testes, organismos de certificação, empresas de treinamento, órgãos de credenciamento e programas de educação, de modo a chegar a todas as partes interessadas em todo o país. Várias organizações como o Conselho da Qualidade da Índia, a Confederação das Indústrias Indianas, a Federação das Câmaras de Comércio e

Indústrias Indianas estão envolvidas na promoção de um senso de qualidade. Porém, a intervenção nessa frente precisa de um maior impulso em termos de escala e recursos.

O professor Manoj TIWARI (2015)[41], do Instituto Indiano de Tecnologia Karagpur, afirma que, à exceção de algumas empresas, a maioria das MPMEs indianas usa ferramentas e métodos não padronizados, que afetam os padrões de qualidade dos produtos manufaturados e impedem as empresas de participarem na criação de valor global. De igual modo, não obstante as iniciativas adotadas desde 2007, no âmbito do já mencionado Programa Nacional de Competitividade de Manufatura, a maioria das MPMEs não está preocupada com a obtenção de patentes para suas inovações, o que impede a Índia de reivindicar seu potencial de inovação.

Para ser competitivo, o setor industrial indiano precisa manter o custo de produção baixo ao mesmo tempo em que alcança padrões consistentes de qualidade e segurança. Isso pode ser alcançado através de redes integradas de manufatura avançada. À medida que a base madura de consumidores indianos exige produtos competitivos em termos mundiais, as MPMEs precisam adotar padrões e práticas globais em termos de tecnologia, qualidade, *marketing* e preços, reforçando o crescimento e aproveitando as suas vantagens competitivas, tais como flexibilidade e adaptabilidade.

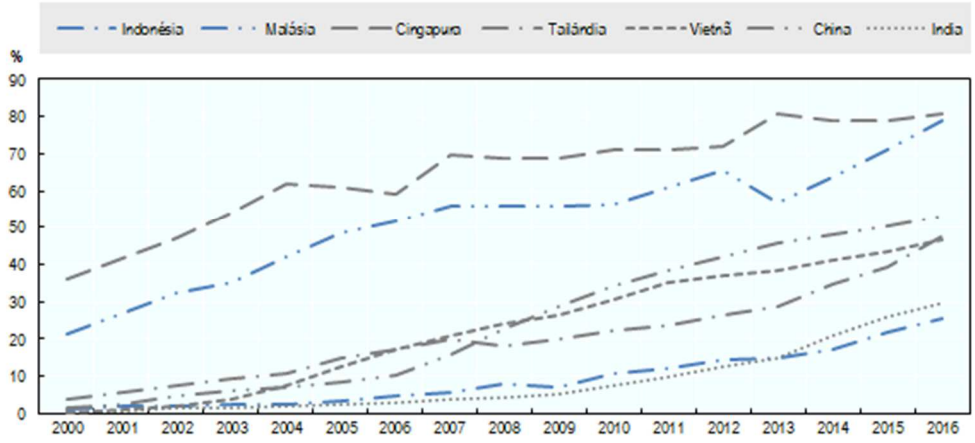
A baixa inclusão digital da população indiana é outro desafio que precisa ser superado. Como destaca JHA (2015), largos segmentos da população indiana ainda estão fora do alcance do contato digital, não obstante os esforços agressivos das empresas de telecomunicações para oferecer internet em telefones celulares comparativamente mais baratos com recursos inteligentes ou existência de centros de comunicação patrocinados pelo governo (com computadores com conexões de internet) em cada conselho de aldeia (*panchayat*). Isso ocorre porque a grande maioria da população rural indiana é analfabeta ou tem apenas alfabetização simbólica ou, na melhor das hipóteses, têm educação primária. Além disso, eles geralmente são avessos ao uso de tecnologias de informação e comunicação.

A OCDE (2018) também destaca que, não obstante o fato de a Índia ter um setor de tecnologia de informação dinâmico e ser o país asiático emergente que possui o maior número de servidores de internet segura, à frente da China e de Cingapura, a infraestrutura de telecomunicação e informação do país ainda é bastante subdesenvolvida, o que contribui para baixas taxas de uso da Internet. Em 2016, havia

[41] TIWARI, Manoj Kumar. "Requirements for and impacts of ICT based advanced manufacturing with special reference to an Indian context". *In*: MÜLLER, Bernhard; HERZOG , Otthein (org). Industry 4.0 and Urban Development: The case of India. acatech – National Academy of Science and Engineering, The acatech Materials Series, 2015, p. 43-76.

apenas 29,5% da população indiana fazendo uso da Internet. Para desencadear todo o potencial da economia digital, o governo da Índia precisa realizar esforços adicionais para aprofundar a inclusão e alfabetização financeira, para expandir a infraestrutura, incentivar acesso a velocidades rápidas a preços acessivos e desenvolver habilidades digitais para realizar a digitalização inclusiva.

Usuários de internet em % da população, 2000-2016



Extraído de OECD - *Economic Outlook for Southeast Asia, China and India 2018*: Fostering Growth through Digitalisation, Paris: OECD 2018.

A Índia ocupa um papel de destaque no mercado mundial de serviços de tecnologia de informação de alta qualidade. De acordo, com a OCDE (2018), o setor de serviços de TI da Índia atualmente é estimado em mais de USD 150 bilhões e é um importante empregador no país, com cerca de 10 milhões de funcionários. Todavia, apesar de sua reputação global, a demanda doméstica pelos serviços de TI é relativamente fraca e mais de dois terços das receitas totais da indústria de TI são provenientes das exportações. O impacto da digitalização na indústria de transformação indiana ainda é muito baixo.

Segundo o professor Tiwari (2015), com exceção dos setores automotivo, eletrônico e farmacêutico de rápido crescimento, onde, em razão da concorrência internacional, já ocorreu uma profunda penetração e utilização das ICT, o uso de ICT na indústria indiana é pouco disseminado. O recuo da Índia no índice de competitividade global entre 2010 e 2013 seria, portanto, em parte explicado pela baixa adoção das tecnologias de informação e telecomunicação pelas empresas indianas. A Índia ocupa a 121ª posição no *ranking* de 157 países em termos de utilização das ICT para o desenvolvimento.

Esse autor assinala que adoção das ICT de alto nível para fortalecer a indústria de transformação indiana é indispensável no contexto do evidente progresso da manufatura avançada. A revolução da internet e os avanços tecnológicos posteriores,

como a automação e a computação nas nuvens, abriram várias oportunidades para desenvolver os sistemas de produção da próxima geração. O poder computacional aprimorado com o aumento da automação determinará as capacidades de produção na fábrica do futuro.

Além disso, na avaliação do professor JHA, atualmente, parece haver uma concentração de pessoas qualificadas apenas em cidades metropolitanas ou nas principais cidades. O número de pessoas qualificadas é sempre menor do que os empregos disponíveis no mercado. E mesmo entre aqueles trabalhadores que são qualificados, a qualidade continua a ser uma questão importante, uma vez que apenas 5% são altamente qualificados e um 64% estão associados a um nível muito baixo de qualificação. É necessário então, ampliar a formação de mão de obra qualificada e altamente qualificada e melhor distribuí-la no território nacional. Na Índia, as baixas taxas de escolaridade e a má qualidade do sistema educacional também dificultam o desenvolvimento de habilidades e atravancam processos de inovação.

O novo fluxo de investimentos estrangeiros diretos, como resultado da campanha *Make in India* e da nova política de IDE, e a emersão da Indústria 4.0 levarão à expansão das instalações de plantas industriais modernas criando assim a necessidade de um grande grupo de pessoas qualificadas, bem superior ao disponível. Segundo Srirang JHA, os dividendos demográficos da Índia serão um recurso desperdiçado se o país não formar e treinar seus jovens atualmente sem qualificações.

O professor Tiwari (2015) também destaca a escassez de mão de obra treinada para lidar com as tecnologias habilitadas para ICT na produção industrial. Embora a Índia possua algumas das maiores empresas de *software* (e mais rápido crescimento), a força de trabalho geralmente disponível não é treinada para lidar com CAD / CAM, *software* CAE, automação de *design* e computação nas nuvens, entre outros.

Segundo esse autor, os estudantes indianos têm mostrado um desempenho excepcionalmente bom nas universidades estrangeiras com boa infraestrutura de pesquisa. No entanto, devido à falta de oportunidades e de infraestrutura adequada nas indústrias indianas, a Índia está atrasada ao reivindicar seu potencial de inovação e é incapaz de atrair um alto nível de talentos em pesquisa e desenvolvimento no setor manufatureiro.

Com propósito de superar essas deficiências e garantir o sucesso da campanha *Make in India* e o avanço da Indústria 4.0 no país, o governo da Índia adotou medidas proativas para expandir as pegadas digitais em todo o país, por meio da alfabetização digital, do empoderamento digital e do ecossistema digital, para qualificar mão de obra para

atender as necessidades da indústria, e para estimular a cultura da qualidade entre as micro e pequenas empresas.

Ciência, Tecnologia e Inovação

Na Índia, a Comissão de Planejamento e o Ministério de Ciência e Tecnologia, ao lado do Gabinete do Primeiro Ministro, eram, até o início de 2014, os órgãos responsáveis pela formulação da política de C,T&I. Com a mudança de governo em maio de 2014, a Comissão de Planejamento foi substituída por um novo órgão, o NITI Aayog e a execução do orçamento de C,T&I foi descentralizada, e os ministérios individuais, como energia, ferrovias, indústria pesada, educação, meio ambiente, eletrônicos e água, passaram a controlar mais atividades relacionadas à C,T&I do que no passado.

O Ministério de Ciência e Tecnologia opera por meio de três departamentos, que cobrem um leque amplo de atividades, incluindo capacitação institucional e de pessoal e formulação de políticas de promoção de C,T&I: o Departamento de Ciência e Tecnologia (DST), o Departamento de Pesquisa Científica e Industrial (DSIR), que apoia o P&D industrial e a transferência de tecnologia, e o Departamento de Biotecnologia, que se ocupa da política de C,T&I na área.

Na Índia, o sistema nacional de inovação é constituído principalmente por: a) um sistema de pesquisa pública; b) empresas empresariais privadas e corporações transnacionais (empresas transnacionais, tanto indianas como estrangeiras); c) instituições de ensino superior (universidades e faculdades); e d) ONGs e organizações da sociedade civil. O sistema de pesquisa pública (PRS) inclui uma série de laboratórios vinculados às agências de ciência e tecnologia do espaço, energia atômica, pesquisa industrial para agricultura etc., e laboratórios de P&D internos em grandes empresas do setor público em aço, fertilizantes, ferrovias, energia, transportes e aviação, produtos químicos, petróleo e energia, etc. O PRS é o principal ator do sistema de inovação da Índia, respondendo por entre 68% e 70% dos gastos domésticos em pesquisa e desenvolvimento durante o ano fiscal de 2011/2012.

De acordo Krishna (2016), a Índia estabeleceu um nível razoável de P&D e desenvolveu ecossistema de inovação no lançamento espacial e *design* de satélites, energia atômica, defesa, produtos farmacêuticos, *software*, redes de telecomunicações, entre outros setores. No entanto, ainda não conseguiu alcançar uma infraestrutura de classe mundial em P&D e um ecossistema de inovação para se tornar globalmente competitivo.

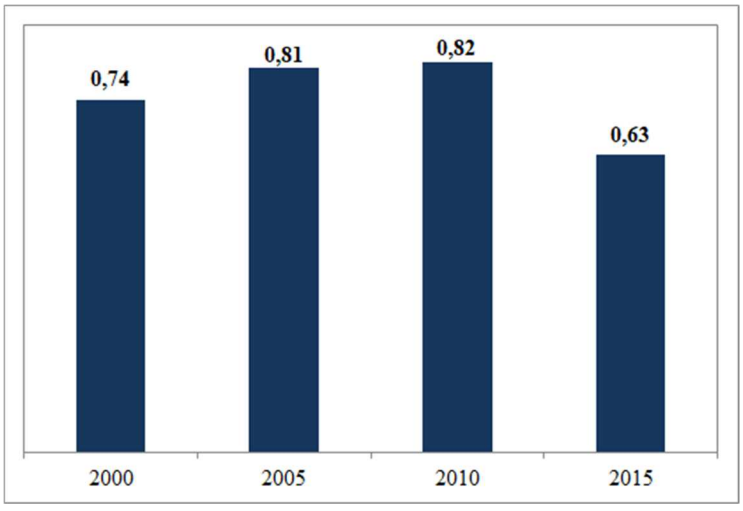
A área de energia nuclear é um exemplo de domínio no qual a Índia tem liderança tecnológica. Devido à proibição mundial que impediu o país de importar tecnologia e

materiais, mesmo para o programa civil de energia nuclear, a Índia desenvolveu sua própria tecnologia em todos os setores da produção de energia nuclear, além do ciclo do combustível nuclear e instalações auxiliares.

Segundo o governo indiano, a Índia também desenvolveu o seu próprio programa satélite denominado Sistema de Detecção Remoto (IRS) para apoiar a economia nacional nas áreas de agricultura, recursos hídricos, silvicultura e ecologia, geologia, galpões de água, pesca marinha e gestão costeira. Com o advento de satélites de alta resolução, foram desenvolvidas novas aplicações na área de expansão urbana, planejamento de infraestrutura e outras aplicações em larga escala para mapeamento. Com 12 satélites operacionais, o sistema IRS é a maior constelação de satélites de sensoriamento remoto para uso civil em operação hoje no mundo. Isso, em conjunto com a capacidade de lançamento de satélites e os empreendimentos de exploração no sistema solar mais profundo, deu ao país uma liderança reconhecida em todos os aspectos da tecnologia espacial.

Não obstante todos esses avanços tecnológicos, o gasto em P&D na Índia é baixo comparativamente ao tamanho da sua economia: apenas 0,63% do PIB em 2015. E é e bem menor do que em vários outros países asiáticos emergentes. Embora o número de pesquisadores em P&D na Índia tenha aumentado em relação à população de 110,1 por milhão de pessoas em 2000 para 215,9 milhões em 2015, o gasto bruto com P&D registrou ligeiro declínio neste período.

Índia - Gastos em P&D como % do PIB - anos selecionados



Fonte: Banco Mundial - World Development Indicators Data Base. Elaboração IEDI.

Indicadores de Ciência e Tecnologia em Países Asiáticos Emergentes Selecionados

Países/Indicadores	Gastos com P&D em % do PIB - 2015*	Exportação de Alta Tecnologia como % das Exportações de Manufaturados 2016	Pesquisadores (equivalente em tempo integral) por milhão de pessoas, 2015**	Artigos em periódicos científicos - 2013	Solicitação de Patente - 2015***		Solicitação de Marcas - 2015		Solicitação de *Design* Industrial - 2015	
					Residentes	Não residentes	Residentes	Não residentes	Residentes	Não residentes
China	2,07	25,00	455	401.435	968.252	133.612	2.658.732	169.392	551.481	17.578
Cingapura	2,20	67,40	6.658	10.659	1.469	9.345	8.453	33.564	794	3.468
Índia	***0,63***	***7,10***	***216***	***93.349***	***12.579***	***33.079***	***250.586***	***39.161***	***6.829***	***3.461***
Malásia	1,30	43,00	2.261	17.720	1.272	6.455	15.940	19.983	627	1.135
Tailândia	0,63	21,40	874	8.631	1.006	6.924	33.347	18.997	3.383	1.078
Vietnã	0,37	26,90	675	1.848	582	4.451	45.230	22.523	1.839	1.046

Fonte: Banco Mundial - World Development Indicators Data Base. Elaboração IEDI.
Notas:
* Os dados de gasto com P&D em % do PIB para Cingapura referem-se a 2014 e os do Vietnã referem-se a 2013.
**O número de pesquisadores é relativo ao ano de 2014 em Cingapura e ao ano de 2013 no caso do Vietnã.
*** Os dados de solicitação de patentes referem-se ao ano de 2014 no caso da Tailândia.

Uma grande parcela do gasto bruto com P&D do país, cerca de 68%, é atendida por fontes governamentais, enquanto 30% provêm do setor empresarial. Embora na última década o setor empresarial tenha aumentado sua participação de 18% em 2002 para quase 30% em 2012 (último dado disponível), tanto os investimentos públicos como privados em P&D não acompanharam o crescimento da economia, que quase dobrou (em termos de PIB) no período 2002-2012.

Outra debilidade relativa do sistema nacional de inovação da Índia é a sua fraca conexão internacional. Segundo a OCDE (2016), o estabelecimento de centros de P&D na Índia pelas multinacionais acelerou a integração do país no sistema mundial de P&D e inovação. Porém, embora a Índia hospede vários investidores de pesquisa e desenvolvimento corporativos de alto nível em setores de indústria automotiva, máquinas industriais de TI, o país ainda está atrasado comparativamente à China, Brasil e Rússia a esse respeito. A participação em publicação de C&T com coautoria internacional também é muito baixo, mesmo em comparação com outros BRIICS. No entanto, a Índia está a par com a mediana da OCDE, e bem à frente do Brasil, China, Rússia e África do Sul em co-patenteamento internacional.

Nos últimos anos, as universidades indianas também começaram a se abrir progressivamente ao intercâmbio internacional. Já nos institutos governamentais de pesquisa (PRIs), os intercâmbios são mais raros. Vários departamentos governamentais têm programas que facilitam a mobilidade internacional de recursos humanos.

Também desde 2007, o DST integra o Programa de Crescimento da Inovação da Índia (IIGP), em parceria público-privada com a empresa norte-americana Lockheed Martin Corporation, do qual participam o Fórum Indo-Americano de Ciência e Tecnologia, a Federação das Câmaras de Comércio e Indústria Indianas (FICCI), a Stanford Graduate

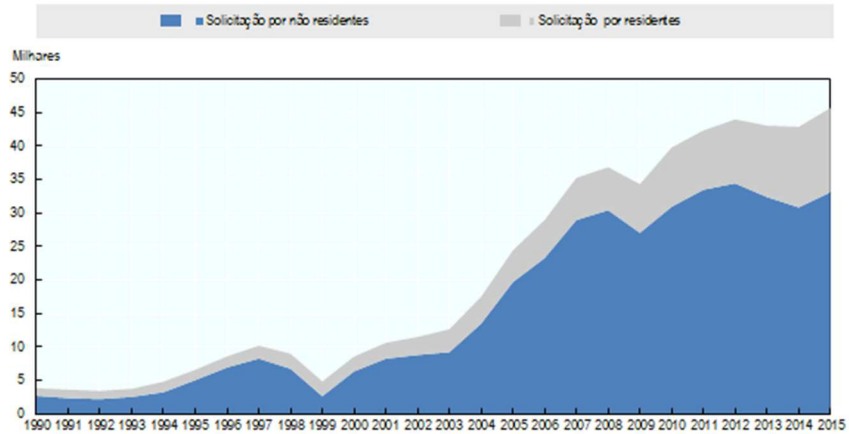
School of Business e o IC² Institute da Universidade do Texas, com vista a promover tecnologias indianas inovadoras nos mercados globais. Lançado em 2007, esse programa, que oferece aos inovadores treinamento, assessoria em desenvolvimento de negócios e prêmios, foi ampliado em 2016.

Além da adesão da Tata Trusts e da TiE Silicon Valley à parceria, o IIGP 2.0 foi renovado para abordar os desafios específicos enfrentados por inovadores e empresários em termos de dimensionamento de suas inovações. O IIGP 2.0 tem como foco as inovações com forte impacto social e inovações industriais de ponta. Também participam do IIGP 2.0, o Centro Tata de Tecnologia e *Design* do Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT), Centro de Incubação e Empreendedorismo de Inovação (CIIE) do Instituto Indiano de Gestão - Ahmadabad (IIM-A) e o Instituto Indiano de Tecnologia - Bombaim (IIT-B).

A inovação é vista como fundamental para o desenvolvimento socioeconômico da Índia. De acordo com a OCDE, por meio da estratégia nacional *Decade of Innovation 2010-2020*, o governo indiano tem procurado fortalecer as capacidades de C&T baseado em "um forte e visível sistema de ciência, pesquisa e inovação para o caminho de alta tecnologia e liderança para a Índia" (SRISHTI, na sigla em inglês). A meta dessa estratégia é elevar o gasto doméstico bruto com P&D a 2% do PIB em 2020, dobrando a contribuição das empresas privadas.

As capacidades de inovação melhoraram no passado recente. Segundo a OCDE, o número de pesquisadores em P&D aumentou mais rapidamente do que a população e os pedidos de patentes cresceram com a reforma legislativa e a participação em acordos internacionais. Todavia, o número de patentes registrados na Índia em 2015 é largamente inferior ao número de patentes registrados na China.

Solicitação de Patentes por Residentes e Não Residentes na Índia, 1990-2015



Extraído de OECD - *Economic Outlook for Southeast Asia, China and India 2018*: Fostering Growth through Digitalisation, Paris: OECD 2018.

Em 2013, a Índia lançou a sua primeira Política Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação, entrando, ainda que com uma década e meia de atraso, para o clube dos países emergentes “avançados” nessa área, como ressalta o professor Krishna. Alguns dos principais objetivos da STIP 2013 são os seguintes:

- Ampliar o papel do setor privado no sistema nacional de ciência, tecnologia e inovação mediante parcerias público-privadas (PPPs), para alcançar o objetivo de 2% do PIB em pesquisa e desenvolvimento (P&D);
- Posicionar a Índia entre os cinco principais poderes científicos mundiais até 2020;
- Para integrar a política de P&D em agricultura com o sistema nacional de P&D;
- Promover mecanismos como um "Fundo de Ideias Arriscadas" e um programa chamado “Small Idea Small Money” para capitalizar as propostas existentes do Conselho Nacional de Inovação;
- Aumentar o pessoal alocado em P&D em dois terços dentro de cinco anos;
- Elevar a participação da Índia nas publicações mundiais dos atuais 3,5% da para cerca de 7% até 2020.

Desde a posse do governo do primeiro ministro Modi, em maio de 2014, a mudança mais significativa na política de CT&I tem sido um foco na inovação e crescimento econômico que é muito mais forte do que em qualquer dos governos anteriores. Embora ainda não tenha havido um aumento significativo nos orçamentos de GERD ou de C&T, de acordo com Krishna (2016), o governo Modi gerou uma sensação considerável de otimismo para promover ciência, tecnologia e educação superior no país.

A Índia precisa dobrar sua intensidade de P&D do seu nível atual, de modo a expandir e fortalecer seu ecossistema de inovação, particularmente no setor de ensino superior e universitário. A intensidade da pesquisa e o financiamento no setor acadêmico são muito baixos em torno de 5% a 6% do gasto bruto com P&D (GERD, na sigla em inglês) em comparação com a média da OCDE e da China de 15% a 20%. Segundo a OCDE (2016), o governo Modi reconhece essa lacuna e reiterou seu compromisso de aumentar a intensidade da pesquisa no setor universitário e já começou, como mencionado, a promover inovação e empreendedorismo no setor universitário.

Também, de acordo com a OCDE (2016), para alinhar suas atividades à agenda nacional em diferentes domínios de políticas (*Make in India, Start up India, Digital India, Clean*

India, etc), o DST iniciou um programa competitivo para P&D em tecnologias de manufatura avançada, incluindo robótica e automação, nanomateriais e manufatura de precisão. Ao mesmo tempo, os projetos Pesquisa, Inovação e Tecnologia Impactantes (IMPRINT, na sigla em inglês), que foram introduzidos no âmbito do 12º Plano Quinquenal (2012-2017), com intuito de responder aos principais desafios sociais e necessidades de desenvolvimento, tais como: saúde, ICT, energia, habitat sustentável, recursos hídricos, segurança e defesa, clima e meio ambiente, foram fortemente orientam para nanotecnologia e novos materiais avançados. Adicionalmente, o DST está financiando atividade de P&D e o estabelecimento de uma plataforma tecnológica conjunta para a Missão Nacional sobre Mobilidade Elétrica para explorar o potencial de veículos elétricos e híbridos.

Além de referendar a STIP 2013, o novo governo também deu continuidade ao 12º Plano quinquenal (2012-2017), cujos objetivos na área de C,T&I incluem, segundo a OCDE: reforçar o sistema educacional indiano, estimular o investimento em C&T e promover a tradução da pesquisa básica em inovação, e em particular inovação inclusiva, ou seja inovação voltada para a resolução dos desafios sociais.

Visão da Índia em 2035

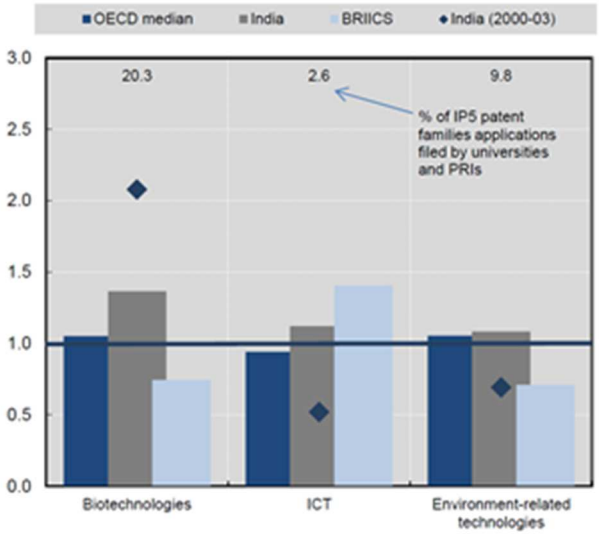
Em 2015, o governo Modi divulgou um roteiro tecnológico para a *Visão da Índia em 2035*. Esse roteiro fornece uma visão comum sobre a contribuição da C,T&I para o futuro da Índia e identifica 12 áreas temáticas: tecnologias educacionais; tecnologias de energia; meio-ambiente; alimentação e agricultura, questões de desafio global; habitat; tecnologias de informação e comunicação, infraestrutura; materiais e tecnologias de fabricação; ciências médicas e cuidados de saúde; transporte; tecnologias da água.

Na área de materiais e tecnologias de fabricação, foram identificadas as prioridades tecnológicas para oito setores industriais: vestuário e têxtil, couro, processamento de alimentos, química, metalurgia eletrônica, aparelhos eletrônicos e ICT, fabricação de compósitos, micro e nano produção. Essas tecnologias prioritárias são: a) nano-engenharia de materiais e superfícies; b) manufatura aditiva e de precisão; c) automação adaptativa; d) eletrônica de próxima geração; e) bioprodução/produção contínua; fabricação; f) produção sustentável. A adoção destas tecnologias permitiria ao setor industrial atender às necessidades domésticas da Índia, bem como exportar produtos de alto valor agregado.

Também em 2015, foi lançada em no final de dezembro de 2015, a Estratégia Nacional de Desenvolvimento da Biotecnologia (NBDS) para o período 2015-2020. Nesse campo, no qual possui tem claras vantagens tecnológicas reveladas, a Índia pretende consolidar sua forte especialização. Além de pretender transformar a Índia em um *hub* em biotecnologia, a NBDS lançou quatro missões dedicadas a saúde, alimentos e nutrição, energia limpa e educação. Serão priorizados investimentos em desenvolvimento de novos produtos biotecnológicos, infraestrutura de P&D e comercialização e no empoderamento tecnológico e científico dos recursos humanos da Índia. Em particular, a NBDS planeja a criação de uma rede nacional de desenvolvimento de tecnologia e translação transposição dos resultados do P&D para aplicações clínicas, com parceiros globais, incluindo cinco novos *clusters*, 40 incubadores de biotecnologia, 150 escritórios de transferência de tecnologia.

Vantagem Tecnológica Revelada em Domínios Selecionados

Índice baseado na Solicitação de Famílias de Patentes IP5



Extraído de OECD. Science Technology, Innovation Outlook, Country Profile, 2016; p. 8.

A Indústria 4.0 na Visão do Setor Industrial

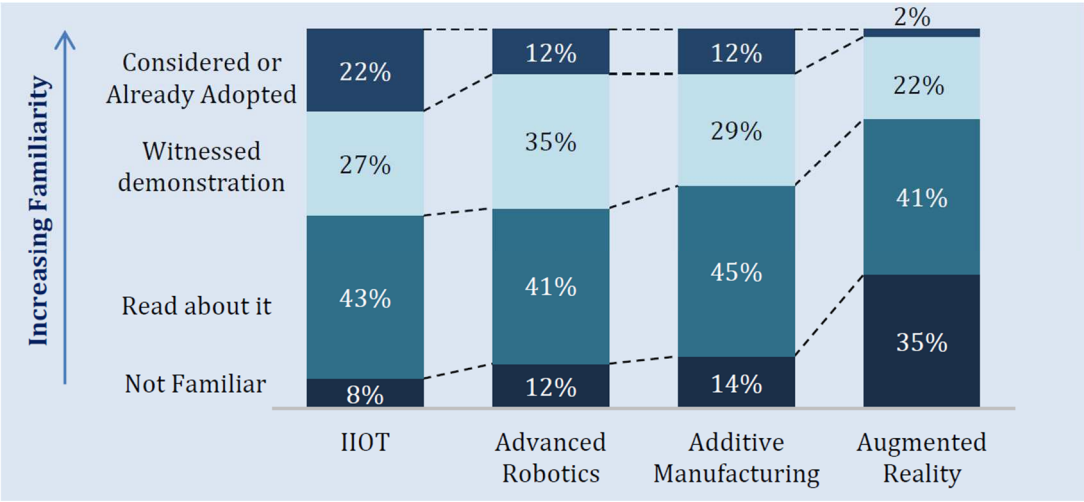
As tecnologias de manufatura avançada estão revolucionando completamente a indústria de transformação e tornando os métodos de produção tradicionais obsoletos. O conceito de manufatura avançada ou Indústria 4.0 abrange uma gama de grupos de tecnologia e tendências como manufatura aditiva (impressão 3 D), inteligência artificial, robótica avançada, realidade aumentada, computação em nuvem, internet de coisas, segurança cibernética, simulação, integração de sistemas, análises, etc. Cada uma

dessas tecnologias ou tendências tem potencial para transformar o setor industrial e possui suas próprias vantagens. As tendências como a manufatura aditiva e a robótica avançada têm maior impacto nos processos de produção, enquanto a realidade aumentada e internet industrial das coisas (IIoT) têm impacto em todos os processos de negócios.

Para avaliar a relevância das tecnologias de manufatura avançada para o setor industrial indiano e sua prontidão em adotá-las, a Federação Indiana das Câmaras de Comércio e Indústria (FICCI) e a Tata Strategic Management, a empresa de consultoria em gestão empresarial do grupo Tata, realizaram, em 2016, uma pesquisa com líderes empresariais de mais de 50 empresas de engenharia líderes na Índia. Os resultados foram publicados no relatório *Is Indian Manufacturing Ready to Adopt Advanced Manufacturing Trends*?, FICCI e Tata Strategic Management Group, 2016, que também destaca os *drivers* e as restrições para adoção das tecnologias de manufatura avançada e faz recomendações para as partes interessadas (indústria, fornecedores de tecnologia e governo).

De acordo com o estudo, mais de 85% dos entrevistados estão cientes das tendências de manufatura avançada, especialmente da internet industrial das coisas (IIoT), robótica avançada e manufatura aditiva. Em contraste, mais de 35% dos entrevistados desconhecem a aplicações industriais específicas da tecnologia de realidade aumentada. Dos entrevistados que estão cientes das tendências da manufatura avançada, metade dos entrevistados somente leu sobre elas, enquanto a outra metade experimentou uma demonstração de tecnologia ou já participou da implementação das tecnologias.

Índia – Familiaridade das Empresas Industriais com as Tendências de Manufatura Avançada



FICCI e Tata Strategic, 2016; p. 22.

Embora as vantagens das tecnologias de manufatura avançada sejam bem conhecidas, os vários tipos de empresas as percebem de forma diferente. Vários fatores, como tamanho da empresa, modelo de negócios, complexidade operacional, mercados-chave, etc., desempenham um papel importante na formação da percepção da empresa em relação às tendências de manufatura avançada.

A pesquisa revelou que quase 70% dos entrevistados consideram a melhoria da produtividade e a consistência da qualidade como a vantagem mais importante. A redução do tempo de inatividade da produção foi avaliada pelo segundo maior número de entrevistados, o que significa que a liderança empresarial indiana se preocupa em não poder usar os ativos para o seu potencial máximo.

Além da produtividade e da eficiência operacional, um número maior de empresas de engenharia pesada entrevistadas avaliou a necessidade de "atendimento mais rápido e, pela primeira vez, direto ao cliente" em relação às empresas de engenharia leve. Isso pode ser atribuído ao fato de que os clientes de empresas de engenharia pesada esperam serviços de manutenção para o produto que adquirem. Já as respostas das empresas do setor de eletrônicos indicam um foco exclusivo na capacidade de se adaptar à mudança de demanda, sendo flexível na escolha de *mix* de produtos diferentes. Este é um reflexo da mudança do cenário de demanda. Os produtos eletrônicos, como os telefones celulares, têm vida útil curta, e, portanto, os fabricantes sentem a necessidade de ter uma configuração de produção rápida.

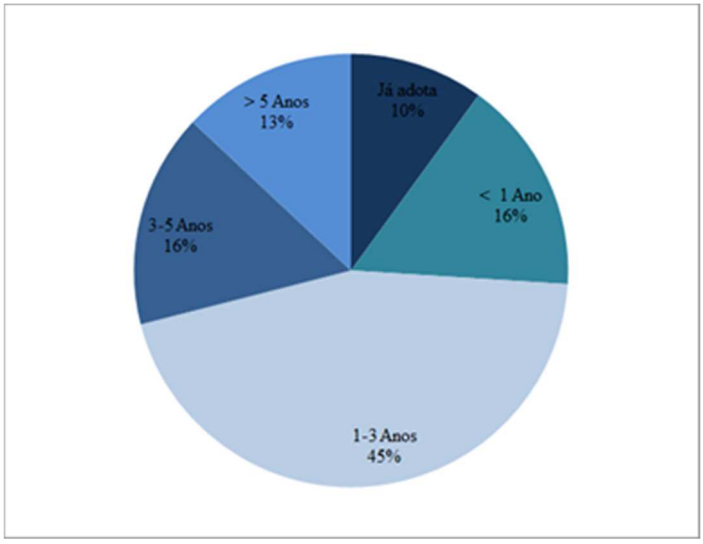
A importância atribuída à vantagem específicas da manufatura avançada também difere pelo tamanho da organização (volume de negócios anual). As empresas de médio e grande porte enfatizaram a melhora na prestação de serviço aos ativos do cliente em comparação com pequenas empresas. A eficiência operacional e a redução do tempo de inatividade foram igualmente reconhecidas como uma vantagem relativamente mais importante por parte das empresas de médio e grande porte do que pelas pequenas empresas.

A importância atribuída à vantagem específicas da manufatura avançada também difere pelo tamanho da organização (volume de negócios anual). As empresas de médio e grande porte colocaram mais em foco em melhora a prestação de serviço aos ativos do cliente em comparação com pequenas empresas. A eficiência operacional e a redução do tempo de inatividade foram igualmente reconhecidas como uma vantagem relativamente mais importante por parte das empresas de médio e grande porte do que pelas pequenas empresas. Aproximadamente 2 em cada 3 grandes empresas

consideram que as tendências de manufatura avançada são relevantes para seus negócios, em comparação com apenas 1 em cada 2 pequenas empresas. Os líderes das grandes empresas com exposição global e acesso à tecnologia costumam ter uma maior conscientização e apreciação das tendências de fabricação avançada, resultando em maior relevância para suas operações.

De acordo com o estudo, a indústria indiana já iniciou a adoção de técnicas da manufatura avançada. Atualmente, um em cada dez respondentes indicaram que já adotaram alguma das tecnologias de manufatura avançada, com destaque para a IIoT, e 60% dos entrevistados que não adotaram essas tecnologias planejam adotar o mesmo nos próximos três anos. Estima-se que cerca de 90% da indústria adotará a manufatura avançada até 2020.

Índia - Horizonte Temporal para Adoção de Tecnologias de Manufatura Avançada



FICCI e Tata Strategic, 2016; p. 23.

As grandes e médias empresas com seus maiores recursos e exposição à concorrência nos mercados globais já iniciaram a adoção das tecnologias de manufatura avançada. Segundo o estudo, cerca de uma em cada seis grandes ou médias empresas já adota tecnologia de manufatura avançada, enquanto entre as pequenas empresas tal evento é raro.

O setor de engenharia pesada mostrou uma adoção particularmente alta do IIOT. Uma das razões para uma maior adoção é que as empresas de engenharia pesada geram receita significativa de serviços pós-venda e peças sobressalentes. A IIOT as ajuda a obter informações sobre os padrões de uso, permitindo que proporcionem um suporte pós-venda mais efetivo, resultando em maiores receitas. Já no setor de engenharia leve

(que inclui a indústria de autopeças), verifica-se uma maior tendência à adoção da tecnologia de impressão 3D, já que a manufatura aditiva facilita a fabricação de produtos complexos com formas intrincadas que seriam difíceis de produzir usando processos de produção convencionais.

A maioria das empresas de propriedade familiar está familiarizada com as tendências de manufatura avançada (desconhecido para apenas 10% dos entrevistados). No entanto, eles são os mais conservadores em adoção, com quase nenhuma empresa familiar tendo considerado adotar as tendências avançadas de fabricação em suas próprias plantas industriais. Essa abordagem conservadora também se reflete no horizonte temporal para adoção. Mais de 50% das empresas familiares não planejam adotar a manufatura avançada nos próximos três anos, em comparação com as empresas indianas e estrangeiras, onde menos de um quarto não planeja adotar no prazo de três anos.

Na visão da indústria indiana, vários desafios, inclusive alguns já identificados anteriormente, prejudicam a adoção das tecnologias de manufatura avançada. Dentre esses, o estudo salienta:

- *Dificuldade em quantificar o retorno sobre o investimento (ROI).* O maior desafio que os entrevistados apontam para adoção da manufatura avançada é a dificuldade em quantificar as vantagens. Isso exigirá que as empresas indianas trabalhem com especialistas para identificar áreas de impacto e desenvolver um caso de negócios com benefícios quantificáveis.

- *Não disponibilidade de pessoal treinado.* A maioria dos entrevistados expressou preocupação com o fato de a força de trabalho atual não possui habilidades e conhecimentos necessários para trabalhar com tecnologias de manufatura avançada. Em tal cenário, torna-se essencial determinar lacunas de habilidades e atenuá-las com treinamento de especialistas.

- *Falta de compatibilidade com a configuração existente.* Várias empresas estão apreensivas com a adoção de novas tecnologias associadas às tendências de manufatura avançada devido a preocupações com a compatibilidade com sistemas existentes. As empresas temem problemas como a integração incompleta de novas tecnologias com as plataformas de *software* existentes ou a necessidade de reconfigurar o *layout* e os processos de produção. Na verdade, segundo o estudo, a tecnologia é apenas um aspecto da incompatibilidade esperada. Uma grande parte da indústria reconhece que isso é como uma mudança enorme e que o sucesso também dependerá de mudanças de cultura organizacional.

- *Limitação de tecnologias de manufatura avançada.* Como qualquer tecnologia emergente, as tecnologias de fabricação avançadas têm sua parcela de limitações tecnológicas. Os entrevistados sentem que essas limitações criam uma barreira para adoção, isto é, as tecnologias atuais para a fabricação de aditivos não são adequadas para geometrias grandes, têm uma escolha limitada de material e levam mais tempo para produzir (em comparação com tecnologias tradicionais para tamanhos grandes). As dúvidas sobre se essas tecnologias serão viáveis na substituição de processos de produção existentes e preocupações com a segurança de dados são obstáculos adicionais para a adoção dessas tendências.

O estudo da FICCI/Tata Strategic ressalta que adoção das tecnologias de manufatura avançada pelas empresas industriais indianas é fundamental para tornar a produção industrial indiana competitiva a nível mundial. Nesta jornada de atualização tecnológica e de profunda mudança nos processos e métodos de produção, a indústria enfrenta muitos obstáculos. Para superá-los, são necessários esforços das várias partes interessadas: indústria, fornecedores de tecnologia, órgãos da indústria e governo. Entre os imperativos e recomendações apontados, destacam-se:

- *Avaliação comparativa externa*. A indústria indiana deve se comparar com os líderes mundiais em manufatura avançada, de modo a identificar todas as áreas possíveis de benefícios comprovados. No entanto, as empresas precisam ter cuidado ao avaliar essas tendências e tecnologias associadas. As empresas precisam quantificar o impacto provável da adoção de cada uma das tendências de manufatura avançada em seus negócios, criando um caso de negócios robusto baseado em pareceres especializados e dados de qualidade.

- *Abordagem colaborativa para impulsionar a adoção da manufatura avançada*. Os grupos líderes da indústria e as empresas ricas em recursos definitivamente têm uma vantagem em avançar mais rapidamente para adotar as tendências de manufatura avançada. Já os atores de pequena e média dimensão precisam adotar uma abordagem colaborativa para impulsionar uma adoção mais rápida, por exemplo, a manufatura aditiva não é, em muitos casos, viável para uma pequena fábrica em razão do alto custo fixo associado à uma impressora 3D. Nesses cenários, modelos de negócios inovadores como *pool* de demanda em empresas podem melhorar a utilização de ativos. Também estão surgindo novos modelos de negócios que consistem agências de terceiros que fornecem o serviço ou infraestrutura em uma base de "pagamento por uso". Como parte do seu programa *Start-up India*, o governo está patrocinando a criar tais instalações

e infraestruturas comuns para empresas em fase de arranque com recursos limitados.

- *Força de trabalho do futuro*. A falta de disponibilidade de pessoal capacitado tornou-se um dos desafios importantes para a adoção das tecnologias de manufatura avançada. Para que o setor industrial indiano adote essas tendências no médio prazo é fundamental preparar força de trabalho do futuro. A força de trabalho precisa ser altamente qualificada por meio de várias intervenções, desde seminários de orientação até demonstração de tecnologia e treinamento. As plataformas de aprendizado eletrônico devem ser alavancadas para garantir uma aprendizagem interativa e efetiva com um custo mínimo. A força de trabalho, especialmente a gerência média, deve ser encorajada a experimentar tecnologias de novas idades para inovar e revisar os processos de fabricação existentes. A fim de construir o futuro capital humano preparado, o governo precisa incorporar aspectos da manufatura avançada em suas várias iniciativas de qualificação profissional em âmbito nacional e local.

- *Conexão entre indústria e academia*. A natureza débil das conexões entre a indústria e as universidades academia sempre foi um importante obstáculo para o desenvolvimento da indústria indiana, mesmo no contexto tradicional. Embora a manufatura avançada atenda agora a uma crescente gama de requisitos de engenharia, existem várias limitações que impedem a adoção ampla de avançados. A impressão 3D permanece inviável ou indisponível para grandes geometrias, enquanto a realidade aumentada tem limitações na colocação precisa de imagens virtuais em uma superfície física. Os fornecedores de tecnologia poderiam se unir com institutos acadêmicos e de pesquisa para o desenvolvimento de novas tecnologias para enfrentar os desafios atuais. Ao mesmo tempo, para impulsionar a inovação na indústria indiana, o governo poderia criar um consórcio de institutos similares à Rede Nacional de Inovação de Manufatura (NNMI) nos EUA ou Institutos Fraunhofer na Alemanha. Esses institutos podem atuar como centro de excelência, onde partes interessadas como indústria, provedores de tecnologia e academia podem trabalhar em conjunto para promover o desenvolvimento de tecnologias de fabricação avançadas indígenas. Esses institutos também podem ajudar na padronização da indústria, permitindo uma integração mais rápida.

- *Ecossistema de integradores*. A compatibilidade das tecnologias mais recentes com os sistemas existentes é uma das principais preocupações do setor industrial tanto na Índia como em outros países. Não obstante os esforços dos

provedores de tecnologia para garantir uma ampla aceitação de suas tecnologias, muitas vezes a integração continua sendo o problema. Os provedores dessas tecnologias precisam criar um ecossistema de integradores de sistemas para desenvolver soluções baseadas em aplicativos personalizados para a indústria. Já o governo poderia criar esquemas específicos para atrair provedores de tecnologia de manufatura avançada para Índia, o que reduziria o custo de adoção para a indústria.

4.10. América Latina entre riscos e oportunidades da Indústria 4.0[42]

Introdução

A Indústria 4.0 se caracteriza por integração físico-virtual possibilitada pelos avanços tanto em tecnologias de operação, responsáveis por maior automação e robotização dos processos produtivos, como tecnologias de informação, incluindo Internet das Coisas, análise de Big Data e sistemas de inteligência artificial. Seus impactos têm se traduzido em transformações dos modelos manufatureiros tradicionais, desde robotização nas fábricas até processos mais complexos e autônomos ao longo da cadeia de valor.

Contudo, ainda permanecem muitas incertezas acerca desse fenômeno, sua evolução e seus desdobramentos sobre os diferentes países. Este capítulo trata dos desafios a serem enfrentados pela América Latina a partir do trabalho "La política industrial 4.0 en América Latina", de autoria de Mario Castillo, Nicolo Gligo e Sebastián Rovira e que integra a publicação "Políticas industriales y tecnológicas en América Latina" da Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (CEPAL).

Na América Latina, a adoção das tecnologias subjacentes à Indústria 4.0 se apresenta em fase incipiente, correndo-se inclusive o risco de se ampliar o diferencial tecnológico em relação aos países avançados nos próximos anos. Os principais países da região ainda não alcançaram as capacidades mínimas em cinco tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0, a saber, conectividade, infraestrutura de armazenamento de dados, computação em nuvem, análise de Big Data e Internet das Coisas.

O atraso tecnológico na América Latina se reflete em um baixo nível de digitalização dos setores industriais, apesar do elevado potencial de mudança estrutural oferecido pela Indústria 4.0. Para isso se concretizar, entretanto, requer-se ampla melhoria na qualidade do sistema educacional dos países para ofertar mão de obra qualificada, de forma que educação e capacitação, por um lado, e mudança estrutural da base tecnológica, por outro, caminhem juntas.

Cabe, portanto, avançar em uma política industrial 4.0 que, sob incerteza tecnológica, seja mais flexível e inovadora. Os pesquisadores da Cepal recomendam desenhos de

[42] Trabalho divulgado como Análise IEDI em 14/03/2018. Disponível em: https://iedi.org.br/artigos/top/analise/analise_iedi_2018_industria.html

política industrial que contemplem tanto a transferência e catching-up tecnológico como também o desenvolvimento de inovações em setores estratégicos, atentando-se às distintas realidades dos países.

A Indústria 4.0 em nível internacional

A análise da Indústria 4.0 em nível internacional envolve cinco dimensões: (i) o impacto econômico da Indústria 4.0; (ii) a velocidade da mudança tecnológica; (iii) os desafios para o desenvolvimento da Indústria 4.0; (iv) a liderança da Indústria 4.0; e (v) a relação entre automação e desemprego.

Os avanços de cada uma das tecnologias associadas à Indústria 4.0, bem como a interação entre elas, produzem mudanças disruptivas nos processos produtivos, com impactos diretos em termos de produtividade, custos e emprego. Também possibilitam maior flexibilidade na produção e surgimento de novos produtos, serviços e modelos de negócios. Há diversas estimativas de empresas de consultoria sobre esses impactos, apontando para importantes ganhos de produtividade e redução de custos de produção, sobretudo em países como Alemanha, mas também Estados Unidos e Japão, a partir da implementação das tecnologias digitais nos processos produtivos.

A inter-relação entre as novas tecnologias, característica da Indústria 4.0, facilita sua rápida difusão, cuja evolução cresce a taxas exponenciais e mais rapidamente que ondas tecnológicas anteriores. As projeções indicam que a consolidação da quarta revolução industrial ocorrerá em torno de uma década. Cinco fatores, considerados chaves para a consolidação da Indústria 4.0, têm apresentado evolução positiva. São eles: (i) maior viabilidade técnica das soluções tecnológicas para automação interativa de processos, atividades e tarefas; (ii) menores custos econômicos das plataformas e soluções de *hardware* e *software*; (iii) melhora na rentabilidade econômica de alternativas de automação como consequência de restrições de oferta e maiores custos trabalhistas; (iv) obtenção de benefícios econômicos associados a uma maior eficiência, melhor qualidade e redução de custos; e (v) contexto regulatório favorável.

Há, no entanto, elementos que ainda se apresentam como desafios bastante relevantes ao desenvolvimento da Indústria 4.0. Destacam-se quatro: (i) definição de padrões de comunicação e garantia de segurança das redes frente à transmissão de dados e interoperabilidade entre sistemas; (ii) capacidade analítica de elevado volume de dados, por meio de algoritmos, aplicações e soluções que permitam analisar e administrar os dados coletados por milhares de sensores conectados a máquinas e sistemas; (iii)

infraestrutura das redes de comunicação dentro das empresas e das empresas com o ambiente externo, melhorando as condições de conexão e acesso em termos de largura de banda, velocidade e latência; e (iv) disponibilidade de recursos humanos qualificados, com conhecimentos específicos para desenvolvimento, implementação e uso das novas tecnologias digitais.

A Indústria 4.0 tem sido liderada por consórcios de empresas internacionais especializadas em automação industrial, *hardware* e *software*, e seu desenvolvimento tem se concentrado em países que apresentam um ecossistema digital sofisticado e fortes alianças público-privadas. Encabeçam o desenvolvimento das novas tecnologias Estados Unidos, Alemanha, Japão e China, nos quais há importantes iniciativas de políticas públicas relacionadas à Indústria 4.0.

Em diversas economias avançadas, observa-se clara redução de empregos industriais, tendência que deve se acentuar com o rápido desenvolvimento das tecnologias associadas à Indústria 4.0. Com a queda dos custos de processamento e armazenamento computacional e o extraordinário avanço alcançado pelas tecnologias de inteligência artificial e robótica, é crescente a automação de tarefas cognitivas antes realizadas apenas por pessoal qualificado. Os impactos negativos da automação sobre o mercado de trabalho em termos da quantidade de empregos, sobretudo rotineiros, já são esperados. Ao mesmo tempo, contudo, argumenta-se que as inovações têm o potencial de aumentar a produtividade e promover a criação de novos postos de trabalho com características distintas às das ocupações tradicionais, de modo que novas habilidades profissionais para manejar e administrar as novas tecnologias sejam requeridas.

A Indústria 4.0 na América Latina

A Indústria 4.0 nos países latino-americanos se encontra em fase incipiente. Ainda é baixa a adoção de tecnologias digitais nos processos produtivos. As atividades digitais na região estão mais associadas ao consumo – por meio do uso da Internet para jogos, redes sociais e comércio eletrônico – do que à produção, cuja automação é baixa. Coloca-se inclusive o risco de que o diferencial tecnológico entre países latino-americanos e países avançados se amplie nos próximos anos, uma vez que os países da região não alcançaram, simultaneamente, as capacidades mínimas requeridas por cinco das principais tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0. Tais tecnologias incluem: conectividade, infraestrutura de armazenamento de dados, computação em nuvem, análise de *Big Data* e Internet das Coisas. A velocidade de conexão e a densidade de

sensores e robôs na região, por exemplo, encontram-se bastante aquém do observado em países avançados.

Este atraso tecnológico se traduz em baixo nível de digitalização dos setores industriais na América Latina. A Indústria 4.0 apresenta, todavia, elevado potencial de mudança estrutural dos setores. Seu uso por parte de empresas na região, embora limitado, encontra-se em setores, tais como a indústria automotiva no México e no Brasil, a indústria florestal e extrativa mineral no Chile, a agroindústria na Argentina, além dos setores de energia elétrica, comércio varejista e serviços de logística em diversos países. A região também carece de mais iniciativas públicas relacionadas à implementação e difusão da Indústria 4.0.

A Indústria 4.0, aliás, consiste em importante aliado para enfrentar os desafios de produtividade e competitividade das economias da região, considerando a necessidade de diversificação produtiva, a crescente urbanização e o envelhecimento da população. Identifica-se, porém, a baixa qualidade do sistema educacional como principal obstáculo para que a região se adapte às mudanças tecnológicas. Há fortes restrições de oferta de recursos humanos qualificados e, portanto, a necessidade de formação de trabalhadores adaptados às novas demandas tecnológicas. É necessário que, em paralelo à maior oferta de trabalhadores com nível educacional mais elevado, também ocorra um incremento das atividades que demandem essas capacidades. Logo, educação e capacitação, por um lado, e mudança estrutural da base tecnológica, por outro, devem caminhar juntas para que se produzam efeitos significativos sobre a economia.

A Política Industrial

Neste contexto, cabe se perguntar sobre qual o melhor momento de intervir com uma política industrial 4.0. Ao se esperar para apoiar a transferência tecnológica somente de inovações consolidadas, pode-se perder as vantagens associadas ao líder de uma determinada tecnologia e mesmo ampliar o atraso tecnológico em relação aos países desenvolvidos e demais competidores. Por outro lado, ao se fomentar a rápida adoção de novas tecnologias, pode-se incorrer no risco e nos custos de promover tecnologias que não se transformem na trajetória tecnológica dominante. Sob incerteza tecnológica, cabe avançar em uma política industrial 4.0 mais flexível e inovadora, preparando as empresas para avaliar as tecnologias, fazer bom uso delas, inserir-se na discussão mundial e acelerar os processos de difusão e adoção de novas tecnologias.

Também cabe se perguntar sobre o enfoque da política industrial, se concentrado em esforços para se adotar as tecnologias estrangeiras ou para aproveitar as oportunidades abertas pelas novas tecnologias e pular esta etapa promovendo o desenvolvimento de tecnologias próprias. Esta última possibilidade depende das características dos países, setores, empresas e tecnologias em um contexto de trajetória tecnológica ainda incerto. Vale ressaltar que as diferenças entre países e entre setores de um mesmo país na América Latina são grandes em relação à adoção das tecnologias da Indústria 4.0. Recomenda-se, portanto, desenhar uma política de apoio que contemple tanto a transferência e *catching-up* tecnológico como também mecanismos para desenvolver inovações em setores estratégicos, atentando-se às distintas realidades dos países da região.

Para o desenho de política, é importante distinguir três categorias de empresas que participam da Indústria 4.0:

(1) Pelo lado da oferta, encontram-se as empresas provedoras de automação industrial, sobretudo estrangeiras, com elevada taxa de inovação de produtos, embora com incerteza acerca dos padrões de desenho dominantes.

(2) Pelo lado da demanda, estão as empresas industriais locais usuárias que se aproveitam das novas aplicações tecnológicas para melhorar processos e sua operação na cadeia de valor.

(3) Pelo lado da infraestrutura, identificam-se empresas locais e estrangeiras de *hardware*, *software* e redes de comunicação que oferecem as plataformas de integração de sistemas e comunicação.

A participação de empresas latino-americanas em consórcios internacionais referentes a temas da Indústria 4.0, como segurança e interoperabilidade, assim como a construção de espaços de colaboração público-privados na região com o objetivo de promover inovações industriais por meio da interação entre empresas provedoras e usuárias de tecnologias se configuram em importantes iniciativas de política.

Proposta de Política Industrial 4.0

Os impactos de uma política industrial 4.0, notadamente sobre produtividade, diversificação produtiva e sustentabilidade ambiental, dependerão de seu desenho,

alcance e implementação, bem como da evolução e maturidade de cada componente do ecossistema – leia-se, cadeia de valor – da Indústria 4.0. Tal ecossistema é constituído por três componentes principais, a saber, infraestrutura, plataformas e usuários, cujo grau de desenvolvimento determinará o tipo de políticas públicas necessárias em cada país.

A infraestrutura fornece as bases para a conectividade local e internacional a partir de redes de banda larga. As plataformas da Indústria 4.0 abrangem indústrias e serviços, como eletrônica, *software* e análise de *Big Data*, que permitem a implementação das aplicações digitais em âmbito industrial. Os usuários se referem às empresas e comunidades que, mediante sua demanda por serviços e aplicações, definirão o grau de absorção das tecnologias digitais. Permeia esse ecossistema da Indústria 4.0 a base institucional da economia, isto é, fatores comuns a distintos mercados e atividades. Diante disso, os investimentos na Indústria 4.0 terão impacto maior na medida em que sejam acompanhados por políticas que assegurem o desenvolvimento de fatores institucionais complementares, por exemplo, nas esferas macroeconômica, de recursos humanos e de inovação.

As propostas de política industrial devem atuar sobre fatores críticos à implementação do ecossistema da Indústria 4.0, reunidos em três dimensões principais. São elas:

- inserção tecnológica internacional: conectar a região às redes tecnológicas internacionais e transferir aos países conhecimentos e capacidades tecnológicas em novas áreas

- infraestrutura e regulação: elevar os níveis de investimento em infraestrutura, particularmente em banda larga fixa e móvel de alta velocidade, que permita a conectividade e transferência de dados no montante e na velocidade requeridos pela Indústria 4.0 ao mesmo tempo em que se avance na garantia de marcos regulatórios e segurança para as redes virtuais

- políticas de oferta e demanda: coordenar as políticas para fortalecer capacidades tecnológicas e promover inovações digitais nos setores produtivos por meio de um conjunto de instrumentos governamentais de apoio, dentre os quais se destacam linhas de financiamento e aportes de capital às novas empresas, fomento à inovação tecnológica, estabelecimento de centros de pesquisa e execução de programas de compras públicas.

Por fim, dado o atraso tecnológico e a elevada heterogeneidade digital entre os países latino-americanos, torna-se imprescindível uma maior cooperação e coordenação

regional. Uma iniciativa inédita na região para abordar este desafio consiste na agenda digital para a América Latina e o Caribe (eLAC 2018), que fomenta o uso de tecnologias digitais como instrumentos para o desenvolvimento sustentável. Aos fatores críticos ao desenvolvimento da Indústria 4.0 na América Latina, relacionados a questões de infraestrutura, capacidades tecnológicas e governança, cabem respostas conjuntas e articuladas em âmbito regional, envolvendo todas as partes interessadas na Indústria 4.0, como governo, setor privado e academia.

PARTE 5 - TEMAS ESPECÍFICOS

5.1. Indústria 4.0 e Emprego: crescimento inclusivo em meio à robotização[43]

Introdução

Ainda são muitas as dúvidas acerca dos impactos da revolução digital, particularmente da robotização, sobre as formas de organização industrial, o crescimento econômico inclusivo, os ganhos de produtividade, a geração, destruição ou transformação de empregos, entre outros temas. Apontar possíveis desdobramentos da robotização, parte integrante da revolução digital em curso, é tema do capítulo III, "*Robots, industrialization and inclusive growth*", do "*Trade and Development Report 2017*", da *United Nations Conference on Trade and Development* (UNCTAD).

A discussão realizada neste capítulo tem como pano de fundo a preocupação com o desenvolvimento econômico, ao questionar se o maior uso de robôs reduziria a importância da indústria na estratégia de desenvolvimento. Este seria o caso se a crescente automação industrial baseada em robôs dificultasse a industrialização ou resultasse em substancial perda de empregos industriais. Insere-se tal questão em um contexto mais amplo, avaliando potenciais impactos – e alguns efeitos já observados – do uso dos robôs nas trajetórias de desenvolvimento dos países.

Distribuição dos efeitos da mudança tecnológica baseada na robotização

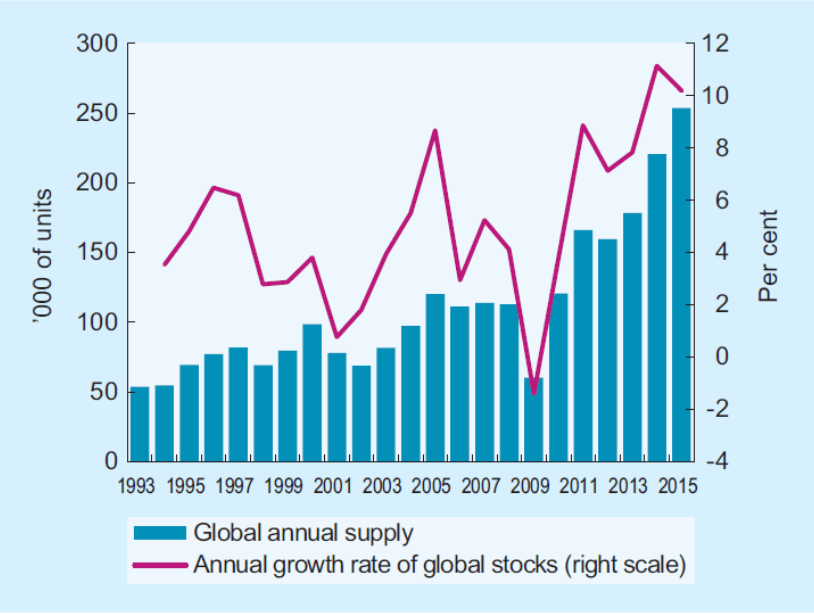
Todo conjunto de novas tecnologias disruptivas que marcaram as revoluções industriais precedentes, desde a máquina a vapor até a eletricidade, o automóvel e a linha de produção, resultou em perda de empregos e rendas menores para alguns setores e segmentos da sociedade, ao menos no curto prazo. Todavia, no longo prazo, os frutos das inovações se difundiram e os benefícios das novas tecnologias mais do que compensaram seus custos. Diversos estudos atualmente se indagam a respeito dos efeitos da nova revolução digital, particularmente sobre os processos produtivos, decorrentes da crescente robotização.

[43] Trabalho divulgado como Análise IEDI em 15/02/2018. Disponível em: https://iedi.org.br/artigos/top/analise/analise_iedi_20180215_industria.html

O debate apresenta diferentes visões sobre o fenômeno e seus possíveis desdobramentos. Alguns especialistas acreditam que os ganhos de produtividade associados à robotização serão logo difundidos. Outros, mais pessimistas, argumentam que os avanços em inteligência artificial e robótica desta revolução tecnológica, que permitem a substituição em ritmo acelerado de tarefas não apenas manuais e rotineiras, mas também cognitivas, implicam uma perda de empregos maior do que a criação de novos empregos ao longo do tempo. Mais do que isso, aponta-se o risco de perda de empregos de qualidade. Neste cenário, o crescimento de produtividade apenas beneficiaria os proprietários dos robôs e da propriedade intelectual envolvida bem como trabalhadores altamente especializados em atividades complementares à inteligência artificial, enquanto os demais seriam forçados a empregos precários e de menor qualificação.

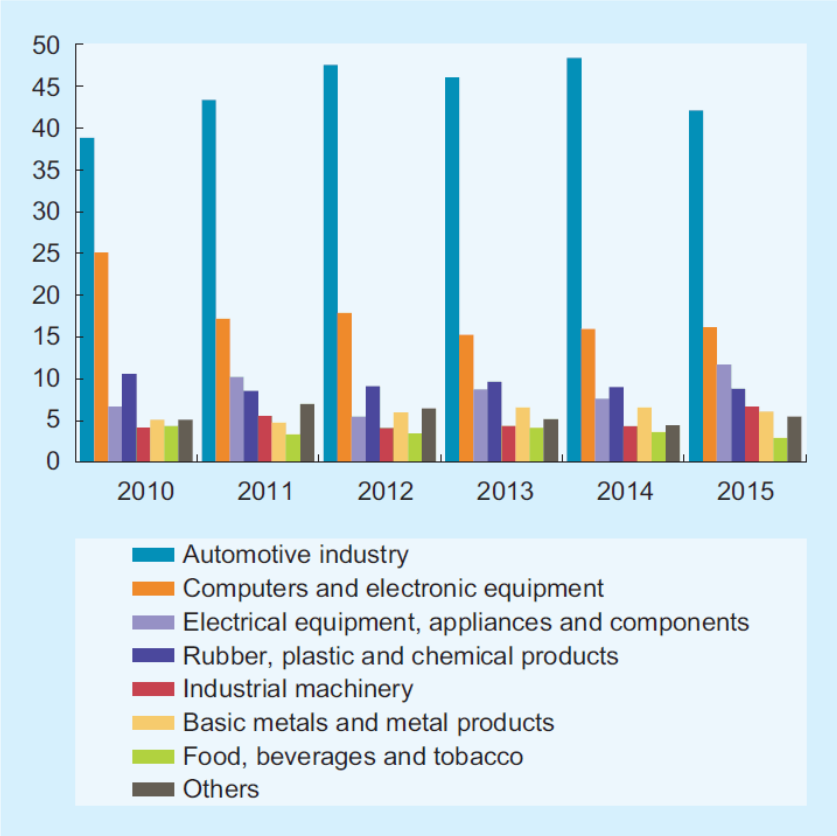
Os robôs, em geral, ainda apresentam dificuldades em executar tarefas mais abstratas ou criativas. Do ponto de vista técnico, tendem a desempenhar atividades rotineiras com maior facilidade, o que colocaria em risco os empregos de tal natureza. Entretanto, uma questão a se considerar acerca da substituição de trabalho por capital refere-se ao fato de que o que é tecnicamente viável apenas se concretizará se também apresentar benefícios econômicos. Em outras palavras, é preciso comparar os custos da automação com os custos da mão de obra nas atividades mais rotineiras em que os robôs podem operar.

Robôs industriais: instalação anual global e crescimento anual do estoque global estimado – 1993-2015



Source: UNCTAD secretariat calculations, based on the IFR database.

Robôs Industriais: instalação anual global por setor da indústria de transformação – 2010-2015 (% do total de robôs da indústria de transformação)



Source: UNCTAD secretariat calculations, based on the IFR database.

O setor automotivo é o que apresenta maior potencial para utilização de robôs, uma vez que combina elevada viabilidade tanto técnica como econômica para automação de suas atividades rotineiras. Outros setores manufatureiros, como o de eletrônicos, também poderiam apresentar tal viabilidade. Já setores com custos de mão de obra menores, como o de vestuário, poderiam permanecer menos robotizados, ainda que suas atividades fossem, em grande medida, rotineiras e passíveis de robotização. Logo, a implementação de robôs no processo produtivo varia conforme o setor, o que implica que a distribuição dos efeitos do uso de robôs dependerá da composição estrutural de cada economia.

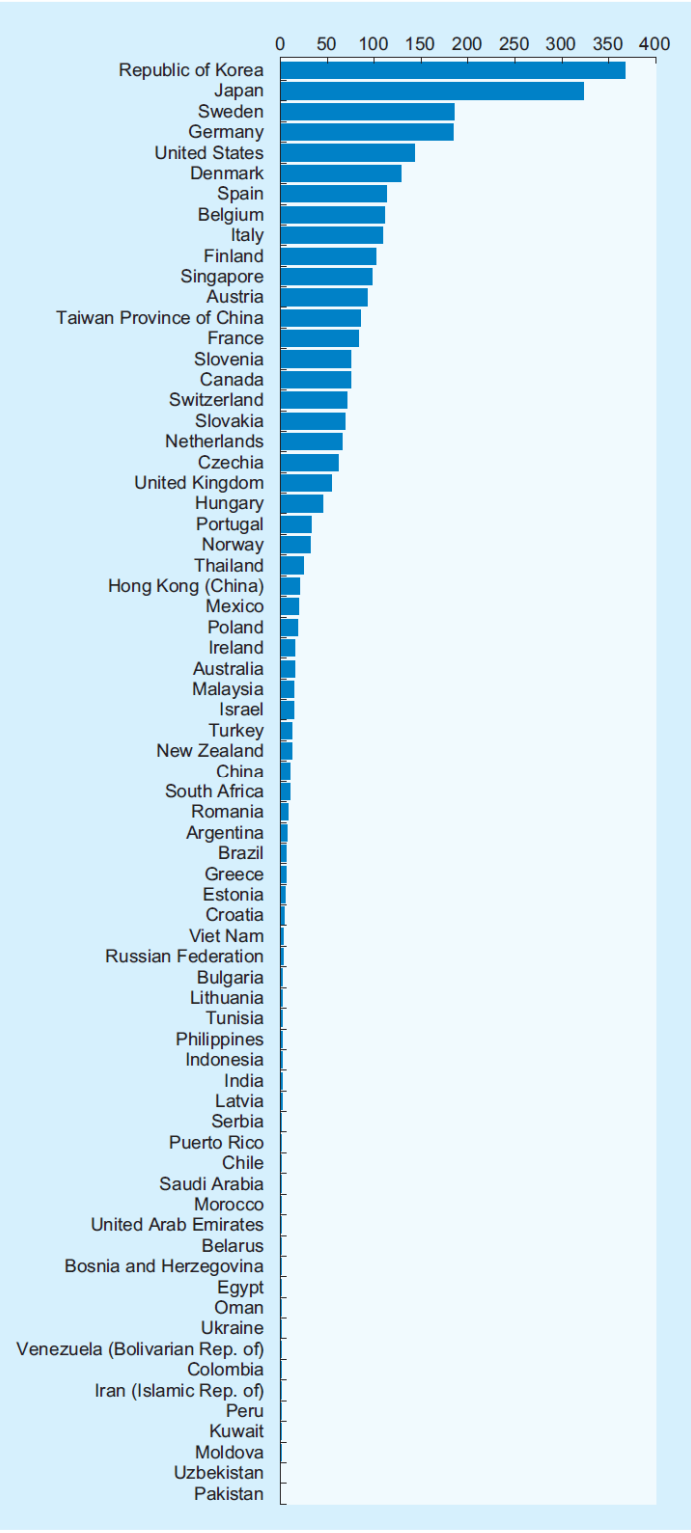
Industrialização e divisão internacional do trabalho

O processo de industrialização tem apresentado caráter assimétrico ao redor do mundo nas últimas décadas. O aumento de atividades industriais, refletidas em maior produto e emprego industrial na economia como um todo, tem se concentrado no Leste Asiático, sobretudo na China. Em contrapartida, em outras economias em desenvolvimento, observa-se um processo de estagnação da industrialização ou mesmo de desindustrialização prematura, como na América Latina e na África.

A questão, portanto, que se coloca é quais os desdobramentos que a robótica ocasionará. Se o uso de robôs se concentrar naqueles países em que as atividades industriais também passaram a se concentrar, então os ganhos de produtividade e competitividade internacional associados à robotização lhes permitirão evitar um declínio, ou mesmo ampliar, suas próprias atividades industriais. Em decorrência disso, outros países encontrarão dificuldades em se mover ao longo do tradicional caminho de industrialização. Nestes países, a geração de empregos industriais tenderá a se limitar àqueles setores em que o uso de robôs tenha permanecido restringido por razões técnicas ou econômicas.

Segundo os autores do estudo, apesar do relativo exagero sobre o potencial da automação baseada em robôs, o uso atual de robôs industriais ainda permanece pequeno globalmente. Em 2015, o total estimado era de apenas 1,6 milhão de unidades. No entanto, seu uso tem crescido rapidamente desde 2010, e estima-se que deva exceder 2,5 milhões de unidades em 2019. A grande maioria dos robôs industriais em operação está localizada em economias desenvolvidas, que responderam por 60% do estoque total em 2015, com Alemanha, Japão e Estados Unidos somando 43%.

Densidade estimada da robotização na indústria de transformação – 2014 (robôs industriais por 10 mil empregados)



Source: UNCTAD secretariat calculations, based on the IFR database; and Wood, 2017.

Note: The figure shows data for all those 70 economies for which data are available.

Cabe ressaltar o rápido crescimento recente no uso de robôs industriais em economias em desenvolvimento, notadamente na China. Entre 2010 e 2015, o estoque de robôs industriais na China quadruplicou e, em 2015, sua parcela no estoque global (15,7%) já superava a de Alemanha (11,2%) e a dos Estados Unidos (14,4%), permanecendo apenas um pouco inferior à do Japão (17,6%). A participação das demais economias em desenvolvimento não localizadas no Leste Asiático era muito baixa. Na América Latina e Caribe, por exemplo, totalizava apenas 2%.

O uso de robôs industriais não é somente concentrado em alguns países, mas também em alguns setores. A indústria automotiva respondeu por 40% a 45% do uso anual de robôs entre 2010 e 2015, seguida pelos setores de computadores e equipamentos eletrônicos (cerca de 15%), equipamentos elétricos, eletrodomésticos e componentes (entre 5% e 10%), além do grupo de produtos químicos, de plástico e de borracha, e do setor de máquinas industriais.

A ampla base industrial chinesa é, em parte, responsável pela elevada parcela do país no estoque global de robôs industriais. Todavia, a densidade de robôs, isto é, o número de robôs industriais por empregado na indústria, é maior em países desenvolvidos e antigos países em desenvolvimento que agora se encontram em estágios mais maduros de industrialização, como a Coreia do Sul. Conforme este indicador, as economias em desenvolvimento melhor classificadas são Tailândia (25ª posição), México (27ª posição), Malásia (31ª posição) e China (35ª posição).

A concentração de robôs em setores como o automotivo e o de eletrônicos sugere que a automação baseada na robotização não tem afetado, até o momento, os estágios iniciais de industrialização, isto é, atividades manufatureiras intensivas em trabalho e baseadas nas tradicionais vantagens de custo da mão de obra. Em contrapartida, tem dificultado o *upgrading* industrial posterior. Logo, os países desenvolvidos e em desenvolvimento com ampla base industrial estão mais expostos à automação com uso de robôs do que os países menos desenvolvidos. Argumentam os autores do estudo que, ao mesmo tempo em que isso não invalida o papel tradicional desempenhado pela industrialização enquanto estratégia de desenvolvimento para países de mais baixa renda, limita o escopo destes países, assentados em setores industriais menos dinâmicos e de menores salários, na trajetória de *catching-up* da produtividade e da renda *per capita* com países mais avançados, sobretudo em um contexto de arrefecimento da demanda global.

Cabe destacar que, mesmo nos países em que o uso de robôs é limitado, isto é, em que prevalecem setores industriais intensivos em trabalho e de baixos salários, as

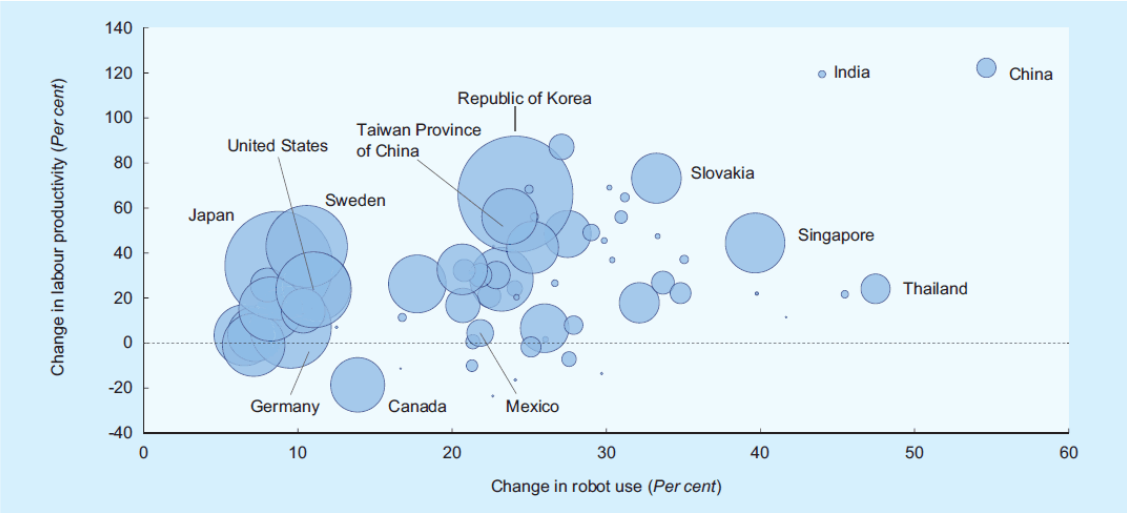
oportunidades de emprego e renda podem ser impactadas com o retorno das atividades industriais para países desenvolvidos. Tal movimento, quando ocorre, tem sido acompanhado predominantemente por investimentos intensivos em capital, sendo a pouca geração de emprego resultante desse processo concentrada em atividades altamente especializadas, perfil este bastante distinto das atividades intensivas em trabalho outrora externalizadas para economias menos desenvolvidas.

Produtividade e emprego em nível nacional

A utilização de robôs na produção está associada com o crescimento da produtividade do trabalho. Essa correlação positiva é observada tanto em países com maior densidade de robôs, a exemplo de Alemanha, Japão, Coreia do Sul e Estados Unidos, como em países com densidade modesta, porém com crescentes estoques de robôs, a exemplo de China e Taiwan.

Há também indícios de uma correlação positiva entre maior utilização de robôs na produção e maior participação da indústria no valor adicionado total da economia. Essa relação é mais significativa para as economias cuja densidade de robôs é relativamente maior do que para as economias cuja densidade é pequena. Vale ressaltar, porém, que muitos países em que a utilização de robôs industriais é baixa experimentaram um processo de desindustrialização em termos de redução da participação da indústria no valor adicionado total. Isso reforça o argumento de que o uso de robôs tende a promover uma concentração das atividades industriais em um pequeno número de países.

Uso de Robôs e Produtividade na Indústria de Transformação em economias selecionadas: comparação entre 2005 e 2014



Source: UNCTAD secretariat calculations, based on the IFR database; and Wood, 2017.
Nota: Variação no uso de robôs reflete a comparação das razões entre instalações médias anuais de robôs e o estoque médio de robôs em 2005 e em 2014. Variação na produtividade do trabalho reflete a comparação entre 2005 e 2014. O tamanho dos círculos indica a densidade em 2014. A figura inclui as 64 economias cujos dados estão disponíveis.

Conforme esperado, dada a relação positiva entre o uso de robôs e a produtividade do trabalho, observa-se uma relação negativa, embora tênue, entre a variação no uso de robôs e a variação da indústria no emprego total. Em alguns países cuja densidade de robôs é elevada, como Alemanha e Coreia do Sul, bem como países em que o estoque de robôs tem sido crescente, como China, houve aumento, ou apenas uma pequena redução, da participação da indústria no emprego total. China e Alemanha, inclusive, experimentaram um aumento no número absoluto de empregos industriais, enquanto a Coreia do Sul registrou um leve declínio.

Em termos de salários reais, o trabalho da UNCTAD não verificou uma relação muito clara entre variações no uso de robôs industriais e variações de salários reais na indústria para o grupo de países considerados. Maior utilização de robôs esteve associada com crescimento de salário real em todas as economias, exceto México, Portugal e Cingapura, que registraram pequenas reduções. O crescimento de ambos – salários reais e uso de robôs industriais – foi particularmente significativo para a China (cerca de 150% e 55%, respectivamente). É sempre válido lembrar, no entanto, que correlação não implica causalidade entre as variáveis.

Os resultados anteriores indicam que os impactos de um processo de automação baseado na utilização de robôs sobre diversos aspectos da indústria variam enormemente entre os países. Tais impactos, de acordo com a UNCTAD, dependem claramente de condições específicas a cada país, incluindo arranjos institucionais, condições macroeconômicas e iniciativas específicas de cada um em relação à robótica.

As políticas econômicas, por exemplo, afetam o impacto da automação sobre a demanda agregada. Se os ganhos de produtividade são distribuídos e os salários reais crescem em linha com o crescimento da produtividade, a automação tenderá a aumentar o consumo privado, a demanda agregada e o emprego total da economia.

Mesmo se este não for o caso, para alguns países o emprego pode ainda se manter estável ou mesmo aumentar se a oferta adicional resultante do crescimento da produtividade baseado na automação for absorvida por acréscimos na demanda externa via exportações. Neste caso, no entanto, quaisquer efeitos adversos da automação sobre emprego e renda seriam transferidos a outros países por meio do comércio, como parece ser, em parte, os casos de Alemanha e México.

Os efeitos que o uso de robôs industriais pode causar e como lidar com tais efeitos ainda dividem a opinião de estudiosos sobre o tema. Alguns especialistas sugerem que reduzir a automação ao taxar robôs daria à economia mais tempo para se ajustar, ao mesmo tempo em que geraria receitas fiscais para financiar o ajuste. Porém, tal imposto dificultaria os usos mais benéficos dos robôs: aqueles em que robôs e trabalhadores são complementares, e aqueles que poderiam levar à criação de novos produtos e empregos baseados na robótica.

Outros especialistas sugerem, com base na preocupação de que os robôs venham a dominar as atividades de maior produtividade e salário comparativamente às atividades em geral a serem realizadas pelos trabalhadores, promover por meio de políticas uma distribuição mais equitativa dos benefícios advindos com o uso crescente dos robôs. Caso contrário, uma vez não controlado o uso dos robôs, seus efeitos distributivos iriam no sentido de aumentar a parcela da renda destinada aos proprietários dos robôs e de sua propriedade intelectual, exacerbando, assim, as desigualdades já existentes.

A robotização também poderia criar novas oportunidades de desenvolvimento. O avanço de robôs colaborativos, os chamados *cobots*, poderia ser eventualmente benéfico a pequenas empresas, uma vez se adaptando rapidamente a novos processos e requerimentos de produção. A combinação entre robôs e impressão tridimensional (3D) poderia criar possibilidades adicionais para empresas industriais pequenas a fim de superar limitações de tamanho na produção e, assim, conduzir negócios em escala ampliada. Ao mesmo tempo, a robotização poderia levar à fragmentação da oferta global e do comércio internacional de serviços, abrindo novas oportunidades de estratégias de desenvolvimento para economias menos desenvolvidas, embora permaneçam incertos os efetivos ganhos em termos de emprego, renda e produtividade que os serviços digitais podem ocasionar, sobretudo se comparados aos

tradicionalmente gerados pelas atividades industriais. Cabe ao conjunto de políticas a serem adotadas ponderar os riscos e benefícios da robotização a fim de escolher qual caminho trilhar.

5.2. Novas Tecnologias e o Desafio do Emprego: Sugestões do FMI para Políticas Públicas[44]

Introdução

O progresso tecnológico impulsiona o padrão de vida da população de um país, ao elevar produtividade total e a renda nacional. Porém, também pode ser fonte de disrupção ao acarretar mudança estrutural, criando novos setores e novos postos de trabalho com exigências de qualificação distintas das anteriores, ao mesmo tempo em que modifica ou desloca outros setores, com importantes repercussões para parte da população.

Essas transformações suscitam temores e ansiedade em relação aos impactos adversos das novas tecnologias sobre o emprego e a renda da população. Partindo da constatação de que esse é um fenômeno recorrente no capitalismo desde o início da revolução industrial inglesa do século XVIII, os pesquisadores do Fundo Monetário Internacional (FMI) Adrian Peralta-Alva e Agustin Roitman se interrogam no texto "Technology and the Future of Work", publicado em setembro de 2018 (*IMF Working Paper* 18207) se será diferente com a mais recente onda de inovações tecnológicas, a partir da maior automação e do desenvolvimento da inteligência artificial.

Na avaliação dos autores, os temores foram reavivados porque os avanços tecnológicos recentes ocorrem em um contexto de crescimento tímido dos salários reais e da perda de participação do trabalho na renda nacional, particularmente para os trabalhadores com baixa qualificação.

Quando se difundirem no futuro, as novas tecnologias alimentadas pela ascensão da inteligência artificial poderão ter efeitos ainda mais disruptivos no mercado de trabalho, dado o seu potencial para transformar radicalmente as atividades profissionais. As previsões indicam que um número cada vez maior de funções que no passado eram executadas por seres humanos será desempenhado por uma combinação de máquinas e de inteligência artificial.

Os autores também sustentam que a difusão das tecnologias de informação e comunicação (TIC) resultou em avanços em inovações e invenções de novos bens de capital e processos de produto crescentemente mais baratos, o que tem incentivado as empresas a substituir tarefas rotineiras por máquinas. Esse processo está se traduzindo

[44] Trabalho divulgado como Análise IEDI em 07/02/2019. Disponível em: https://iedi.org.br/artigos/top/analise/analise_iedi_20190207_inovacao.html

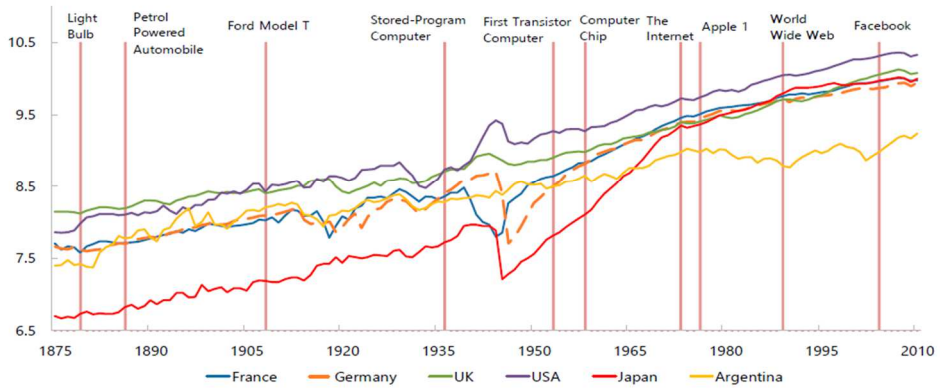
em queda da participação do trabalho na renda nacional ou mudanças na distribuição de renda em detrimento do trabalho, com polarização da renda. Mesmo sem mudanças fundamentais na forma como máquinas e mão de obra são utilizados na produção, novas reduções nos preços dos bens de capital, impulsionado por ganhos de produtividade em TIC, podem ter efeitos similares.

Utilizando um modelo equilíbrio geral estocástico e dinâmico (DSGE, na sigla em inglês), os autores exploram dois canais específicos por meio dos quais a tecnologia pode afetar os mercados de trabalho e a distribuição de renda: o avanço da automação e a queda dos preços dos bens de capital. Igualmente discutem o espaço para políticas governamentais em resposta a "choques tecnológicos" que causem indesejada polarização de renda.

Impactos dos avanços tecnológicos no mercado de trabalho

Segundo Peralta-Alva e Roitman, na literatura econômica, a maioria dos estudos adota uma perspectiva setorial e microeconômica sobre os impactos potenciais das novas tecnologias sobre o mercado de trabalho e a distribuição de renda. São raros os que adotam uma abordagem macroeconômica. Alguns autores mostram que o aumento de produtividade associado às novas tecnologias contribui para elevação da renda e da demanda agregada, apoiando a criação de empregos, enquanto outros destacam que as mudanças têm sido dramáticas, com alteração na composição do emprego ao longo do tempo.

Inovação Tecnológica e Elevação dos Padrões de Vida
(PIB per capita, Int. GK $ 1990, logaritmos)

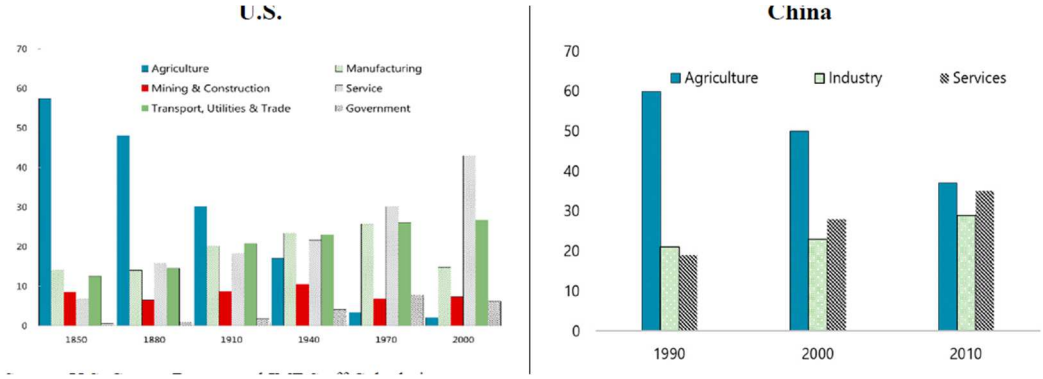


Extraído de Peralta-Alva & Roitman, 2018, pg. 7.
Nota: GK $ refere-se ao dólar de Geary-Khamis, mais comumente conhecido como o dólar internacional.

Nas economias avançadas, a tendência de declínio da participação do trabalho entre 1980 e o final dos anos 2000 tem sido associada a métodos de produção mais intensivos em capital, os quais, por sua vez, estão relacionados à queda nos preços dos bens de capital. Alguns autores destacam também outros fatores como a globalização e o crescente poder de mercado das grandes empresas.

Ao tornar a economia global mais conectada, a revolução das TIC contribuiu para terceirizar e disseminar a produção industrial por meio de cadeias de valor globais. A participação nas cadeias de valor globais tem sido um dos fatores por trás do declínio nas participações do trabalho na renda, porque acarreta a transferência de tarefas, que para as economias avançadas são intensivas em mão-de-obra, para economias emergentes e países em desenvolvimento, onde são intensivas em capital.

Mudança Tecnológica e Realocação Setorial (em % da força de trabalho)



Extraído de Peralta-Alva & Roitman, 2018, pg. 8.

Na avaliação dos autores, haveria seis principais fatos históricos sobre os impactos dos avanços tecnológicos no mercado de trabalho:

1. ***Inovação promove crescimento***. Não obstante o intervalo temporal entre as invenções específicas e sua difusão ampla final, a tecnologia tem sido fundamental para o crescimento da produtividade desde a primeira revolução industrial, o que por sua vez, impulsionou a elevação do PIB per capita. Uma série de inovações significativas, como a máquina a vapor, a ferrovia, a eletricidade e o motor de combustão, bem como as melhorias nos métodos de produção, na infraestrutura, nos níveis de saúde e de educação garantiram o crescimento da produtividade ao longo dos séculos XIX e XX, resultando em enormes ganhos nos padrões de vida. Na virada do século XXI, a revolução das TIC aumentou novamente a produtividade.

2. ***Preocupações sobre o desemprego "tecnológico" se mostraram injustificadas***. Não há evidências históricas de um impacto negativo persistente de novas tecnologias na demanda geral por mão-de-obra. Novas tecnologias deslocaram alguns empregos, mas criaram novas tarefas complementares. E o aumento associado na produtividade contribuiu para maiores rendimentos e demanda agregada, apoiando a criação de empregos.

3. ***Adaptação à mudança tecnológica provocou realocações setoriais***. A mudança tecnológica eliminou alguns empregos e transformou outros. Com o tempo, novas ocupações foram criadas, o que se traduziu em crescimento do emprego agregado. Mas as mudanças foram dramáticas, como ilustram as mudanças na composição setorial do emprego ao longo do tempo, por exemplo, da agricultura à manufatura e, mais recentemente, da indústria de transformação para os serviços tanto nas economias avançadas como nas economias emergentes e em desenvolvimento.

4. ***Ganhos de realocações setoriais dentro da força de trabalho têm sido por vezes distribuídos de forma desigual***. Nas últimas décadas, em particular, com o avanço das tecnologias ICT, algumas habilidades tornaram-se redundantes, casos, por exemplo, das atividades rotineiras de escritório, impactando o emprego e a remuneração dos trabalhadores. Isso também levou a uma polarização dos ganhos de renda, favorecendo a mão-de-obra altamente qualificada e desfavorecendo a mão de obra de baixa qualificação, o que tem sido um fator importante por trás do aumento da desigualdade nas últimas três décadas.

5. ***Avanços tecnológicos podem afetar a participação do trabalho na renda***. Declínios na participação do trabalho na renda ocorreram no passado, principalmente em períodos de rápidas mudanças tecnológicas. Por exemplo, inúmeras economias avançadas e economias emergentes experimentaram uma tendência de queda nas participações do trabalho na renda nacional entre a década de 1980 e o final da década de 2000. Nesse período, houve um movimento em direção a métodos de produção mais intensivos em capital, o que por sua vez está ligado à queda dos preços dos bens de capital.

6. ***Mudança tecnológica e integração econômica global estão interligadas***. A queda dos custos de transporte e, mais recentemente, a revolução das TIC são exemplos de progresso tecnológico impulsionado pela integração mediante o comércio e fluxos financeiros transfronteiriços. Ganhos globais de eficiência

expandiram a variedade de bens e serviços disponíveis a preços mais baixos, permitindo maior integração comercial e financeira, o que por sua vez, promoveu a inovação, o investimento e a difusão do conhecimento em todo o mundo.

Nas economias avançadas, os ganhos de eficiência da integração global contribuíram para o crescimento da produtividade, e para as empresas próximas à fronteira tecnológica, a concorrência global aumentou os incentivos à inovação. Para as economias emergentes e em desenvolvimento, os investimentos de filiais locais de empresas multinacionais e a tecnologia incorporada em bens importados permitiram acesso mais fácil ao *know-how* estrangeiro. Como resultado, os atrasos entre os países na adoção de novas tecnologias foram reduzidos de quase 100 anos em 1800, para menos de 20 anos hoje.

Peralta-Alva e Roitman destacam que os avanços tecnológicos podem se manifestar como (i) automação e (ii) queda dos preços de bens de capital, fatores inter-relacionados que impulsionam o crescimento da produtividade. Segundo os autores, esses fatores têm sido igualmente relacionados ao declínio das participações do trabalho e à polarização da renda, uma vez que (i) a automação das tarefas rotineiramente realizadas pelo trabalho afeta a substituibilidade entre capital e trabalho; e (ii) a queda dos preços relativos dos bens de investimento estimula a substituição do trabalho. Um maior grau de tarefas rotineiras é tipicamente associado a uma maior elasticidade de substituição entre capital e trabalho e, portanto, com um maior risco de substituição de empregos se o preço dos bens de capital cair.

Citando dados de uma estimativa realizada em 2017 pela empresa internacional de consultoria McKinsey, os autores sugerem que 375 milhões de trabalhadores em todo o mundo (14% da força de trabalho global) podem estar sob o risco de perder o emprego até 2030. Esse risco é maior para trabalhadores das economias avançadas.

Nos Estados Unidos, as estimativas indicam que cerca de 23% dos empregos seriam potencialmente afetados, podendo alcançar até 44% em cenário de automação rápida. Refletindo as diferenças na composição setorial da produção, as estimativas para as economias emergentes e em desenvolvimento são consideravelmente menores: por exemplo, cerca de 13% para o México, 9% para a Índia e 16% para a China.

De acordo com os pesquisadores do FMI, embora esteja crescendo rapidamente, as evidências sobre a automação e seus riscos potenciais ainda são limitadas em comparação com as variáveis econômicas tradicionais (por exemplo, PIB). A medição e as questões estatísticas relacionadas aos avanços tecnológicos ainda não estão

totalmente desenvolvidas, em parte porque a automação compreende múltiplas dimensões. Por exemplo, pode haver empregos suscetíveis à automação, deslocando trabalhadores. Mas se as tarefas (não os empregos) forem suscetíveis à automação, poderia ocorrer uma transformação delas e não a sua eliminação.

Assim como a automação, os declínios nos preços de bens de capital podem aumentar o PIB, mas também podem beneficiar desproporcionalmente os altamente qualificados. Uma tendência decrescente no preço real dos bens de capital observada para as economias avançadas e, em certa medida, para as economias emergentes poderia continuar à medida que os avanços tecnológicos das TICs melhorassem a eficiência de projeto e produção dos bens de investimento. Para um dado grau de substituibilidade do trabalho pelo capital, tornar o capital mais acessível para as empresas pode produzir amplamente os mesmos efeitos da automação - com o tempo, as empresas aumentarão o capital e usarão mais máquinas e menos trabalhadores produzirão uma maior produção.

O Modelo e suas simulações

Na avaliação da automação e da queda dos preços dos bens de capital como os principais fatores que potencialmente afetam o crescimento futuro e a evolução da desigualdade de renda, Peralta-Alva e Roitman usam um modelo DSGE, que define a automação como um aumento na elasticidade de substituição entre capital e trabalho.

No modelo utilizado pelos autores, há duas principais características. Em primeiro lugar, a economia produz três bens diferentes (manufatura, serviços de baixa qualificação e serviços de alta qualificação), que diferem em termos de sua negociabilidade, trabalho e intensidade de qualificação e habilidade. Em segundo lugar, os consumidores têm preferências não homotéticas sobre esses bens, refletindo a crescente participação dos gastos com serviços à medida que a renda cresce, tal como ocorre na economia dos Estados Unidos que é utilizada como referência do modelo.

A análise quantitativa baseia-se em comparações entre estados estacionários, abstraindo-se da dinâmica de transição. Ainda assim, o modelo permite uma discussão detalhada dos preços de bens de capital e da automação, bem como seu impacto em trabalhadores de diferentes níveis de qualificação (baixo, médio e alto), tornando-o adequado para uma ampla gama de simulações de políticas.

A automação permite que as máquinas executem tarefas cognitivas, mas rotineiras, realizadas pelo trabalho humano. Isso colocaria uma pressão especial sobre a mão de obra pouco qualificada que executa trabalho de rotina. Simulações ilustrativas do modelo indicam que, quanto mais facilmente o capital substitui o trabalho, mais a produtividade e crescimento geral da renda aumentarão. Ao mesmo tempo, é provável que isso aumente a desigualdade, favorecendo a renda do capital e do trabalho de maior qualificação. Um declínio nos preços dos bens de capital também deve beneficiar as pessoas altamente qualificadas vis-à-vis as pessoas pouco qualificadas.

Os autores usam o modelo para ilustrar o potencial *trade-off* entre crescimento e desigualdade de renda. O modelo analisa os impactos em estado estacionário de duas possíveis fontes de mudança tecnológica. Para isso, os autores modelaram "choques tecnológicos" como um aumento na elasticidade de substituição entre capital e trabalho (por exemplo, automação) ou uma queda no preço dos bens de capital. Em ambos os casos, um "choque tecnológico" aumenta a produtividade e a renda, ao mesmo tempo em que causa impacto desigual em diferentes grupos de trabalhadores, dependendo de suas habilidades. As simulações mostram um impacto positivo na renda agregada, o qual, porém, beneficia desproporcionalmente as pessoas altamente qualificadas, particularmente quando há maior substituibilidade entre capital e trabalho.

Os autores alertam, contudo, que embora indicativos de ganhos potenciais, os resultados das simulações devem ser interpretados com cautela. Isso ocorre porque o modelo é relativamente simples e as simulações ilustram apenas dois caminhos potenciais para a mudança tecnológica. Além disso, como o modelo abstrai da dinâmica de transição entre estados estacionários, as simulações não incorporam, portanto, os custos de ajuste.

Implicações para políticas governamentais

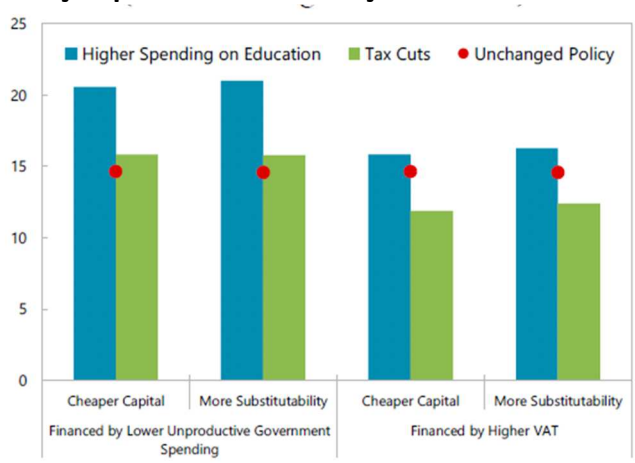
Para Peralta-Alva e Roitman, políticas podem mudar o impacto da mudança tecnológica. Dependendo das preferências das sociedades por maior produção e crescimento versus igualdade de renda, os governos podem querer distribuir os ganhos advindos da tecnologia de maneira mais igualitária. Certas políticas, se bem projetadas, poderiam mitigar o *trade-off* entre os dois objetivos.

No estudo, os autores exploraram duas respostas políticas alternativas para distribuir os ganhos do PIB de forma mais uniforme tanto ante a "um choque de automação" quanto a "uma queda no preço do capital": maiores gastos com educação levando a melhorias

no capital humano para trabalhadores pouco qualificados e cortes diferenciados de imposto de renda. Para simplificar, o modelo assume que estas intervenções políticas são financiadas pela redução do consumo improdutivo do governo ou por um aumento da alíquota do imposto de valor adicionado (IVA).

As simulações do modelo mostram que maiores gastos com educação não apenas permitiriam que trabalhadores pouco qualificados participassem dos ganhos de mudança tecnológica, mas também aumentariam a produção; isso vale mesmo quando se leva em conta que gastos mais altos exigirão alíquotas mais altas de impostos. Em termos mais gerais, embora o uso do sistema tributário / de benefícios para redistribuir os ganhos dos avanços tecnológicos tenda a gerar alguma perda de eficiência, a perda resultante na produção tende a ser relativamente pequena.

Ganhos de Renda com Gastos em Educação e Corte de Impostos
(Variação percentual em relação ao cenário de base)



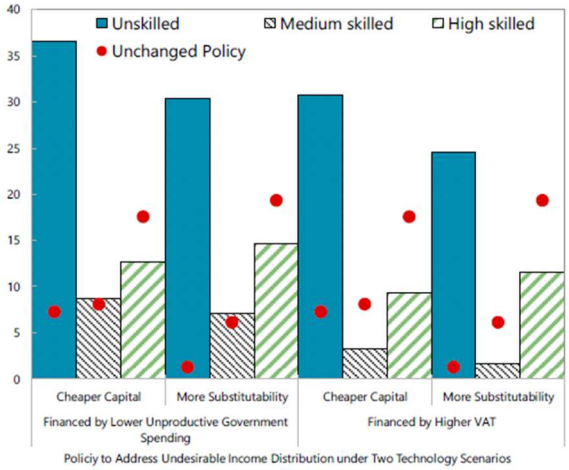
Extraído de Peralta-Alva & Roitman, 2018, pg. 15.

Ambas as políticas exibem custos relativamente limitados e ganhos de renda bastante importantes para todos os grupos. Porém, quando financiada por cortes em gastos públicos improdutivos, a melhoria do capital humano e os cortes de impostos aumentam os ganhos do PIB bem mais do que quando o financiamento dessas políticas é realizado por meio do aumento da alíquota do IVA. Em ambos os casos, os ganhos associados ao maior gasto com educação são mais significativos do que aqueles do que aqueles resultantes de corte dos impostos.

Com base nos resultados das simulações do modelo, os autores concluem que os gastos com educação podem ser uma ferramenta política particularmente eficaz tanto para capacitar as novas gerações de trabalhadores com as habilidades necessárias para lidar

com os avanços tecnológicos como para que reduzir a oferta de mão-de-obra pouco qualificada cada vez mais redundante. Além de beneficiar mais do que proporcionalmente as pessoas com baixas qualificações, também eleva o nível do PIB para além do cenário de base, aumentando o nível agregado de capital humano na economia. É claro que a simulação pressupõe que os gastos com educação são bem direcionados e aumentam o capital humano dos menos qualificados.

Impacto do Investimento em Capital Humano por Nível de Qualificação dos Trabalhadores (Variação percentual em relação ao cenário de base)



Extraído de Peralta-Alva & Roitman, 2018, pg. 16.

De acordo com os autores, ainda que seja menos eficiente do que o maior gasto com educação em termos de seus efeitos no PIB e não aborde o problema básico, ou seja, melhorar o capital humano dos indivíduos, a política fiscal pode ser um complemento útil para as políticas educacionais. Isto porque existe a possibilidade de que as deficiências de habilidades não possam ser efetivamente resolvidas em virtude da incerteza em torno do tipo de habilidades que os mercados de trabalho futuros realmente precisarão. Ao inclinar a distribuição da renda em favor dos perdedores relativos do progresso tecnológico, a política fiscal pode fornecer um seguro contra esse risco.

5.3. Indústria 4.0 e o Futuro das Cadeias Globais de Valor[45]

Introdução

A constituição e a expansão das cadeias globais de valor (CGVs) foram elementos importantes do processo da globalização. Desde a crise internacional de 2008, entretanto, alguns fatores vêm contribuído para sua reestruturação: o questionamento político nos países desenvolvidos sobre os benefícios da globalização, as transformações tecnológicas derivadas da gestação da Indústria 4.0 e a reorientação dos modelos de desenvolvimento de alguns países emergentes (sobretudo a China) em direção ao mercado interno.

A fim de compreender quais são as mudanças por que passam as cadeias de produção organizadas em âmbito mundial e quais serão seus efeitos sobre o comércio internacional nos próximos 10 a 15 anos, Koen de Backer e Dorothée Flaig, autores do trabalho "O futuro das cadeias globais de valor" da OCDE, identificam as forças a favor do avanço das CGVs, preservando um quadro de "business as usual", bem como as forças que atuarão na direção oposta, pressionando para a formação de um "novo normal".

Segundo a OCDE, o fiel da balança entre as forças constituintes de um "novo normal" e aquelas de preservação do "business as usual" penderia em direção às primeiras. Como consequência, os autores do estudo estimam que o comércio exterior como % do PIB mundial caia 4,1 pontos percentuais até 2030, em decorrência de uma dramática reestruturação das CGVs. Quem seriam os maiores perdedores se este cenário vier a se confirmar? Esta é uma das questões às quais os autores do estudo buscaram responder.

O futuro das cadeias globais de valor: "business as usual" ou "um novo normal"?

O crescimento das cadeias globais de valor (CGV) tem sido um importante motor da globalização desde as últimas décadas. No entanto, desde a segunda metade dos anos 2000, tem-se observado diversos sinais de estagnação do comércio internacional.

[45] Trabalho divulgado como Análise IEDI em 17/01/2018. Disponível em: https://iedi.org.br/artigos/top/analise/analise_iedi_20180117_industria.html

A fim de compreender quais são as mudanças por que passam as cadeias de produção organizadas em âmbito mundial e quais serão seus efeitos sobre o comércio internacional nos próximos 10 a 15 anos, o trabalho da OCDE intitulado "O futuro das cadeias globais de valor" e realizado por Koen de Backer e Dorothée Flaig, identifica as forças a favor da importância crescente das CGVs, preservando um quadro de business as usual" bem como as forças que atuarão na direção oposta, pressionando para a formação de um "novo normal". Os principais argumentos e conclusões do trabalho em questão serão sintetizados nesta Análise IEDI.

Segundo os autores, os motivos para essa relativa estagnação do comércio internacional podem ser organizados em três blocos.

1. O primeiro deles relaciona-se com o crescente questionamento político dos impactos positivos da globalização e de sua relação com o aumento da produtividade, o crescimento econômico e a geração de emprego tanto em países desenvolvidos como em emergentes. Como resultado deste questionamento, observa-se a proliferação no cenário pós crise de 2008, de medidas de protecionismo em inúmeros países.

2. O segundo motivo diz respeito aos impactos que as transformações tecnológicas em curso (subjacentes, grosso modo, à Indústria 4.0) na reconfiguração dos determinantes da competitividade relativa entre países e regiões. Segundo esta interpretação, tecnologias como digitalização, robotização, manufatura aditiva, inteligência artificial, entre outras, seriam responsáveis por diminuir as vantagens de custo (principalmente de mão de obra) dos países emergentes, o que teria impactos nas estratégias de outsourcing global da produção.

3. Já o terceiro motivo que pode contribuir para a recente redução da importância relativa das CGV são as próprias transformações estruturais nos modelos de desenvolvimento de alguns países emergentes, com especial destaque para a China. De maneira geral e com diferentes graus de aprofundamento, pode-se dizer que estes países têm reorientado seu modelo de crescimento cada vez mais para a construção de um mercado interno de massas, em detrimento de um modelo baseado apenas na exportação de produtos de baixo custo.

Assim, em virtude das transformações das configurações nas CGVs, os pesquisadores da OCDE esperam que nos próximos 10 a 15 anos a economia mundial sinta importantes impactos na relação entre comércio internacional, crescimento da produtividade, geração de emprego e crescimento do PIB. É neste sentido que o trabalho da OCDE procura analisar os impactos de um conjunto de potenciais transformações na economia

mundial (tecnológicas, produtivas, de estrutura de demanda, de custos, etc) no futuro das CGV. Inicialmente, são analisadas as influências de fatores favoráveis ao avanço das cadeias globais, formando um quadro de "business as usual". Já no cenário denominado "novo normal", são analisados fatores que tendem a contribuir para a redução da importância relativa das CGVs.

"Business as usual": fatores que promovem a expansão das CGVs

Apesar das tendências gerais de modificações das CGVs nos últimos anos e da consequente redução da importância relativa do comércio internacional como motor do crescimento global, inúmeros fatores de natureza tecnológica e econômica podem contribuir positivamente para o crescimento a o aumento da complexidade destas cadeias nos próximos 10 a 15 anos.

Dentre destes fatores, mais importante é o crescimento exponencial de acordos internacionais de comércio exterior e de investimento bilaterais e regionais, que se multiplicaram desde a década de 1990. Em decorrência das dificuldades de avanços nas negociações multilaterais na Rodada de Doha, as estratégias comerciais de diversos países, desde então, têm concentrado esforços no sentido de promover acordos bilaterais e regionais. Dentre eles, cabe citar as inúmeras iniciativas envolvendo fundamentalmente países da região do Pacífico, com especial destaque para os asiáticos. Vale destacar ainda que tais acordos têm proliferado mesmo em um cenário de crescente questionamento político nos países desenvolvidos sobre os benefícios da globalização e do aumento generalizado de alguns expedientes protecionistas no período pós crise de 2008.

Assim como a proliferação de acordos comerciais, o desenvolvimento e a difusão de novas tecnologias de comunicação tendem a contribuir positivamente para o incremento da importância das CGVs. De maneira geral tecnologias como big data, rastreamento via RFID, melhores tecnologias de comunicação, entre outras tendem a otimizar a capacidade de gestão de diversas etapas de cadeias complexas (como produção, gestão de estoque, logística, vendas, etc) e geograficamente bastante dispersas.

Outro elemento de natureza tecnológica que pode contribuir positivamente para o incremento da importância das CGVs é o processo de desenvolvimento dos serviços. Isso porque na medida em que o avanço tecnológico torna as fronteiras entre indústria manufatureira e de serviços (de TI, financeiros, de entretenimento etc.) cada vez mais

fluídas, observa-se que a oferta de soluções completas, ao invés de apenas produtos físicos, se configura como importante elemento de agregação de valor e fonte de diferencial competitivo. Neste quadro, dada a crescente capacidade de digitalização dos serviços, estes são crescentemente passíveis de terem seu processo produtivo fragmentado e serem organizados em CGVs. Como caso precursor desta tendência pode-se destacar a terceirização de atividades de geração de linhas de código para as empresas indianas de TI.

Duas mudanças importantes nos países emergentes também podem contribuir para o crescimento das CGVs nos próximos 10 a 15 anos: o surgimento de novos produtores de baixo custo e o crescimento da demanda interna nestes países.

Com o avanço da industrialização e do desenvolvimento tecnológico em alguns países emergentes (notadamente a China), observa-se um movimento recente de terceirização de atividades de produção e montagem de produtos intensivos em trabalho para novas localidades como Vietnã e Camboja. Tais países, utilizando-se de uma abundante oferta de mão de obra, inserem-se em elos das CGVs cujo custo do trabalho se configura como principal diferencial competitivo.

Igualmente como resultado dos impactos positivos derivados da integração dos países asiáticos nas CGVs durante as últimas décadas, vislumbra-se desde então um crescimento exponencial de seus mercados consumidores domésticos. Com a emergência de uma nova classe média principalmente na China e na Índia, espera-se que a participação da Ásia (excluindo o Japão) no total dos gastos mundiais da classe média aumente de 10% em 2000 para algo em torno de 40% em 2040 e 60% no longo prazo. Apesar do impacto que tal crescimento possa ter na demanda por produtos importados oriundos de CGVs, espera-se também que parcela importante desta demanda seja atendida pela produção local.

Outro resultado deste processo de desenvolvimento econômico nos emergentes é a proliferação de empresas multinacionais com sedes nestes países. Segundo estimativas do McKinsey Global Institute, em 2025 os emergentes concentrarão cerca de metade do total de empresas multinacionais. Como decorrência deste crescimento, as multinacionais de países emergentes têm ampliado substancialmente seus investimentos globalmente, contribuindo para o fortalecimento das CGVs.

Um "novo normal": fatores que irão reorientar ou impedir o crescimento das CGVs

De maneira oposta aos fatores apresentados anteriormente, incertezas acerca dos futuros custos da participação nas CGVs têm levado empresas multinacionais a reavaliarem suas estratégias de sourcing. É neste sentido que se destacam movimentos de incentivo à produção local e busca pela concentração regional da produção em sites próximos dos mercados consumidores.

Um primeiro elemento que pode contribuir para estabelecimento de um "novo normal" nas CGVs é a mudança das condições nos países emergentes, principalmente no que diz respeito à redução do diferencial de custos destes em relação aos desenvolvidos. Tal fato é explicado pelo crescimento exponencial dos custos salariais por hora, principalmente na China - cerca de 15% a 20% ao ano na região leste chinesa. No entanto, vale destacar que em inúmeros setores ainda se observa um crescimento da produtividade por hora acima do crescimento dos salários e que estes ainda se situam em patamares bastante baixos quando comparados aos dos países desenvolvidos – representando cerca de 9% do custo salarial dos EUA.

Adicionalmente, cumpre lembrar que uma eventual erosão da competividade dos atuais países integrantes das CGVs em setores intensivos em mão de obra não implicaria necessariamente em uma estratégia de deslocamento das atividades produtivas para os países desenvolvidos. Isso porque, conforme já fora mencionado, atualmente está em curso um processo de reorganização destas CGVs intra continente asiático, com o deslocamento de atividades intensivas em mão de obra de baixo custo para novos integrantes das CGVs como Vietnã e Camboja.

Apesar deste movimento reforçar a competitividade das CGVs, é crescente o número de empresas que tem reavaliado os custos extras e dificilmente mensuráveis associados ao processo de fragmentação internacional da produção. Dentre estes destacam-se custos associados à necessidade de manutenção de estoques (dada a complexidade e amplitude das CGVs e as flutuações de demanda), alguns problemas de qualidade, a baixa garantia de direitos de propriedade intelectual nos países emergentes, o risco de transferência de tecnologia para potenciais futuros concorrentes, além daqueles riscos relacionados a uma variedade de choques externos como desastres naturais. É exatamente com o intuito de minimizar estes riscos que se situam estratégias inclusive de multiplicar o número de fornecedores nas CGVs para o mesmo conjunto de atividades.

De maneira adicional algumas empresas, principalmente em setores ligados à engenharia, têm mostrado preocupação crescente com o potencial impacto negativo que o distanciamento geográfico entre a realização de atividades manufatureiras e inovativas pode ter nas últimas. Uma vez que a maior parte das atividades de maior intensidade tecnológica é realizada nas matrizes, em alguns setores admite-se que o descolamento entre estas e a produção tende a reduzir a capacidade de inovação da empresa no longo prazo.

No que diz respeito à dimensão tecnológica, o desenvolvimento de algumas áreas associadas à emergência da Indústria 4.0 parece ser um dos principais fatores a contribuir decisivamente para o estabelecimento de um "novo normal" nas CGVs.

Assim, a novas tecnologias de informação como internet das coisas, computação em nuvem e big data, também podem contribuir para a redução das CGVs. Isso porque a combinação destas tecnologias permite a ampliação substancial da robotização do processo produtivo. Com a utilização de robôs cada vez mais complexos dotados de inteligência artificial, a gama de atividades passíveis de serem realizadas por estes amplia-se para além daquelas tradicionalmente rotineiras e repetitivas. Deste modo, a adoção destas tecnologias contribui para a redução do diferencial competitivo de países emergentes com oferta abundante de mão de obra barata.

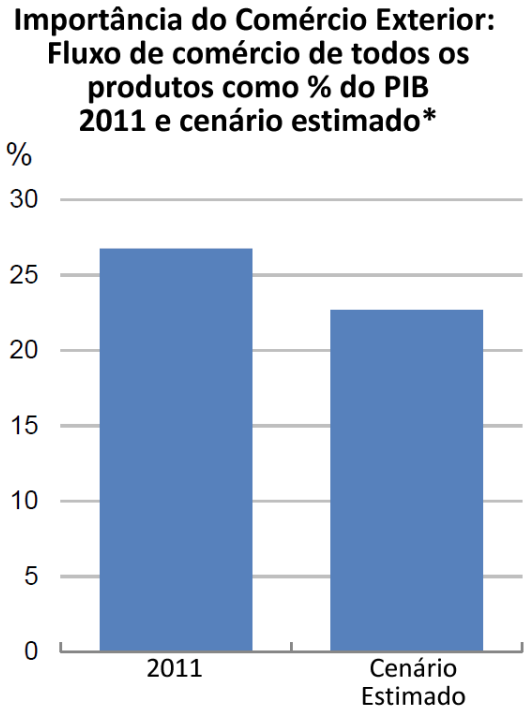
É exatamente neste cenário que devem ser compreendidas as estratégias de países desenvolvidos no sentido de incrementar a competitividade manufatureira doméstica e, assim, incentivar indiretamente o fortalecimento das atividades produtivas locais. A despeito dessa reação dos países desenvolvidos, também cabe destacar a estratégia de política industrial chinesa de incentivar a ampla e massiva implementação da robotização em seu parque produtivo com o intuito de assegurar sua competitividade em escala internacional.

Ainda na dimensão tecnológica, a emergência de técnicas produtivas que permitem a migração da produção em massa para a customização em massa pode contribuir decisivamente para a reorganização das CGVs em alguns segmentos – principalmente aqueles de alto valor agregado, baixo volume de produção, baixas economias de escala e baixa capacidade de automação utilizando tecnologias tradicionais. A partir da utilização de ferramentas como impressão 3D, tais transformações poderiam viabilizar, no longo prazo, a aproximação geográfica entre consumo e produção, reduzindo os custos inerentes à gestão de uma CGV e permitindo o aumento exponencial das possibilidades de agregação de valor aos produtos via customização.

Por fim, potencializando este cenário de tendências de diminuição da importância relativa das CGVs, ainda se pode destacar a tendência de aumento dos custos de transporte dadas as políticas de desestímulo de uso de combustíveis fósseis.

Um cenário combinado

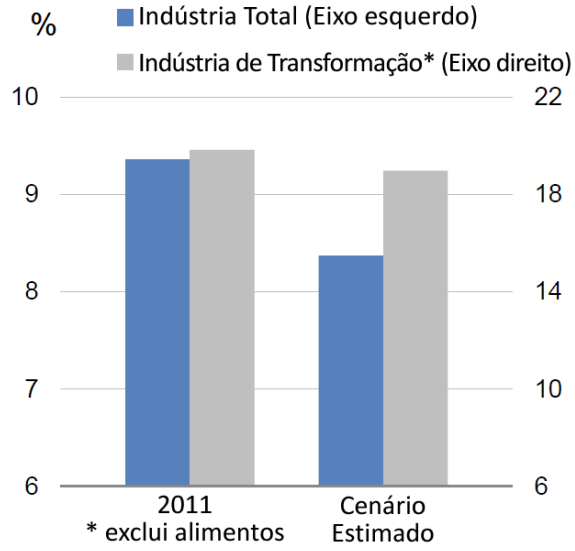
Depois de analisar qualitativamente os fatores que tendem a fortalecer as CGVs ("business as usual") e aqueles que atuam em direção contrária ("novo normal") o trabalho da OCDE procura mensurar empiricamente quais seriam os impactos da combinação destes dois grupos de fatores nas CGVs nos próximos 10 a 15 anos.



* O cenário é estimado combinando a entrada de novos produtores de manufaturas, demanda crescente em economias emergentes, elevação de salários e custos de transporte e digitalização da produção

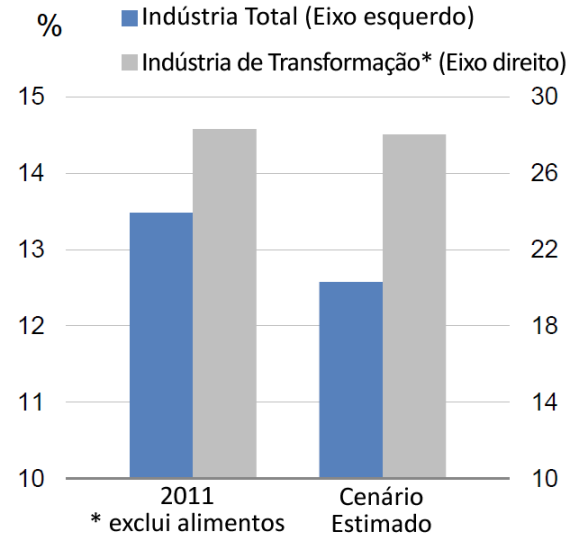
De maneira geral o trabalho conclui que os impactos negativos, aqueles do cenário "novo normal", são dominantes, o que implicaria em uma dramática reestruturação das CGVs. Como resultado seria verificada uma redução das exportações totais, do sourcing de bens intermediários e uma queda de 4,1 pontos percentuais da relação comércio exterior / PIB mundial em 2030.

Importância das Cadeias Globais de Valor: Razão entre importação de bens intermediários e produção (%) 2011 e cenário estimado*



* O cenário é estimado combinando a entrada de novos produtores de manufaturas, demanda crescente em economias emergentes, elevação de salários e custos de transporte e digitalização da produção

Importância das Cadeias Globais de Valor: Exportações como % da produção 2011 e cenário estimado*



* O cenário é estimado combinando a entrada de novos produtores de manufaturas, demanda crescente em economias emergentes, elevação de salários e custos de transporte e digitalização da produção

Os impactos desta reestruturação, por sua vez, seriam mais intensos nos países emergentes, com o incremento da competitividade relativa dos países desenvolvidos, particularmente dos EUA (que aumentariam sua participação na produção global).

Ainda segundo as estimativas dos pesquisadores da OCDE, os principais fatores responsáveis por esta restauração da competitividade dos países desenvolvidos decorreriam da adoção de tecnologias como robotização, digitalização, inteligência artificial, impressão 3D, entre outras. De maneira adicional, porém bem menos intensa, o aumento dos salários nos emergentes também contribuiria para este processo. Já o crescimento exponencial da classe média em países emergentes favoreceria o fortalecimento do comércio regional (principalmente na Ásia). Mas, de maneira geral, pode-se esperar que parcela importante do crescimento da demanda viabilizada pelo surgimento desta classe média seja atendida por produtores locais, com impacto relativamente menor nas CGVs.

5.4. Novas Tecnologias e Comércio Internacional: oportunidades e desafios segundo a OMC

Em seu relatório World Trade Report 2018, a Organização Mundial do Comércio (OMC) examina os impactos das tecnologias digitais, que estão na origem da indústria 4.0, sobre o comércio mundial tanto no que se refere às oportunidades de negócios para grandes e pequenas empresas como aos desafios atuais e futuros para os governos e para o sistema multilateral de comércio.

Este capítulo resume os principais aspectos do trabalho dedicado à análise de como os governos e a comunidade internacional estão enfrentando a reformulação do comércio induzida pela tecnologia digital em áreas como investimento em infraestrutura digital e capital humano, política comercial, concorrência e regulamentação.

Estratégias Governamentais para o Desenvolvimento Digital

As tecnologias digitais não apenas criam novos mercados, novas formas de comércio e novos produtos, mas também reduzem os custos e modificam os padrões de comércio. Essas mudanças oferecem novas oportunidades e ganhos comerciais, e os governos podem ter um papel a desempenhar para garantir que as empresas possam aproveitar essas oportunidades.

Segundo a OMC, para realizar plenamente os benefícios potenciais do comércio digital, a maioria dos governos adotou estratégias de desenvolvimento digital que se traduzem em medidas de políticas transversais, destinadas a melhorar a infraestrutura, estabelecer uma estrutura regulatória adequada, reduzir o custo de fazer negócios e facilitar o desenvolvimento de habilidades relevantes. Tais medidas consistem notadamente em:

- ✓ Investir em infraestrutura relevante ou melhorar o ambiente de negócios para incentivar o investimento privado em infraestrutura de tecnologia da informação e comunicação (ICT, na sigla em inglês);

- ✓ Estabelecer um ambiente regulatório favorável ao desenvolvimento digital, mas que também assegure níveis adequados de segurança cibernética, proteção do consumidor ou privacidade dos dados;

- ✓ Utilizar tanto as políticas de comércio de mercadorias quanto de serviços para promover a economia digital e melhorar sua competitividade; e

- ✓ Usar políticas de concorrência e de micro, pequenas e médias empresas (MPME) para nivelar o campo de atuação das empresas e enfrentar a nova dinâmica do "vencedor leva tudo".

- ✓ Assegurar o respeito ao direito de propriedade intelectual no comércio de conteúdo digital.

As diferenças de prioridades dos governos na escolha dessas medidas de políticas dependem do nível de desenvolvimento e extensão da digitalização em suas economias. Em geral, as economias em desenvolvimento procuram facilitar a conectividade e adotar tecnologias digitais, enquanto as economias desenvolvidas prestam uma atenção relativamente maior a questões regulatórias relacionadas à concorrência, proteção de dados e defesa do consumidor. O desenvolvimento de habilidades digitais e a promoção do envolvimento das MPMEs no comércio digital parecem ser preocupações comuns tanto para as economias em desenvolvimento quanto para as desenvolvidas.

Investimento em infraestrutura e habilidades digitais

Um dos pré-requisitos-chave para obter ganhos do comércio digital é a disponibilidade de infraestrutura, física e digital, adequada para facilitar a adoção e o uso efetivo das tecnologias digitais.

Nos países em desenvolvimento, a necessidade de investimento em infraestrutura é mais aguda, pois tendem a ficar para trás das economias desenvolvidas tanto em termos do ritmo da inovação digital como do nível de infraestrutura necessário. Outras medidas utilizadas pelos governos para promover e facilitar o investimento em infraestrutura de banda larga ou na indústria digital incluem:

- ✓ incentivos a investimentos estrangeiro,

- ✓ facilitação de investimentos,

- ✓ padrões digitais e *clusters* e

- ✓ incubadoras para o desenvolvimento de negócios digitais.

Os governos também investem em outras áreas de infraestrutura (como fornecimento de eletricidade, logística comercial, sistemas de entrega, rastreamento e pagamento) que complementam a infraestrutura digital.

Governos de todo o mundo estão usando ou promovendo o uso de tecnologias digitais para facilitar o comércio, reduzindo os atrasos no desembaraço de mercadorias nas fronteiras, diminuindo assim os custos associados. Citando dados do relatório *Doing Business 2018* do Banco Mundial, a OMC ressalta que 175 das 190 economias pesquisadas já têm sistemas de intercâmbio eletrônico de dados (EDI, na sigla em inglês) operacionais ou em andamento.

Os sistemas de EDI facilitam as trocas rápidas e confiáveis de dados sem papel e, portanto, desempenham um papel importante na aceleração do procedimento de desembaraço aduaneiro ao permitir que os documentos sejam compartilhados mais facilmente entre diferentes autoridades, reduzindo assim o tempo de permanência da carga.

Além disso, 117 das 190 economias pesquisadas já estabeleceram ou estão em processo de introduzir um sistema eletrônico de guichê único, ou seja, um sistema que permite que partes interessadas comerciais enviem documentação e outras informações eletronicamente por meio de um único ponto de entrada para concluir procedimentos aduaneiros.

Países em desenvolvimento, como China, Índia e Quênia, também estão investindo em automação como um meio de reduzir o tempo de permanência e padronizar suas operações portuárias. Ao mesmo tempo, algumas economias, tanto desenvolvidas (por exemplo, Bélgica ou Holanda) quanto em desenvolvimento (por exemplo, os Emirados Árabes Unidos) buscam tirar partido de inovações digitais mais sofisticadas, como a tecnologia *blockchain*, para aperfeiçoar os fluxos de carga e organizar a logística portuária com mais eficiência. Os portos de Antuérpia e Cingapura, por exemplo, já realizaram projetos piloto para testar soluções *blockchain* destinadas a simplificar a burocracia, reduzir os custos administrativos e limitar as tentativas de fraude.

Além do desenvolvimento de sua infraestrutura digital, muitos governos, tanto em países em desenvolvimento como em países desenvolvidos, estão realizando investimentos substanciais em capital humano por meio de treinamento e desenvolvimento de habilidades para facilitar o uso e o uso efetivo das tecnologias digitais.

Nesse sentido, vários governos estão oferecendo programas de aprendizagem para adultos com foco no desenvolvimento de habilidades digitais e habilidades cognitivas complexas, como processamento de informações e solução de problemas. Especialmente no caso de países em desenvolvimento, esses esforços são, em geral, apoiados por organizações não governamentais (ONGs) locais que oferecem

treinamento a grupos marginalizados (desempregados, mulheres, idosos, pessoas com necessidades especiais).

Medidas de política comercial

Segundo a OMC, as políticas que limitam o comércio de serviços, restringindo, por exemplo, a entrada no mercado e o investimento estrangeiro nos mercados de serviços, ou impedindo o fornecimento transfronteiriço *on-line*, restringem o desenvolvimento da economia digital.

Geralmente, os custos do comércio de serviços são significativamente mais altos do que os do comércio de bens, e os setores de serviços com menores custos de comércio, associados a menores barreiras ao comércio de serviços, tendem a ser mais produtivos e a apresentar maior crescimento de produtividade do que aqueles com maiores custos comerciais.

Ademais, as barreiras à entrada e à concorrência nos setores de serviços reduzem o incentivo dos fornecedores a investir em tecnologias digitais (por exemplo, o uso de instalações em nuvem pelas empresas de transporte, o fornecimento de serviços *on-line* por empresas de serviços profissionais ou o uso da internet por varejistas). As barreiras ao comércio de serviços também podem proteger os fornecedores domésticos da concorrência, elevando preços e reduzindo incentivos para investir, inovar ou melhorar a qualidade dos serviços.

Segundo a OMC, apesar das evidências dos benefícios das políticas abertas e não discriminatórias e dos efeitos adversos de políticas e regulamentações restritivas, restrições comerciais ainda são mantidas e erguidas por alguns governos para proteger setores locais, incluindo plataformas digitais, da concorrência estrangeira e / ou para estimular o surgimento de “Campeões nacionais”.

Requisitos para a maioria nacional de participação em empresas de ICT, cotas mínimas para emprego local, várias formas de desempenho e / ou requisitos de conteúdo local (não apenas no que diz respeito ao uso de serviços locais e / ou fornecedores de serviços, mas também em relação aos componentes de *hardware* produzido localmente) são alguns exemplos. Essas políticas restringem o acesso e a operação de fornecedores de serviços estrangeiros, e, de acordo com a OMC, podem também prejudicar a economia em geral.

No período recente, contudo, ocorreram mudanças na política comercial de serviços no sentido de maior liberalização. O Índice de Restrição do Comércio de Serviços da

Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OCDE) sugere que, entre 2014 e 2017, a maior liberalização líquida foi verificada em alguns dos setores que fazem parte da rede digital e da cadeia de transporte e logística.

Como no caso dos serviços, as políticas de comércio de mercadorias podem ter impacto no desenvolvimento e desempenho da infraestrutura digital e no uso e aceitação de tecnologias digitais de forma mais ampla. Alguns países, como Argentina, Brasil e Suíça, reduziram ou eliminaram totalmente as tarifas de importação de certos equipamentos de informática e telecomunicações. A Índia, por outro lado, notificou um aumento de 10% no imposto de importação em certos equipamentos de telecomunicações.

Vários governos revisaram o limiar *de minimis*, valor no qual as remessas e encomendas podem ser importadas com isenção de impostos através de procedimentos alfandegários simplificados. Alguns governos elevaram esse limite, permitindo que mais remessas e encomendas, muitas vezes enviadas por indivíduos e pequenas empresas envolvidas em comércio eletrônico transfronteiriço, sejam importadas sem problemas e com isenção de impostos. Caso, por exemplo, dos Estados Unidos, onde o limite *de minimis* subiu de US$ 200 para US$ 800 em 2015. Outros governos, no entanto, reduziram seu limite *de minimis,* em razão das pressões protecionistas dos produtores domésticos.

A OMC ressalta que, nos últimos dez anos, várias medidas não tarifárias que afetam os setores relacionados às ICT foram adotados pelos governos No setor de máquinas e peças de informática, por exemplo, foram adotadas cerca de 100 medidas não tarifárias prejudiciais, em comparação com 26 medidas de liberalização. Entre as medidas "prejudiciais" mais frequentemente adotadas estão aquelas relacionadas ao financiamento do comércio exterior e aos incentivos à exportação baseados em impostos, enquanto as medidas de liberalização mais frequentemente observadas dizem respeito à tributação interna das importações e aos requisitos de licenciamento de importações.

Segundo os autores do relatório, a cooperação internacional, tanto no âmbito da OMC como em acordos regionais, pode ajudar os governos a abrir e estimular a concorrência em seus setores de serviços de infraestrutura digital e a manter ou facilitar o acesso às tecnologias digitais, contribuindo assim para o desenvolvimento de infraestruturas de qualidade.

Quadro regulatório doméstico

Em geral, os governos aperfeiçoaram a estrutura regulatória de habilitação para promover e facilitar o investimento em infraestrutura digital ou na indústria digital. Ao mesmo tempo, no entanto, eles também introduzem regulamentações que visam alcançar objetivos de políticas públicas, como proteção ao consumidor, proteção da privacidade de dados e segurança cibernética. A presença de uma estrutura legal robusta promove a confiança do consumidor e aumenta a confiança nos mercados digitais e nas transações *on-line*, facilitando, assim, o engajamento nos fluxos transfronteiriços de comércio eletrônico.

A fim de facilitar o comércio digital, muitos países tomaram medidas para construir uma estrutura legal adequada que regule as transações eletrônicas e, em particular, estabeleça os padrões para a validade dos contratos e assinaturas eletrônicas. Segundo a Unctad, mais de 71 países adotaram legislação baseada ou influenciada pelo Modelo de Lei do Comércio Eletrônico, elaborado pela Comissão das Nações Unidas para Legislação do Comércio Internacional (UNCITRAL).

A maior parte das legislações existentes relacionadas com a proteção do consumidor visa proteger os consumidores de atividades comerciais fraudulentas e enganosas *on-line* e de publicidade enganosa *on-line*. Citando levantamento realizado pela Conferência das Nações Unidas sobre Comércio e Desenvolvimento (UNCTAD), a OMC assinala que, dos 125 países para os quais existem dados, 97 (dos quais 61 estão em desenvolvimento ou economias em transição) adotaram a legislação de proteção ao consumidor relacionada ao comércio eletrônico. Vários países adotaram legislação para proteger os consumidores de mensagens eletrônicas comerciais não solicitadas, comumente conhecidas como "*spam*".

Muitos países também adotaram ou modificaram recentemente a legislação para garantir a proteção de dados e privacidade. A falta de legislação de proteção de dados pode reduzir a confiança em uma ampla gama de atividades comerciais. Contudo, a OMC assinala que, embora os princípios de privacidade subjacentes possam ser relativamente semelhantes entre países, as interpretações e aplicações em jurisdições específicas diferem significativamente. Em alguns países, a privacidade é protegida como um direito fundamental, enquanto em outros países, a proteção da privacidade individual é baseada em outras doutrinas constitucionais ou em atos ilícitos.

Na avaliação da OMC, muitas leis de proteção de dados contêm lacunas e isenções significativas. Por exemplo, isenções podem ser aplicadas a pequenas empresas (nos

casos da Austrália e Canadá) ou a pequenos conjuntos de dados (no caso do Japão). Algumas leis de proteção de dados podem se aplicar apenas a setores específicos, como saúde e crédito, enquanto outras leis podem incluir isenções com base no assunto (por exemplo, dados sobre crianças versus dados de funcionários) e na fonte dos dados (por exemplo, dados coletados *on-line* versus *off-line*).

Ainda que os regimes de proteção de dados não precisem ser idênticos para que sejam interoperáveis, a existência destas lacunas e isenções em diferentes regimes de proteção de dados representa um desafio para a sua interoperabilidade entre países. As isenções limitam severamente as oportunidades de os países cumprirem um "teste de adequação" para transferências internacionais. Também podem levar a reclamações complexas e disputas sobre a cobertura.

Na opinião dos professores Avi Goldfarb e Dan Trefler da University of Toronto, em artigo incluído no relatório da OMC, é importante avançar na cooperação internacional em termos de padrões mínimos na regulamentação da privacidade dos dados para evitar que as restrições de uso e comercialização de dados impeçam o avanço das inovações tecnológicas baseadas em inteligência artificial (IA). Como a obtenção e uso de dados é insumo-chave no aprendizado das máquinas, as empresas com maior acesso aos dados estarão aptas a criar inteligência artificial que gere melhores predições e, por consequência, melhores produtos.

Segundo Goldfarb e Trefler , "por um lado, as empresas baseadas em IA querem uma estrutura regulatória frouxa em seu próprio país que lhes permita coletar e empregar grandes quantidades de dados, o que cria o risco de uma corrida regulamentar para baixo. Por outro lado, a utilização dos dados requer, geralmente, normas industriais que, se não forem coordenadas internacionalmente, fragmentarão os mercados mundiais e impulsionarão demandas por proteção disfarçada por parte de *players* nacionais".

O crescimento do comércio digital levanta igualmente questões relacionadas à segurança cibernética, o ato de proteger os sistemas de TI e seus conteúdos de ataques cibernéticos. Os ataques cibernéticos em geral são "tentativas deliberadas de pessoas não autorizadas para acessar sistemas de TI, geralmente com o objetivo de roubo, interrupção, danos ou outras ações ilegais". As medidas de segurança cibernética destinam-se a proteger os países contra ameaças cibernéticas ao mesmo tempo em que tentam promover os benefícios de um mundo cibernético.

De acordo com a OMC, relativamente poucos países têm uma estratégia publicada de segurança cibernética: apenas 73 entre 193. As estratégias de segurança cibernética envolvem vários tipos de políticas que podem ter impacto no comércio. Os governos

têm um forte interesse em proteger seus próprios sistemas de TI e muitos propuseram padrões de segurança ou requisitos para seus sistemas de compras. Em alguns casos, toda a participação estrangeira nos sistemas do governo é proibida. Em outros, componentes de um único país são explicitamente proibidos.

Alguns governos também veem como interesse do Estado garantir que os sistemas de TI usados por seus cidadãos estejam seguros, em particular em sua infraestrutura crítica. Eles podem incentivar ou exigir que as operadoras de TI domésticas protejam melhor seus sistemas por meio de padrões de segurança nacional. Mesmo nos casos em que não impõem esses padrões de segurança nacional, os governos podem ter interesse em verificar se os produtos de TI vendidos em seu mercado doméstico estão protegidos. Isso envolveria testes e certificações que podem ser onerosos, especialmente quando os processos diferem entre os países. Finalmente, vários países veem riscos de segurança no uso de sistemas de criptografia e podem exigir um processo de certificação específico para a tecnologia criptográfica, ou podem até tomar medidas mais restritivas.

De acordo com a OMC, vários países têm igualmente adotados políticas relativas à localização de dados, com base em preocupação com privacidade e/ou segurança. Tais políticas envolvem restrições à capacidade das empresas de transmitir dados de usuários domésticos para países estrangeiros. Contudo, segundo a OMC, o argumento de que os requisitos de localização de dados podem ser justificados em termos de privacidade ou de segurança cibernética não é consensual. Para alguns especialistas, os mandatos de localização de dados não aumentam nem a privacidade comercial nem a segurança de dados. A confidencialidade dos dados geralmente não depende do país em que os dados são armazenados, mas sim das medidas usadas para armazená-los com segurança.

Na avaliação da OMC, a discussão se a localização de dados é ou não um meio apropriado de abordar a privacidade de dados ou questões de segurança é importante, em grande parte porque os requisitos de localização de dados podem impor um custo significativo às empresas estrangeiras que desejam coletar dados e fazer negócios, com impacto sobre o comércio. A localização de dados pode forçar as empresas estrangeiras a estabelecer presença comercial em todos os países onde essa regra e a gastar mais em serviços de TI, armazenamento de dados e atividades de *compliance* do que gastariam sem medidas de localização de dados.

Esses custos adicionais podem prejudicar a competitividade de uma empresa estrangeira, reduzindo suas margens de lucro. Dependendo de como eles são projetados e introduzidos, os requisitos de localização de dados também podem impedir que alguns

serviços de armazenamento de dados ou processamento de dados sejam fornecidos em uma base internacional.

Política de concorrência

A digitalização, embora possa ter importantes efeitos competitivos, pode também trazer comportamentos excludentes e / ou colusivos e restrições à competição. A inovação digital resultou no surgimento de uma nova dinâmica de "ganhador leva tudo", com a emergência de gigantes da tecnologia digital, como Amazon, Alibaba e Google, que, em razão do seu poder de monopólio, pode prejudicar o bom funcionamento dos mercados digitais tanto no interesse dos consumidores, bem como dos produtores.

Muitos governos e autoridades reguladoras estão adotando medidas de política de concorrência para enfrentar os excessos percebidos de poder de mercado e / ou para assegurar condições equitativas para empresas menores. Por exemplo, para combater a concorrência, considerada desleal, da Amazon no comércio de livros *on-line*, a França aprovou uma lei estabelecendo um limite máximo de desconto que os varejistas (estrangeiros ou nacionais) podem oferecer para os preços dos livros publicados pelas editoras nacionais. A lei, que ficou conhecida como Lei Anti-Amazon, também proibiu o envio dos livros com frete grátis. Também na China, para evitar que os gigantes do comércio eletrônico obstruam a concorrência justa, a Administração Estatal da Indústria e Comércio da China (SAIC) introduziu, em outubro de 2015, um regulamento que proíbe explicitamente as plataformas de comércio eletrônico de impedir que os comerciantes participem de promoções em outros *sites*.

Segundo a OMC, a proliferação de casos e iniciativas por parte das autoridades nacionais da concorrência tem, todavia, o potencial de acarretar falhas de coordenação. As atividades transfronteiriças das empresas digitais podem resultar em transbordamentos, por exemplo, no caso de diferentes posições em diferentes jurisdições relativamente a acordos anticoncorrenciais, abusos de posição dominante e fusões.

Políticas específicas para MPME

O advento da internet e das tecnologias digitais avançadas facilitou a participação das micro, pequenas e médias empresas (MPMEs) no comércio e proporcionou-lhes acesso aos consumidores nos mercados internacionais. Constatando o potencial de exportação das MPMEs, muitos governos empreendem esforços especiais para aumentar a participação dessas empresas no comércio digital.

O relatório da OMC destaca alguns exemplos. Na Malásia, o governo, em parceria com o Alibaba Group e a Malásia Digital Economy Corporation (MDEC), lançou a Zona de Comércio Livre Digital, combinando uma zona física e uma plataforma virtual para conectar as MPMEs com potenciais mercados de exportação e facilitar as atividades de comércio eletrônico transfronteiriço. Já Cingapura anunciou, em 2017, o programa "PME Go Digital", que oferece serviços de consultoria especializada para ajudar as MPMEs com seus requisitos de digitalização e promove o desenvolvimento de habilidades e aprendizagem contínua para os seus funcionários.

Outros governos, como Brasil, Canadá, Chile e Suíça, estão realizando programas para ajudar as MPMEs locais a explorar os mercados internacionais, simplificando seus processos de negócios, desenvolvendo estratégias de *marketing* digital e melhorando seus serviços de atendimento ao cliente. Na mesma linha, muitos governos, além de oferecer serviços de consultoria em mercados eletrônicos, também estão facilitando programas de treinamento sob medida para as MPMEs para ajudar a melhorar suas capacidades de exportação online.

Proteção da Propriedade Intelectual

Desde os primórdios da internet, a resposta dos governos aos desafios do mundo *on-line* tem sido a adaptação sucessiva das ferramentas de imposição de proteção aos direitos de propriedade intelectual. Segundo a OMC, os países tiveram de enfrentar o desafio de manter os objetivos da política de proteção dos direitos de propriedade intelectual (IP) e de transpor os conceitos jurídicos concebidos para um mundo analógico ao mundo digital. As exceções e limitações tradicionais à proteção de IP, que permitem o equilíbrio adequado dos interesses dos usuários e dos detentores de direitos de propriedade intelectual, tiveram de ser revistos à luz da escala e da natureza do uso de IP no mundo digital e os novos modelos de negócios que ele desencadeou.

Os avanços nas tecnologias digitais viabilizaram a rápida distribuição não autorizada de filmes, músicas e outros conteúdos comerciais em todo o ambiente digital e também o surgimento de muitos novos modelos de negócios *on-line* que se concentram em novas maneiras de pesquisar, localizar e apresentar grande quantidade de conteúdo, principalmente protegido por direitos autorais, na internet. A partir de 1996, com a edição do Acordo sobre Direitos Autorais da Organização Mundial de Propriedade Intelectual (OMPI), vários países introduziram graus variados de proteção legal contra a

violação de medidas de proteção tecnológica ou a remoção de informação sobre o gerenciamento de direitos digitais (DRM, na sigla em inglês).

Em alguns países, a legislação instituiu responsabilidade civil, e algumas vezes criminal, tanto para a transgressão das técnicas (por exemplo, bloqueios digitais, senhas ou criptografia) usadas para controlar o acesso a conteúdo protegido por direitos autorais na internet como para a comercialização de ferramentas digitais que possam ser usadas com essa mesma finalidade. Vários países limitam, contudo, sob condições específicas, a responsabilidade legal do provedor de serviço, que apenas atua como intermediário na transmissão ou armazenamento de conteúdo digital que infringe direitos de IP.

Comércio digital e o Sistema Multilateral de Comércio

A OMC mantém desde 1998 um Programa de Trabalho sobre Comércio Eletrônico, que envolve quatro distintos órgãos da OMC em razão da sua natureza transversal: Conselho para o Comércio de Serviços, o Conselho para o Comércio de Bens, o Conselho para TRIPS e o Comitê de Comércio e Desenvolvimento. Esse programa explora a relação entre os acordos existentes da OMC e o comércio eletrônico.

Desde o final de 2015, a OMC constata o interesse crescente dos ministros dos países membros em aprofundar a discussão sobre as implicações do comércio digital. Uma ampla gama de questões foi levanta por alguns membros, incluindo, entre outras, a definição de *e-commerce*, a aplicabilidade dos direitos alfandegários aos bens, a transparência, o marco regulatório e as lacunas de infraestrutura para viabilizar o comércio eletrônico.

De acordo com os autores do relatório, os efeitos da digitalização nas regras do comércio internacional são de natureza horizontal e transversal. O comércio eletrônico está, em princípio, coberto pelas regras e disposições dos acordos internacionais de comércio no âmbito da OMC: Acordo Geral de Tarifas e Comércio (GATT), Acordo Geral sobre Comércio de Serviços (GATS), que cobre a oferta, em sentido amplo, de serviço, incluindo produção, distribuição, marketing, venda e entrega, e Acordo sobre Aspectos dos Direitos de Propriedade Intelectual Relacionados ao Comércio (TRIPS), que estabelece padrões mínimos abrangentes para a proteção e aplicação dos direitos de PI, incorporando, no marco legal da OMC, as convenções de propriedade intelectual, administradas pela OMPI. As regras e disposições desses tratados são neutras em termos da tecnologia, dado que se aplicam ao comércio de bens, serviços e propriedade intelectual, independentemente do modo particular de entrega do bem ou serviço.

Há relativo consenso de que as regras da OMC sobre comércio de serviços já se aplicam serviços prestados por via eletrônica e abrangem, em especial, as principais medidas que afetam o investimento estrangeiro e as condições de concorrência em setores de telecomunicações. Diversos estudos enfatizam a importância das obrigações do GATS, bem como a ampliação dos compromissos de acesso a mercados e tratamento nacional dos membros para melhorar o comércio digital.

De acordo com a OMC, estudos sugerem que o comércio digital pode ser apoiado por ações no âmbito do GATS, inclusive por grupos de membros que melhoram os compromissos em suas agendas na base da nação mais favorecida, sem exigir a criação de um novo conjunto de regras, como foi feito para o Acordo de Tecnologia da Informação.

Porém, a evolução das tecnologias digitais e a mudança do comércio de produtos intermediários para fluxos de dados transfronteiriços, incluindo conteúdo com direitos de propriedade intelectual, podem trazer desafios ao sistema comercial multilateral.

No relatório da OMC, as possíveis implicações dos avanços da digitalização para as regras do comércio internacional são discutidas por especialistas em artigos de opinião: professor Robert W. Staiger do Departamento de Economia do Dartmouth College, professor Anupan Chander da Georgetown University Law Center, Patrik Tingvall e Magnus Rentzhog, membros da Direção Nacional de Comércio da Suécia.

De acordo com o professor Staiger, ainda há pouca pesquisa formal sobre as implicações das tecnologias digitais para o sistema multilateral de comércio e o papel da OMC. No entanto, a literatura sobre a economia dos acordos comerciais oferece uma abordagem possível para pensar sobre esse tema. Na opinião do autor, dado que os acordos comerciais abordarem as externalidades internacionais associadas às decisões unilaterais de políticas comercial domésticas, “duas perguntas podem ser feitas: 1) Como as tecnologias digitais podem interagir com as externalidades tradicionais de política internacional que são tratadas pela OMC; e / ou 2) essas tecnologias poderiam criar novas formas de externalidades internacionais que a OMC poderia abordar?”

Para o professor Staiger, responder a essas questões é importante, em parte devido à natureza diferente das abordagens da liberalização no GATT e no GATS. Segundo o autor, a abordagem do GATT pode ser denominada "integração superficial", baseada na "tarifação" de medidas de proteção e no enfoque subsequente dos esforços de liberalização nas tarifas, enquanto a abordagem do GATS pode ser caracterizada como "integração profunda", pois se concentra em uma variedade de medidas regulamentares de setores específicos por detrás das fronteiras.

A importância crescente das tecnologias digitais e a distorção associada à diferenciação entre bens e serviços, que tornam a distinção entre o GATT e o GATS cada vez mais insustentável, podem exigir a reestruturação e unificação desses acordos dentro da OMC. Uma maior harmonização da abordagem da OMC às regras do comércio de bens e serviços poderia ser ainda mais benéfica à luz da indefinição da distinção entre comércio de bens e comércio de serviços.

No que se refere à possibilidade concreta das tecnologias digitais criarem novas formas de externalidades internacionais que possam ser abordadas pelo sistema multilateral de comércio, o professor Staiger aponta para o problema de privacidade associado aos fluxos transfronteiriços de dados. Segundo ele, assim como os direitos de propriedade intelectual (DPI) das empresas podem ter efeitos comerciais, a proteção dos dados dos consumidores também pode ter impactos comerciais. Porém, tal como a proteção dos DPI, questões de privacidade transfronteiriças não são questões de acesso ao mercado, ou seja, não geram externalidade internacional nos termos de comércio. Desse modo, as soluções para as questões de proteção à privacidade, levantadas pelas tecnologias digitais, devem ser buscadas fora do GATT e do GATS.

Na opinião desse autor, o Acordo TRIPS da OMC parece ser um fórum natural para abordar as questões de privacidade transfronteiriças levantadas pelas tecnologias digitais. TRIPS é um acordo sobre normas mínimas para a proteção e a observância dos direitos de propriedade intelectual, que são explicitamente reconhecidos no preâmbulo TRIPS como "direitos privados". As questões de privacidade levantadas pelas tecnologias digitais podem ser vistas como questões transfronteiriças de direitos de propriedade privada sobre os próprios dados digitais.

Também na avaliação do professor Chander, para quem a “internet é a Rota da Seda do século XXI, impulsionando o comércio em todo o mundo de maneiras até então impossíveis”, os acordos fundamentais da OMC, mesmo tendo sido concebidos na aurora da era da internet, abordavam as telecomunicações e outras redes eletrônicas, inclusive a internet. Em particular, o GATS reconhece quatro modos de comercialização de serviços, incluindo o comércio transfronteiriço, em que o fornecedor e o consumidor realizam transações de suas respectivas economias nacionais através de uma fronteira. Muitos membros firmaram compromissos específicos para liberalizar o comércio transfronteiriço de serviços de banco de dados, serviços de processamento de dados, serviços de informática, serviços de telecomunicações e outros serviços, que podem ser prestados eletronicamente.

O avanço da economia digital trouxe, no entanto, novas preocupações que resultam em desenvolvimento no quadro regulatório tanto a nível internacional como nacional. Esse é o caso, segundo o professor Chander, da computação em nuvem, na qual o armazenamento e o processamento de informações são fornecidos como um serviço a partir de computadores remotos, cujo surgimento aumentou as complexidades jurisdicionais do comércio digital transfronteiriço.

Na opinião desse autor, a privacidade, a segurança cibernética e a proteção tradicional ao consumidor tornaram-se componentes críticos do comércio internacional, e os acordos comerciais terão que garantir esses valores. Todavia, o marco regulatório encontrará novos desafios nas últimas inovações tecnológicas, como realidade virtual e aumentada, inteligência artificial e robótica, que exigirá tanto intervenções facilitadoras quanto reguladoras no âmbito do sistema multilateral de comércio bem como no âmbito nacional.

O relatório destaca que, não obstante a capacidade dos acordos existentes da OMC para se adaptarem às novas tecnologias, também houve situações em que os membros da OMC decidiram desenvolver novas disposições para resolver problemas específicos ou tomar medidas com vista a responder às tecnologias digitais emergentes. O exemplo mais recente de como as regras multilaterais de comércio que estão sendo atualizadas para levar em conta as novas tecnologias digitais é o Acordo de Facilitação de Comércio (TFA) da OMC, que entrou em vigor em 22 de fevereiro de 2017.

Esse acordo TFA requer que os membros disponibilizem “através da Internet” várias categorias de informações relacionadas ao comércio. Também estabelece que os membros devem, na medida do possível, permitir a opção de “pagamento eletrônico” de taxas, impostos, taxas e encargos cobrados pela alfândega e incentiva os membros a adotar um guichê único, com uso da “tecnologia da informação” para apoiá-lo.

Implicações da Impressão 3D e da Servicificação de produção industrial

De acordo com a OMC, as novas tecnologias levam a diferenças de opinião sobre como as regras atuais dos tratados multilaterais devem ser interpretadas e entendidas. Em particular, tem se discutido como as regras se aplicam ao comércio de produtos impressos em 3D e como lidar com os efeitos da “servicificação” da indústria de transformação.

Como se sabe a impressão 3D refere-se a processos de fabricação em que um material (moléculas líquidas ou grãos em pó) é amalgamado para criar, sob o controle de computador, um objeto tridimensional baseado em um modelo digital. Na avaliação da OMC, apesar da tecnologia avançada, os objetos "impressos" usando essa técnica não são significativamente diferentes daqueles produzidos usando técnicas de produção tradicionais que dependem de trabalhos de *design*, planos ou esboços. Se um objeto é projetado em um país e as instruções para sua fabricação são transmitidas para outro país, é evidente que o que está sendo transmitido não é o objeto em si, mas um projeto ou plano que permite que uma empresa produza um ou mais unidades desse modelo em particular.

Mas o que acontece se o bem impresso em 3D for exportado para um terceiro país? De acordo com as regras existentes, essas mercadorias não seriam tratadas de maneira diferente das mercadorias fabricadas com base em projetos desenvolvidos em outro país ou no mesmo país de exportação. Há, no entanto, dois conjuntos de regras que podem se tornar cada vez mais relevantes na determinação desse tratamento.

O primeiro diz respeito ao artigo 8 do Acordo de Valoração Aduaneira (CVA) da OMC. Esse artigo exige expressamente que as autoridades alfandegárias incluam no valor aduaneiro os pagamentos para "engenharia, desenvolvimento, ilustrações, trabalho de projeto, planos e esboços, realizados fora do país de importação e necessários para a produção das mercadorias importadas". Isso significa que o país onde tais "engenharia, desenvolvimento, ilustrações, trabalho de *design*, planos e esboços" são produzidos tem um impacto sobre o valor aduaneiro das mercadorias importadas. No entanto, se as mercadorias são impressas para exportação, poderá ser cada vez mais difícil para as alfândegas levarem em conta esses custos, particularmente nos casos em que estes não são declarados pelo importador, dado a inexistência de procedimentos adequados de auditoria pós-importação.

O segundo diz respeito às regras de origem, ou seja, os critérios necessários para determinar a fonte nacional de um produto, que variam dependendo da metodologia específica usada para determinar a "transformação substancial" em um caso particular. Como os membros da OMC ainda não concluíram o programa de trabalho de harmonização, atualmente não há regras de origem não preferenciais específicas do produto na OMC, de modo que cada membro pode determinar suas próprias regras. No contexto dos esquemas preferenciais, há também uma grande diversidade nos tipos de regras de origem aplicadas pelos membros, o que pode tornar cada vez mais difícil determinar qual regra aplicar no caso de objetos impressos em 3D.

De acordo com a OMC, embora a questão não tenha sido especificamente discutida pelos seus membros, não parece haver, à primeira vista, razão para o tratamento de modelos de impressão 3D, projeto de *design* auxiliado por computador (CADs) ou arquivos de manufatura aditiva (AMF) de forma diferente do desenvolvimento, das ilustrações, do trabalho de *design*, dos planos e esboços da engenharia tradicional. Esses últimos foram rotineiramente desenvolvidos e transmitidos digitalmente nas últimas décadas.

Alguns especialistas consideram que a impressão 3D não apresenta nada essencialmente novo em termos de regras e procedimentos alfandegários atuais, sugerindo que não há necessidade de ajustes. Essa não é, todavia, uma interpretação consensual. Os especialistas suecos Tingvall e Rentzhog, por exemplo, consideram que alguns ajustes podem sim ser necessários para garantir que os regulamentos da OMC não atrapalhem o progresso liderado pelas novas tecnologias.

Na visão de Tingvall e Rentzhog, a impressão 3D ou manufatura aditiva, é um exemplo perfeito de como as novas tecnologias disruptivas estão remodelando os padrões globais de comércio e investimento. Do ponto de vista da política comercial, é possível afirmar que certas etapas da produção industrial são incorporadas ao processo de impressão 3D, o que, por sua vez, substitui o comércio de bens intermediários. Na avaliação dos autores, o cenário futuro de comércio e produção parece apontar para o aumento do comércio de serviços de fluxos de dados transfronteiriços, incluindo o conteúdo IP. A velocidade e a magnitude dessa transmissão dependerão, em parte, do ambiente regulador que rege o comércio e a localização das atividades de impressão em 3D. As diferenças nos direitos de propriedade intelectual entre os países tornar-se-ão cada vez mais importantes comparativamente ao local onde a produção real ocorrerá.

Na opinião desses autores, o fato de muitas das regras da OMC serem flexíveis e tecnologicamente neutras, contribuiu para os regulamentos atuais funcionem bem na transição em curso do comércio de bens para o comércio de serviços. Todavia, a aplicação das regras atuais à impressão 3D pode ser muito difícil. Segundo Tingvall e Rentzhog, a evolução da impressão 3D pode desafiar o sistema comercial multilateral em três maneiras:

1. As regras do GATT sobre bens não se aplicam se não houver comércio transfronteiriço. Além disso, acordos como o Acordo Antidumping tornam-se menos relevantes com a impressão 3D, dado que, como não há passagem de bens pela fronteira, será difícil de provar.

2. Alguns acordos, ou partes deles, ganham importância à custa de outros. Mais notavelmente, os serviços ocupam o centro do palco, tornando o GATS relativamente mais importante.

3. Algumas regras podem precisar de atualização. Exemplos: o GATS não possui detalhamento sobre questões como subsídios. Isso torna os membros da OMC menos vinculados às regulamentações comerciais, o que significa que as empresas que adotam a impressão 3D também se movem para um território menos regulamentado. Também não existe uma regra horizontal sobre o direito de transferir dados, o que abre a possibilidade de protecionismo e barreiras às transferências digitais.

No que se refere à "servicificação" da manufatura, situação na qual a indústria manufatureira está cada vez mais se integrando com os serviços, empregados como insumos no processo de produção, bem como produzindo e exportando mais serviços junto com os bens físicos industriais, a OMC considera que as regras existentes se aplicam ao comércio de todos os bens, sem distinguir se incluem serviços incorporados ou integrados.

Todavia, alguns acordos levam em conta se serviços são comercializados indiretamente ao serem incorporados ou integrados nas exportações de bens. Por exemplo, o Acordo de Valoração Aduaneira (CVA) já prescreve os tipos de serviços que podem ou não podem ser levados em conta ao determinar o valor aduaneiro de um bem. As regras de origem preferenciais e não preferenciais baseadas no acréscimo de valor também levam em consideração certos serviços para determinar a "transformação substancial" de um bem.

O relatório destaca que os membros do Comitê Técnico sobre Valoração Aduaneira, criado pelo CVA, têm discutido essas questões. Porém, ainda não conseguiram chegar a um consenso. Em consequência, se surgirem tais circunstâncias, as autoridades aduaneiras nacionais deverão interpretar as regras da CVA caso a caso, como entenderem.

No caso das exportações de produtos impressos em 3D, os membros da OMC parecem ainda não enfrentar grandes desafios na interpretação e aplicação das regras. No entanto, isso pode mudar à medida que a importância da tecnologia aumenta. No caso das "funções bloqueadas" nos aparelhos, os membros da OMC ainda não conseguiram chegar a uma decisão comum que harmonizasse a interpretação das regras.

Litígios envolvendo tecnologias digitais

O extraordinário desenvolvimento e diversificação das tecnologias digitais ao longo das duas últimas décadas se fez sentir na arena do sistema de solução de controvérsias da OMC, que tem se encontrado cada vez mais encarregada de resolver disputas relacionadas a produtos digitais e métodos digitais de transmissão e entrega.

Como já mencionado, a maioria das regras da OMC foi elaborada antes da atual revolução digital, e sua aplicação a produtos novos e inovadores e sistemas de entrega pode ser, portanto, ser um desafio. Os painéis de solução de controvérsias e o Órgão de Apelação tiveram, portanto, que resolver, dentro do quadro legal existente, as disputas relativas a tecnologias que, em alguns casos, não existiam quando os acordos da OMC estavam sendo redigidos.

Segundo a OMC, uma questão importante relacionada à economia digital que surgiu na solução de controvérsias relacionada ao GATT diz respeito ao tratamento tarifário de novas tecnologias. Todos os membros da OMC têm "cronogramas" de concessões, instrumentos legais que estabelecem em forma de lista as tarifas máximas de importação (isto é, obrigações consolidadas) que podem ser cobradas pelos membros em diferentes produtos. Em relação ao GATS, os membros da OMC têm cronogramas de compromissos que detalham os níveis vinculados de acesso a mercados e tratamento nacional. Os cronogramas do GATT e do GATS são "obrigatórios", o que significa que os membros são legalmente proibidos de impor tarifas ou limitações acima de seus níveis programados. Os problemas podem surgir, por exemplo, quando as novas tecnologias não se encaixam claramente em nenhuma das categorias de produtos.

Outras questões relacionadas à tecnologia também surgiram na resolução de controvérsias da OMC relacionadas a métodos digitais de transmissão ou entrega no comércio de serviços. À medida que a Internet supera cada vez mais as barreiras físicas de tempo e distância e possibilita comunicação, engajamento e transações internacionais com facilidade e velocidade sem precedentes, e através de uma gama cada vez maior de dispositivos, surgiram controvérsias sobre a extensão da prestação de serviços na internet, em oposição a tecnologias de telecomunicações mais tradicionais, como o telefone ou o aparelho de fax, que são cobertas pelo cronograma de concessões em serviços dos membros da OMC.

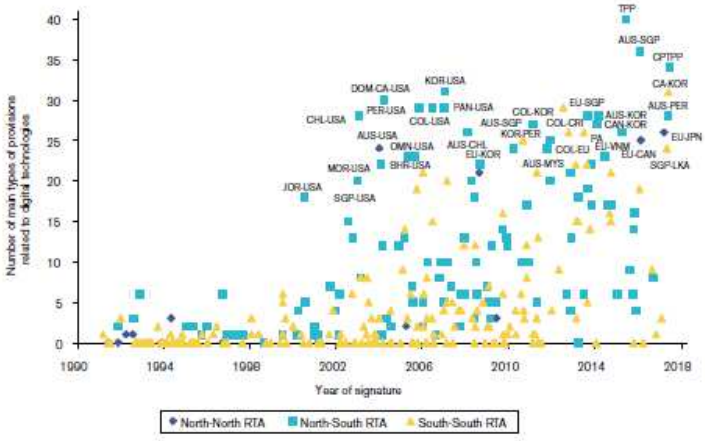
As Tecnologias digitais nos Acordos Regionais de Comércio (RTA)

O comércio digital está se tornando um aspecto mais complexo e debatido das relações comerciais internacionais, notadamente como uma consequência do possível escopo para a rivalidade comercial estratégica e maiores preocupações com relação a vários aspectos da política, incluindo a segurança.

Segundo a OMC, vários governos responderam aos desafios da digitalização por meio de Tratados Regionais de Comércio (RTAs). Esses RTAs de serviços foram utilizados, em uma extensão muito maior em média do que os compromissos do GATS, para vincular as oferta transfronteiriça de serviços (incluindo, em alguns casos, fornecimento digital), bem como garantir níveis de acesso ao mercado e tratamento nacional para o estabelecimento e operação de entidades estrangeiras que desejam fornecer, por exemplo, serviços de infraestrutura digital.

Segundo os autores do relatório, questões relacionadas às tecnologias digitais são explicitamente abordadas em 276 dos 286 RTAs notificados à OMC e em vigor em agosto de 2018. Nesses tratados regionais, algumas disposições específicas relacionadas à tecnologia digital esclarecem certas disposições e / ou compromissos existentes estabelecidos no âmbito da OMC, enquanto outras disposições ampliam os compromissos ou estabelecem novos compromissos. Embora a inclusão de tais disposições não seja um fenômeno recente, o número de RTAs que incorporam provisões relacionadas às tecnologias digitais aumentou nos últimos anos, conforme destacado na Figura abaixo.

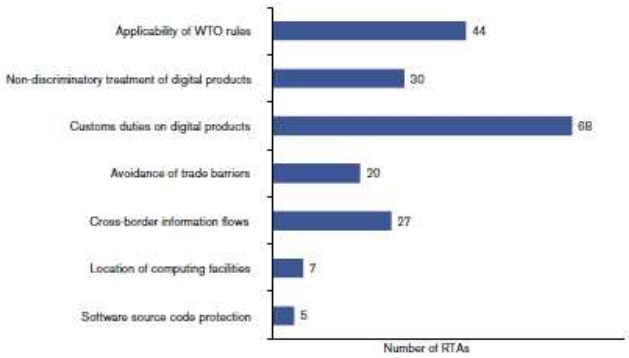
Evolução dos RTAs com provisões relacionadas às tecnologias digitais



Extraído de OMC, 2018, pg. 179.

A OMC assinala ainda que a estrutura, escopo e linguagem dos RTAs evoluíram ao longo dos anos, com disposições recentes muitas vezes mais abrangentes e detalhadas. Um amplo conjunto de disposições sobre tecnologias digitais encontradas nos RTAs está explicitamente relacionado às regras comerciais e ao acesso a mercados. Como mostra a Figura abaixo, o escopo dessas disposições abrange desde a aplicabilidade das regras da OMC e da RTA ao comércio eletrônico, ao tratamento não discriminatório de produtos digitais semelhantes, bem como a compromissos de não impor tarifas alfandegárias aos produtos digitais e liberalizar o comércio digital de serviços. Outras disposições relativamente mais recentes tratam da transferência transfronteiriça de informações por meios eletrônicos, do uso e localização das instalações de computação e da transferência e acesso ao código-fonte do *software*.

Provisões relacionadas às regras comerciais e ao acesso a mercados



Extraído de OMC, 2018, pg. 179.

Considerações finais

Para a OMC, o comércio digital está se tornando um aspecto mais complexo e debatido das relações comerciais internacionais, notadamente como uma consequência do possível escopo para a rivalidade comercial estratégica e maiores preocupações com relação a vários aspectos da política, incluindo a segurança. Por um lado, levanta questões na interseção da governança comercial, como acesso a mercados e não discriminação, e, por outro lado, em certos aspectos da governança da internet, como privacidade on-line e proteção ao consumidor, entre outros.

Na avaliação da OMC, questões relacionadas à proteção da privacidade e à segurança cibernética deverão ganhar proeminência nos debates sobre a futura governança do comércio digital. Porém, ainda não há consenso em torno do próprio significado do conceito de segurança cibernética ou segurança da informação.

A OMC também ressalta que embora a estrutura do sistema multilateral de comércio, e em particular o Acordo Geral sobre Comércio de Serviços, seja relevante para o comércio digital e já estão sendo adotadas certas medidas para promover o comércio digital dentro da estrutura existente, os países membros terão que considerar como querem reagir às mudanças contínuas na economia e na forma de realização dos negócios. Ainda que a regulamentação do comércio existente normalmente não se refira a inovações ou tecnologias específicas, os efeitos da digitalização nas regras do comércio internacional são de natureza horizontal e transversal. A natureza transfronteiriça das empresas digitais reforça a necessidade de cooperação internacional e progresso em direção a normas comuns.

Finalmente, os autores do relatório levantam algumas questões normativas com relação a futuras iniciativas internacionais para promover a expansão do comércio digital e como essas iniciativas contribuirão para tornar o comércio mais inclusivo. Uma primeira questão diz respeito ao fosso digital, suas consequências e as medidas que podem ser tomadas para reduzi-lo. Isso inclui o uso de acordos internacionais, como o GATS, para assumir compromissos que aumentam a credibilidade da política e, assim, ajudam a atrair investimentos diretos estrangeiros.

Uma segunda questão diz respeito à participação das MPMEs e à extensão na qual a inovação digital nivelará o campo de comércio. Uma terceira questão, relacionada à anterior, é se a digitalização trará consigo mais ou menos concorrência. Caso prevaleça a dinâmica do “vencedor leva tudo”, as autoridades nacionais de concorrência provavelmente desempenharão um papel proeminente, tornando necessária uma maior cooperação internacional.

5.5. Os Desafios da Tributação na Economia Digitalizada

Introdução

A digitalização está transformando muitos aspectos da vida cotidiana, bem como o modo em que a economia e a sociedade se organizam e funcionam. Novas tecnologias digitais agem como uma fonte de empreendedorismo, reduzem barreiras à entrada em mercados, afetam de forma ampla o ambiente de negócio, diminuem custos de transação, elevam a transparência dos preços e melhoram a produtividade.

Todas estas tendências devem se ampliar ainda mais nos próximos anos, ao ritmo da difusão de inovações adicionais na área digital, de modo a criar novos mercados e novos modelos de negócios e alterar profundamente aqueles já existentes. Este é um quadro que traz grandes desafios de diferentes naturezas, para o emprego, para o comércio exterior, para as cadeias produtivas e para a apropriação do valor adicionado, entre outros.

Um destes desafios que vem, cada vez mais, chamando atenção dos países, notadamente dos desenvolvidos, são os impactos sobre a arrecadação fiscal dos Estados. Está ficando mais nítido que os sistemas tributários em vigor no mundo não estão preparados para lidar com a digitalização das atividades econômicas. Isso porque os atuais impostos não foram pensados para incidir sobre novos mercados que movimentam somas crescentes de recursos, nem para lidar com novas estratégias de elisão ou sonegação fiscal facilitadas pelas tecnologias digitais.

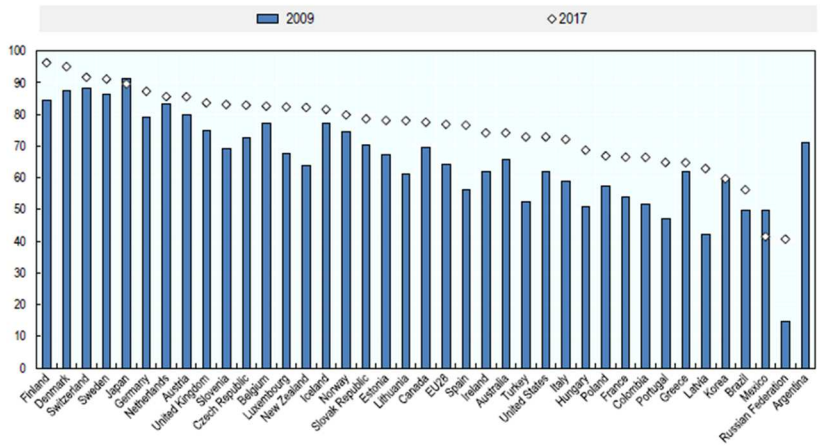
Com o intuito de ajustar os sistemas tributários à nova realidade, ações coordenadas ou unilaterais vêm sendo adotadas por muitos países. Algumas destas ações serão analisadas neste capítulo, a partir do relatório da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) intitulado *Tax challenges arising from digitalization* - Interim Report 2018: Inclusive framework on BEPS – Base Erosion and Profit Shifting Project.

O avanço da digitalização

A difusão de tecnologias que modificam significativamente a economia e aspectos da vida diária tem se intensificado na presente década. O uso de serviços de computação nas nuvens pelas empresas, por exemplo, tem se acelerado. De acordo com a OCDE, em seu relatório *Tax challenges arising from digitalization* - Interim Report 2018: Inclusive

framework on BEPS – Base Erosion and Profit Shifting Project, cerca de 50% das grandes empresas estavam usando esses serviços em 2016 e uma grande proporção de empresas tem atualmente algum grau de presença na web, como mostra o gráfico a seguir.

Empresas com presença na Web (em % do total das empresas)



Extraído de OCDE - *Tax challenges arising from digitalization* - Interim report 2018: Inclusive framework on BEPS – Base Erosion and Profit Shifting Project.

Segundo os autores do relatório, a conectividade tem se tornando crescentemente onipresente, com 83% dos adultos nos países-membros acessando internet em 2016 e 95% das empresas se beneficiando das conexões de Internet de alta velocidade. A importância crescente do papel das tecnologias digitais na vida das pessoas pode ser auferida no crescimento do trafego global da internet, estimado a alcançar 200 exabytes (igual 10^{18} bytes) por mês em 2020 ante 70 exabytes por mês em 2015.

Um gigantesco montante de dados é agora gerado pelos dispositivos e usuários constantemente conectados. Atualmente, o volume de dados criado ao redor do globo é estimado a dobrar a cada ano, com mais de 44 zettabytes (equivalente a 44 trilhões de gigabytes) de dados gerados em 2020. Esses dados estão sendo coletados por empresas e governos e combinados com os avanços nas tecnologias de difusão e análise de dados estão proporcionando os insights necessários para transformar e moldar a maneira como as pessoas se comportam e como as organizações operaram.

As inovações científicas continuam a empurrar a fronteira digital. Em 2015, estudo da OCDE identificava inúmeras tecnologias emergentes, incluindo a internet das coisas (IoT, na sigla em inglês), criptomoedas digitais, economia de compartilhamento, impressão 3D, robótica avançada e dados governamentais abertos, que são combinados em novos e inovadores modos. Poucos anos depois, a crescente importância dessas tendências se

confirmou. A IoT, que viabiliza a conectividade on-line dos dispositivos, está crescendo de forma exponencial.

Os autores do relatório ressaltam que, mesmo havendo dúvida quanto sua estabilidade e valor, existem atualmente mais de 1500 criptomoedas. A sua tecnologia subjacente de *blockchain*, tecnologia de contabilidade distribuída, oferece várias possibilidades de utilização, que já estão sendo exploradas. Isso inclui o fortalecimento de características de proteção e segurança, que podem proporcionar um registro mais seguro das transações e outras dimensões da atividade econômica.

Adicionalmente, nos anos recentes, o uso de manufatura aditiva ou impressão em 3D tem crescentemente se tornando comum, substituindo métodos tradicionais de produção em massa, mudanças que estão alterando as cadeias de valor. Na indústria aeroespacial, por exemplo, a Boeing tem utilizado a impressão 3D para criar mais de 50 mil unidades de cerca de 900 partes de aviões e naves espaciais. Também se observa crescentemente, inteligência artificial no sentido estrito (máquinas baseadas em sistemas que desempenham tarefas em campo delimitado) sendo empregada em diversos e crescentes campos. Igualmente, há previsão de que inteligência artificial ampla (máquinas baseadas em sistemas que aprendem e resolvem problemas inovadores) possa ser alcançada em um futuro próximo.

Para a OCDE, a digitalização está também alterando a própria natureza da formulação de política com um novo leque de instrumentos para desenvolver, monitorar e avaliar a efetividade de uma gama de diferentes políticas e seus resultados. É importante estar apto a aproveitar as inovações tecnológicas para apoiar a entrega de soluções mais eficazes e adaptadas e promover um ambiente amigável à inovação e ao crescimento bem como assegurar que os riscos associados à digitalização sejam mitigados ou evitados por meio de salvaguardas apropriadas. Na área tributária, isso significa que as políticas e sua execução precisam ser desenhadas para levar em conta o ambiente em transformação, sendo ao mesmo tempo suficientemente claras para fornecer certeza e transparência aos contribuintes, de modo a facilitar o crescimento sustentado de longo prazo.

Os autores do relatório assinalam uma série de características-chave da digitalização que são potencialmente relevantes da perspectiva da tributação. Essas incluem mobilidade, dependência de dados, efeitos de rede, espraiamento de modelos múltiplos de negócios, tendência a monopólio ou oligopólio, volatilidade. Também salientam que a digitalização também tem acelerado e modificado o espraiamento das cadeias globais de valor nas quais as empresas multinacionais integram suas operações mundiais. Mais

especificamente, destacam que a coleta e exploração de dados, o efeito de redes e a emergência de novos modelos de negócio, como as plataformas múltiplas, propiciam a exacerbação dos desafios às regras tributárias existentes.

Arranjos de Negócios para Evasão/Elisão Fiscal

Na avaliação da OCDE, alguns modelos de negócio altamente digitalizados adotados por empresas multinacionais (EMNs) podem potencializar problemas de erosão da base e transferência de lucros (BEPS – Base Erosion and Profit Shifting Project) e criam inúmeros desafios ao financiamento dos Estados por meio da tributação.

No que se refere aos tributos diretos, esses desafios estão relacionados aos nexos (vínculos diretos entre a receita auferida e a atividade que gera essa receita), dados e caracterização do negócio. No contexto da tributação indireta, um dos desafios está relacionado à cobrança do imposto sobre valor adicionado nas transações transfronteiriças, particularmente naquelas onde os bens, serviços e intangíveis são adquiridos por consumidores privados junto a ofertantes estrangeiros.

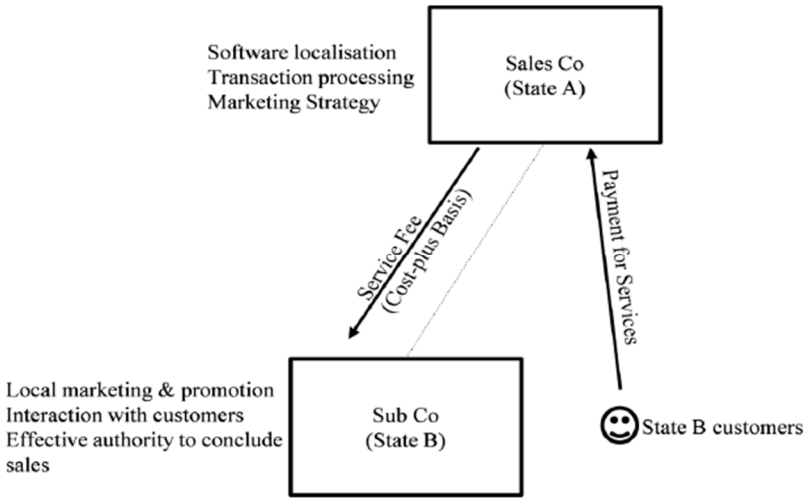
A possibilidade de acessar e interagir com clientes remotamente por meio da internet em conjunto com a automação de algumas funções das empresas reduziu significativamente a necessidade de infraestrutura e pessoal local para concretizar atividades de vendas em uma jurisdição específica, o que é conhecido, segundo a OCDE, como “escala sem massa”.

Os mesmos fatores criam incentivos para as empresas multinacionais atenderem os clientes remotamente em múltiplas jurisdições de mercado a partir de um único centro (*hub*). Em certos casos, porém, continuam mantendo algum grau de presença em países que têm mercados significativos para seus produtos, mediante, por exemplo, o estabelecimento de subsidiária local responsável para apoiar e facilitar as vendas (as chamadas estruturas de comércio). Essa última é tipicamente remunerada pelos serviços que provê em uma base de custo acrescido de margem de lucro (*cost-plus basis*).

Algumas estruturas comuns a todos os setores econômicos conduzem à substituição de subsidiárias locais tradicionalmente atuando como distribuidores com arranjos comissionados. O resultado é a realocação de lucros para fora de certas jurisdições sem que tenha ocorrido uma substancial mudança nas funções desempenhadas ali. Outras estruturas mais específicas às empresas altamente digitalizadas, como a provisão on-line de serviços de propaganda, envolvem contratos negociados na jurisdição de mercado por meio da subsidiária local, mas que não são formalmente concluídos

naquela jurisdição. Em vez disso, um sistema automatizado gerenciado no exterior pela empresa controladora poderia ser responsável pela finalização desses contratos. Dado que a subsidiária local não tem mandato formal para se envolver nas vendas de produtos e serviços do grupo, essas estruturas de negócio geralmente evitam a constituição de um estabelecimento permanente (PE, na sigla em inglês) na jurisdição de mercado. A Figura abaixo ilustra como esse tipo de estrutura pode apresentar alguns problemas de erosão de base e transferência de preços (BEPS).

Cenário envolvendo escape artificial do estatuto de estabelecimento permanente



Extraído de OCDE - *Tax challenges arising from digitalization* - Interim report 2018: Inclusive framework on BEPS – Base Erosion and Profit Shifting Project, pág. 93.

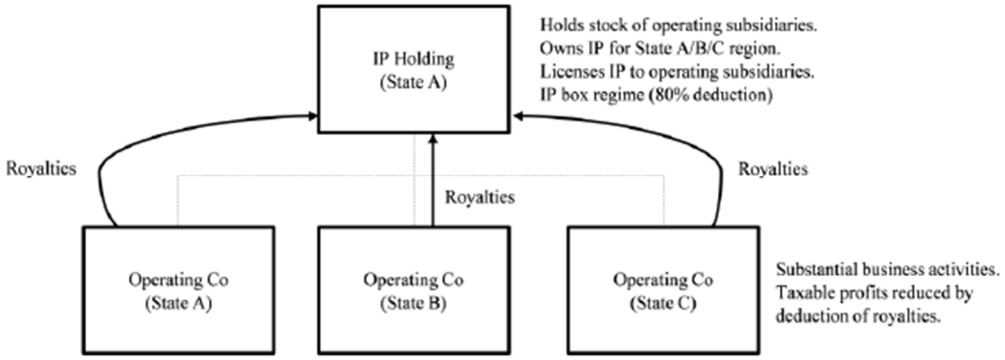
As empresas multinacionais também utilizam estruturas de negócios para separar as receitas de suas atividades econômicas subjacentes e, desse modo, reduzir ou escapar da tributação. Segundo a OCDE, isso acontece, normalmente, nos modelos de negócios em que os ativos intangíveis são centrais para a lucratividade da empresa, tais como aquelas altamente digitalizadas. Essas estruturas implicam, normalmente, transferência de ativos intangíveis ou de seus direitos associados para filiais em jurisdições com baixa tributação, suscetíveis de não ter a capacidade de controlar os ativos ou os riscos associados.

Os ativos intangíveis são geralmente centrais para o processo de criação de valor das empresas digitais. Além disso, os intangíveis e os rendimentos decorrentes da sua exploração são, por definição, geograficamente móveis. Neste contexto, o desejo de atrair investimentos e oferecer um ambiente tributário competitivo levou um crescente número de países a introduzir um tratamento fiscal preferencial a partir da renda proveniente da exploração da propriedade intelectual (PI). De acordo com autores do

relatório, isso é, geralmente, colocado em prática por meio de uma dedução (de 50% a 80%) ou de isenção da receita de propriedade intelectual qualificada.

Isso cria um incentivo para que as empresas multinacionais localizem seus bens intangíveis na jurisdição fiscal onde o regime preferencial de renda de PI está disponível (ver Figura abaixo). O resultado é que o lucro das entidades afiliadas que realizam atividades comerciais substanciais pode ser significativamente reduzido, enquanto a tributação mínima ou inexistente é garantida no afiliado onde o IP está localizado.

Estrutura para se beneficiar de um regime preferencial de propriedade intelectual



Extraído de OCDE - *Tax challenges arising from digitalization* - Interim report 2018: Inclusive framework on BEPS – Base Erosion and Profit Shifting Project, pág. 111.

A mobilidade e flexibilidade inerentes aos modelos de negócios altamente digitalizados possibilitam às empresas multinacionais gerenciarem suas operações globais em uma base integrada a partir de uma localização central que pode ser geograficamente distante do local em que as operações de pesquisa e desenvolvimento são realizadas e do local em que seus fornecedores ou clientes estão localizados.

Sob essa estrutura, a renda proveniente das vendas remotas não irá resultar em nenhuma obrigação fiscal nas jurisdições onde os clientes estão localizados, ao mesmo tempo em que está sujeita a uma tributação mínima ou a nenhuma tributação no país em que centraliza sua base de operações. Adicionalmente, os pagamentos não serão sujeitos à tributação doméstica dos acionistas (empresa matriz) no país de residência final.

O relatório assinala ainda que a flexibilidade de muitas empresas com negócios digitalizados na escolha de vantagens fiscais (*treaty-shopping*) para a localização de seus principais recursos cria um incentivo para o uso de uma empresa interposta (*conduit company*). Essa empresa interposta, que não passa de empresa de fachada, sem atividades substanciais, é instalada em um país com uma rede de tratados fiscais favoráveis para obter benefícios fiscais geralmente concedidos apenas a empresas

residentes. Nesse arranjo, a renda proveniente de empresas operacionais localizadas em outros países é paga ao *conduit* e, em seguida, redistribuída por essa empresa interposta aos seus acionistas como dividendos, juros, *royalties*, etc.

Diretrizes de Reforma Tributária face aos Desafios da Digitalização

O Projeto de Erosão da Base e Transferência de Lucros (BEPS – Base Erosion and Profit Shifting Project) da OCDE / G20 foi lançado em junho de 2012, após uma solicitação dos líderes do G20, para identificar os principais problemas gerados pela digitalização que conduzem à erosão da base tributária. Organizados em torno de três pilares, os objetivos do Projeto BEPS foram:

1. reforçar a coerência das regras do imposto de renda das empresas no nível internacional,

2. realinhar a tributação com a substância das atividades econômicas e

3. melhorar a transparência.

Como resultado de um programa de trabalho ambicioso, o pacote BEPS com 15 medidas ou ações foi entregue, em outubro de 2015, aos líderes do G-20. Em 2016, o Quadro Inclusivo sobre BEPS foi estabelecido com um amplo mandato para garantir a introdução consistente, ampla e eficaz do pacote de medidas.

Segundo a OCDE, até o presente momento, 113 países e jurisdições representando mais de 93% do PIB global aderiram ao Quadro Inclusivo sobre BEPS e estão tomando medidas para fechar as lacunas e abordar as incompatibilidades na legislação tributária internacional, que facilitavam a evasão e/ou elisão fiscais por parte das empresas multinacionais, devido sobretudo ao avanço da digitalização.

Todos os membros do Quadro Inclusivo sobre BEPS concordaram em introduzir os padrões mínimos do pacote BEPS nas áreas de combate a práticas tributárias prejudiciais (Ação 5), da prevenção de escolha fiscal (*treaty shopping)* (Ação 6), na introdução de Relatório País por País (Ação 13) e melhorar a resolução de litígios (Ação 14).

As normas mínimas foram acordadas, em particular, para combater a evasão nos casos em que ação de alguns países tenha gerado repercussões negativas em outros países,

com implicações mais amplas para o nível e a distribuição do bem-estar social nas nações envolvidas. Os padrões mínimos estão organizados em torno de três pilares:

- Melhor alinhamento da tributação com a criação de valor, o que inclui requisito de substancial atividade para regimes tributários preferenciais e medidas para prevenir escolhas de convenções fiscais mais favoráveis;

- Melhoria da transparência, o que inclui a divulgação de informes país por país e troca de informação sobre certas decisões fiscais;

- Garantir maior certeza, o que inclui medidas para fortalecer a efetividade da resolução de disputas.

Além dos quatro padrões mínimos, muitos países também começaram a introduzir outros componentes do pacote BEPS, que têm o potencial de alterar significativamente o cenário global de impostos corporativos.

Segundo a OCDE, na época da adoção do pacote BEPS, havia uma clara expectativa que a introdução consistente e generalizada das recomendações propostas iria resolver, de modo substancial, muitas das preocupações de dupla não tributação suscitadas pela digitalização. Especificamente, o trabalho de fortalecimento das regras aplicadas às companhias estrangeiras controladas (CFC), de combate à prevenção artificial do status de estabelecimento permanente (PE, na sigla em inglês), e, de assegurar a correspondência entre os resultados de preços de transferência e a criação de valor, foram considerados como particularmente importante na abordagem de aspectos que comprometem a base de tributação exacerbados pela digitalização. Adicionalmente, havia a expectativa que a adoção de algumas recomendações do pacote acordado na OCDE teria o potencial em afetar o escopo do desafio do imposto direto mais amplo relacionado ao nexo, dados e caracterização.

Para realinhar a localização dos lucros tributáveis com a localização da atividade econômica subjacente e a criação de valor, o projeto BEPS da OCDE exige que os regimes fiscais preferenciais ofereçam benefícios apenas quando o contribuinte estiver realizando atividades substanciais. De acordo com o enfoque dos nexos, os benefícios tributários podem ser fornecidos ao rendimento derivado de ativos de propriedade intelectual somente na medida em que as atividades de pesquisa e desenvolvimento subjacentes sejam realizadas principalmente pelo próprio contribuinte ou na jurisdição fiscal que fornece os benefícios.

De acordo com os autores do relatório, a quase totalidade dos países da OCDE e do G20 que possuem regimes de propriedade intelectual (PI) aderiram ao enfoque dos nexos: um total de 19 de 21 desses regimes. Entre os novos membros do Quadro Inclusivo sobre BEPS, 31 regimes de PI foram identificados. Praticamente todos estes regimes (29 dos 31) não cumprem com a abordagem do nexo e estão sendo abolidos.

Para assegurar maior transparência sobre como as empresas multinacionais são tributadas em algumas situações transfronteiriças, o componente do pilar de transparência dos padrões mínimos BEPS estabelece a troca de informação espontânea, compulsória, sobre certas decisões fiscais que apresente risco de deteriorar a base de tributação ou incentivar elisão fiscal. Todas as jurisdições que aderiram ao Quadro Inclusivo estão investindo significativos recursos para identificar, preparar e trocar informações sobre as decisões fiscais em linha com o arcabouço acordado.

No passado, as administrações fiscais nacionais tinham informações limitadas sobre onde os lucros das empresas multinacionais (EMNs) se localizam e como eles eram tributados em algumas jurisdições estrangeiras. Um dos componentes-chave do pilar transparência dos requisitos mínimos do pacote BEPS é a obrigação de que todas as grandes EMNs preencham os formulários País a País (CbC, na sigla em inglês). O modelo CbC foi concebido para reforçar a capacidade de avaliação de risco das administrações tributárias, particularmente quando utilizados em conjunto com outras fontes de informação. Os relatórios CbC serão particularmente importantes para avaliação de risco das empresas digitais, as quais, graças a natureza intangível de seus negócios, a mobilidade de seus lucros e suas cadeias globais de valor integradas, têm uma maior habilidade para concentrar artificialmente grande parte de suas receitas tributáveis em jurisdição de baixa ou nula tributação onde nenhuma ou pouca atividade econômica acontece.

A maioria das jurisdições do Quadro Inclusivo já possui legislação doméstica para os informes CbC (65 jurisdições, incluindo 34 membros da OCDE, os 7 membros do G20 que não são membros da OCDE, e 24 outras jurisdições). A legislação colocada em prática deve cobrir cerca de 95% das EMNs. Além de estabelecer o arcabouço jurídico nacional para exigir os informes CbC, as jurisdições também agiram rapidamente para garantir que tais informes sejam automaticamente trocados entre as administrações tributárias. Segundo a OCDE, até o momento, 68 jurisdições já assinaram o Acordo da Autoridade Competente Multilateral (MCAA, na sigla em inglês), que visa a operacionalizar o intercâmbio dos informes CbC entre jurisdições que são partes da Convenção Multilateral sobre Assistência Administrativa Mútua em Matéria Fiscal. A partir de

janeiro de 2018, mais de 1400 relações de troca bilaterais foram ativadas sob o MCAA com relação às jurisdições comprometidas com a troca de informes CbC.

O pacote BEPS recomenda a adoção coordenada de uma série de medidas que exigem mudanças no direito doméstico dos países. Essas medidas foram apresentadas como abordagens comuns acordadas no que diz respeito à limitação da dedutibilidade de juros excessivos e neutralização de descasamentos híbridos. As deduções excessivas de juros, as entidades híbridas e o desvio de receita para subsidiárias, sem substância, localizadas em jurisdições com baixa tributação têm sido, por muito tempo, amplamente utilizadas no planejamento tributário agressivo. Outras medidas constituem orientação para as jurisdições que desejam limitar o BEPS mediante regras de empresas estrangeiras controladas (CFC) e aumentar a transparência por meio de regras obrigatórias de divulgação.

O descasamento híbrido é uma situação na qual uma atividade transfronteiriça é tratada diferentemente para fins fiscais pelos países envolvidos, resultando em tratamento fiscal favorável. Os descasamentos híbridos são usados como estruturas agressivas de planejamento tributário, que, por sua vez, acionam reações de política para neutralizar seus efeitos fiscais. De acordo com o relatório, muitos países começaram a introduzir as recomendações nas legislações fiscais nacionais para neutralizar o efeito de instrumentos e entidades híbridas.

Desde 2016, o Conselho da União Europeia requer de todos os 28 países membros da UE a introdução de regras baseadas na Ação 2 (regras de prevenção de descasamento híbrido). Igualmente, os Estados Unidos adotaram recentemente disposições antidescasamento híbrido. Também África do Sul, Coréia do Sul, Japão, Liechtenstein, México, Noruega já adotaram parcialmente as recomendações relativas ao descasamento híbrido em sua legislação doméstica.

Recomendações relativas à dedução de juros também têm despertado interesse crescente entre os países. Os países membros da EU se comprometeram a traduzir em suas legislações domésticas as disposições que limitam o montante e juros líquidos intragrupo que uma empresa pode deduzir de sua renda tributável baseado em uma proporção fixa de seus benefícios (lucro antes de juros, depreciação e amortização fiscal (EBITDA)). Os Estados Unidos introduziram uma limitação similar para a dedutibilidade dos juros acima de 30% da receita tributável ajustada da empresa (similar ao EBITDA). Vários outros países já tomaram medidas legislativas semelhantes (África do Sul Argentina, Coréia do Sul, Índia e Vietnã) ou estão em andamento para alinhar sua

legislação interna com a recomendação da Ação 4 do Pacote BEPS (casos da Noruega, Japão, Malásia e Turquia).

Embora a implementação do pacote BEPS tenha ocorrido apenas recentemente, já existem indícios de seu impacto no planejamento tributário e nas decisões de estruturação dos grupos de EMNs. Na avaliação da OCDE, isso restaurará a tributação sobre a fonte e a residência em vários casos em que a renda transfronteiriça não seria tributada ou seria taxada a taxas muito baixas. Também há expectativas de que isso deve ajudar a estabelecer um campo de atuação mais equitativo, no qual as PMEs e as empresas multinacionais sejam tributadas de maneira semelhante.

Impactos das diretrizes tributárias da OCDE

De acordo com relatório da OCDE, um número crescente de multinacionais (MNE) fortemente digitalizadas decidiram mudar ou começar a mudar suas estruturas comerciais (casos, por exemplo, da Amazon, eBay, Facebook e Google), geralmente convertendo do modelo de vendas remotas para um modelo comercial no qual as vendas on-line com clientes no país são registradas em uma entidade local.

Nos países aonde essas reestruturações ocorreram também houve aumento da base tributária corporativa, uma vez que o contribuinte local do grupo MNE não é mais caracterizado como provedor de serviços de rotina remunerados em uma base de custo acrescido de margem de lucro. Em vez disso, a receita das vendas com clientes no país é reconhecida no nível do contribuinte local (subsidiária ou PE) após a dedução das despesas relevantes (por exemplo, custo direto dos produtos vendidos, custos diretos de vendas e provisão de serviços, marketing e promoção). De acordo com o princípio de independência das sociedades (*arm's length principle*), isso geralmente implica uma mudança no país do mercado de remuneração baseada em um retorno sobre custos para uma remuneração baseada em vendas.

Outros países, no entanto, viram uma reestruturação similar sem o correspondente aumento de sua base tributária corporativa, ressaltando a incerteza de que a atualmente envolve a atribuição de lucros a uma presença tributável local. Além disso, reconhece-se que nem todas as jurisdições do mercado se beneficiaram dos resultados positivos gerados por essas reestruturações.

Na área de tributação direta, embora ainda seja relativamente cedo, evidências indicam que os países têm um longo caminho pela frente para atingir a ampla introdução das

várias medidas do BEPS, mas já está ocorrendo impacto. Ainda que a taxa de adoção das provisões relativas ao PE por meio de Convenções Multilaterais (MLI) seja baixa, algumas empresas multinacionais digitais, como Amazon, eBay e Facebook, já começaram a modificar suas estruturas de comércio baseado em modelos de venda remota para modelos de revenda local. Igualmente importante, um significativo número de multinacionais já adotaram ações proativas no sentido de alinhar suas estruturas corporativas com suas atividades econômicas reais, seja reconsiderando suas posições de transferência de preço e/ou realocando ativos valiosos, como intangíveis, para jurisdições onde ocorre parte substancial da atividade econômica ("*on-shoring of assets*").

De acordo com o relatório, a atual escassez de dados disponíveis limita qualquer avaliação do impacto do pacote BEPS nos desafios amplos da tributação direta suscitados pela digitalização. Todavia, na área de impostos indiretos, começa a surgir informações úteis e confiáveis da introdução generalizada das novas diretrizes e mecanismos de arrecadação que facilita a tributação transfronteiriça de produtos e serviços digitais em consonância com o princípio da destinação. Essas ações relacionadas ao IVA – Imposto sobre Valor Adicionado (ou VAT, na sigla em inglês) visam nivelar o campo de concorrência entre os fornecedores domésticos e estrangeiros.

De acordo com o relatório, a maioria dos países da OCDE e do G20 tem adotado regras para o tratamento dos fornecimentos de serviços intangíveis B2C por empresas estrangeiras em acordo com as diretrizes da OCDE. Dados preliminares mostram que jurisdições que seguiram as orientações da OCDE obtiveram significativa receita adicional. Na União Europeia, por exemplo, a receita total de VAT declarada via o regime simplificado de adesão superou 3 bilhões de euros em 2015.

Segundo a OCDE, as Diretrizes Internacionais para a tributação sobre valor adicionado ou sobre bens e serviços não somente estão garantindo receita adicional, como também estão reduzindo o peso da conformidade para as empresas em comparação com a situação anterior à introdução das medidas. Menor custo de conformidade se traduz, em geral, em menor custo de capital e, assim, em mais recursos para investimento e crescimento.

Limitações do pacote BEPS

O balanço geral dos impactos do Pacote BEPS também conta com limitações importantes. Na avaliação dos autores, os benefícios da introdução das recomendações

de medidas, se concentraram, até agora, em um número limitado de países. Mais importante, há uma percepção crescente de que as medidas do BEPS não são suficientes para enfrentar os desafios fiscais que têm um impacto mais amplo e se relacionam principalmente com a alocação de direitos de tributação entre diferentes jurisdições (em particular nexos, dados e caracterização para fins tributários diretos).

Isto ocorre, em grande parte, devido a dois fatores.

1. Primeiro, as medidas recomendadas no projeto BEPS foram projetadas para fechar as "brechas" e "lacunas" identificadas nos atuais sistemas tributários, não para resolver os desafios diretos mais amplos levantados por digitalização. Em particular, nenhuma das medidas fiscais diretas do pacote BEPS foi concebida para abordar as circunstâncias em que não há presença física da empresa estrangeira no país em que o cliente está localizado e / ou reequilibrar o impacto da "escala operacional sem massa" na distribuição dos direitos tributários.

2. Segundo, a baixa taxa de adoção de algumas medidas-chave do projeto BEPS, como as provisões relacionadas aos tratados PE, tem tido limitado resultado em reduzir a pressão sobre as fontes de tributação causada pela importância crescente do comércio transfronteiriço em serviços e produtos digitais.

Na ausência de uma reforma mais fundamental em nível internacional, vários países estão introduzindo medidas que são potencialmente relevantes para abordar os desafios fiscais associados à digitalização da economia, como será visto a seguir.

Iniciativas Nacionais de Combate à Erosão da Base Fiscal

O relatório da OCDE também trata da concepção e introdução de uma variedade de medidas adotadas individualmente pelos países que são potencialmente relevantes para enfrentar os desafios amplos da digitalização para a tributação direta. Até que um consenso global possa ser alcançado sobre como enfrentar os desafios mais amplos impostos diretamente pela digitalização, é provável que mais países sigam o exemplo e adaptem seu sistema tributário por meio de uma série de medidas descoordenadas.

Certas características de *design* são comuns a algumas dessas ações unilaterais e descoordenadas. Primeiro, elas visam proteger e / ou expandir a base tributária no país onde os clientes ou usuários estão localizados, geralmente com base em uma visão expandida do envolvimento da empresa naquele país. Em segundo lugar, muitos

incluem elementos ligados a um mercado na concepção da base tributária (por exemplo, receitas de vendas, local de uso ou consumo).

Essas ações unilaterais e descoordenadas podem ser agrupadas em quatro categorias: i) aplicação alternativa do limiar de estabelecimento permanente (PE, na sigla em inglês); ii) impostos retidos na fonte; iii) imposto sobre o volume de negócios; iv) regimes específicos com foco nas grandes multinacionais.

Reinterpretação do conceito de estabelecimento permanente. Alguns países responderam às mudanças estruturais resultantes da digitalização, reconsiderando a forma como o limite para a tributação dos lucros das empresas baseada na fonte - a definição do estabelecimento permanente (PE) - é aplicado sob a legislação nacional e / ou em tratados fiscais. Em contraste com a abordagem tradicional, essas emendas ou novas interpretações do limiar de PE são geralmente destinadas a diluir a exigência de permanência e presença física em uma localização geográfica específica para estabelecer um nexo para a tributação líquida. Além disso, essas medidas geralmente têm o efeito de considerar que um PE existe em circunstâncias em que normalmente não existiria sob a aplicação tradicional da definição de PE. Os desenvolvimentos mais relevantes em todo o mundo nessa área incluem medidas que se baseiam em alguns fatores de "presença digital" para estabelecer uma presença tributável ou suportar aplicações do limiar de "serviço PE" sem restrições de requisitos de presença física.

Na origem desta posição está a constatação de que a digitalização facilitou a adoção de modelos centralizados de vendas e distribuição, onde os serviços on-line podem ser realizados remotamente, sem qualquer presença significativa nos mercados atendidos. Essa interpretação ampla, às vezes chamada de "serviço virtual PE", foi oficialmente endossada na Arábia Saudita, bem como adotada por algumas decisões de jurisprudência em algumas jurisdições como a Índia. O impacto dessa medida poderia ir muito além das atividades on-line e incluir quaisquer serviços remotos fornecidos a um mercado (por exemplo, serviços de consultoria, centrais de atendimento). Contudo, na ausência de quaisquer alterações às próprias disposições do tratado fiscal, estas medidas correm o risco de serem impugnadas pelos contribuintes perante os Tribunais. Até o momento, não há informações disponíveis sobre a eficácia destas medidas em termos de impacto no comportamento do contribuinte e / ou receita fiscal.

Em termos gerais, os critérios de tipo de presença digital incluem uma variedade de fatores destinados a evidenciar uma interação intencional e sustentada com a vida econômica de um país através de meios digitais. Eles são projetados para estabelecer nexos em situações em que uma empresa não residente, fisicamente estabelecida em

um local remoto, está tomando medidas proativamente para criar e manter uma interação contínua com os usuários e clientes de um determinado país (por exemplo, aproveitando a tecnologia, Internet e outras ferramentas automatizadas).

Embora um número significativo de países tenha anunciado sua intenção de modificar seu limiar de PE doméstico e / ou tratado com base em fatores de presença digital ou on-line, segundo os autores do relatório, as medidas implementadas e executadas até o momento incluem: o teste de "Presença Econômica Significativa", introduzido, em abril de 2016, pela Autoridade Tributária de Israel; a definição ampliada de "local fixo de negócios" para certas plataformas digitais introduzidas em 2017 pela República Eslovaca; e a nova regra de nexo baseada no conceito de "Presença Econômica Significativa", que entrará em vigor em 2019 na Índia.

Enquanto a medida na República Eslovaca se destina a atividades específicas realizadas por plataformas on-line (isto é, serviços de intermediação para transporte e acomodação), as medidas em Israel e na Índia envolvem uma ampliação mais geral de suas regras de nexo internas baseadas no conceito de "presença econômica significativa" (SEP). Todas estas medidas são aplicáveis apenas a empresas não residentes e permitem a tributação com base líquida, independentemente do nível de presença física da empresa não residente no país de origem. Espera-se, no entanto, que o impacto dessas medidas seja limitado por vários fatores, como as obrigações existentes no tratado tributário. Por exemplo, o teste SEP de Israel se aplica apenas a uma empresa estrangeira residente em um país sem nenhum acordo de imposto duplo com Israel. Além disso, este teste SEP baseia-se em diretrizes administrativas que refletem os pontos de vista e a interpretação da administração tributária, com o resultado de que qualquer conflito potencial entre a medida e a lei atual seria resolvido em favor da segunda.

Não obstante as restrições identificadas acima, essas medidas podem funcionar como uma proteção adicional contra o BEPS. Sua aplicação pode ser eficaz para tributar as vendas remotas de empresas situadas em uma jurisdição de baixa tributação, sem qualquer tratado de dupla tributação. Embora nenhuma receita adicional tenha sido relatada pelos países relevantes em relação a essas medidas, foi relatado em Israel que algumas auditorias fiscais em curso estão sendo realizadas com base nas diferentes interpretações descritas nas diretrizes administrativas.

Impostos retidos na fonte. No que se refere aos impostos retidos na fonte para itens de receita tais como dividendos, juros e *royalties*, as leis domésticas e os tratados de dupla tributação geralmente usam exceções ao limite do PE para tributar uma empresa não

residente que são baseadas em regras de origem alternativa (por exemplo, residência do pagador, local onde o ativo ou serviço é utilizado, local de execução etc.). Algumas destas exceções estão atualmente refletidas nos Artigos 10 (Dividendos), 11 (Juros) e 12 (*Royalties*) do Modelo da Convenção Fiscal da OCDE. Criam uma regra distributiva específica que permite ao Estado de origem impor uma retenção na fonte em termos brutos com o direito residual à taxa pertencente ao Estado de residência da empresa.

De acordo com a OCDE, os desenvolvimentos recentes em todo o mundo tendem a mostrar um uso crescente de tais exceções na legislação doméstica e nos tratados de dupla tributação para categorias específicas de produtos e serviços digitais. O objetivo das autoridades fiscais nacionais é geralmente reivindicar direitos de tributação para a jurisdição fonte, mesmo quando a empresa não residente não tem presença física naquela jurisdição. Além disso, o processo de digitalização levou a uma maior obscuridade nas distinções entre lucros de negócios, *royalties* e serviços técnicos em alguns casos (por exemplo, computação em nuvem). Isso aumentou a significância potencial dessas exceções para o limiar tradicional de PE e exacerbou o risco de problemas de caracterização. Por exemplo, surgem dúvidas sobre se as transações de infraestrutura como serviço (IaaS) devem ser tratadas como serviços (e, portanto, pagamentos caracterizados como lucros de negócios para fins de tratados), como aluguéis de espaço nos servidores do provedor de serviços de nuvem por outros portanto, ser caracterizada como *royalties* para os fins dos tratados que incluem na definição de pagamentos de *royalties* por aluguéis de equipamentos comerciais, industriais ou científicos) ou como prestação de serviços técnicos. Os mesmos problemas de caracterização surgem com relação a pagamentos para transações de *software* como serviço (SaaS) ou de plataforma como serviço (PaaS).

As medidas relevantes adotadas nessa área incluem, notadamente:

- Lucros das empresas em tratados de dupla tributação. Tal expansão inclui, por exemplo, pagamentos pelo uso ou direito de uso de *software*, e pagamentos por "imagens ou sons visuais" transmitidos através da tecnologia de informação e comunicação. Essas definições geralmente trazem certas transações de tipo SaaS para dentro do escopo do imposto retido na fonte.

- Adoção do imposto retido na fonte sobre honorários de serviços técnicos: um número crescente de países cria uma exceção ao limiar de PE para determinadas taxas de serviço em suas legislações domésticas e / ou tratados de dupla tributação, permitindo um imposto retido na fonte no país de origem quando o pagador reside nesse país.

- Introdução de novos impostos retidos na fonte sobre outras categorias específicas de receita, como receita de publicidade on-line.

Algumas mudanças correspondentes também foram introduzidas em tratados de dupla tributação recentemente negociados. Por exemplo, em vez de apenas ampliar a definição de *royalties*, o Reino Unido propôs recentemente uma legislação que ampliará a definição de fonte em certas circunstâncias limitadas para permitir a tributação de pagamentos de partes relacionadas de estrangeiros para estrangeiros relacionados a vendas locais. A proposta destina-se a arranjos intragrupo que alcancem baixas alíquotas efetivas por meio da detenção de propriedade intelectual em jurisdições de baixa ou nenhuma tributação e, se efetivamente adotadas, deverão impactar predominantemente em empresas mais digitalizadas.

O relatório destaca que a maioria das medidas adotadas ou anunciada para fins da legislação doméstica ainda não se traduziu em modificações correspondentes em todos (parte significativa) os tratados contra a dupla tributação. Na prática, isso implica que as medidas serão, frequentemente, limitadas pela aplicação dos tratados da dupla tributação. Quando aplicáveis, tais medidas são geralmente fáceis de aplicar em transações empresa para empresa (B2B), com custos administrativos e de conformidade relativamente limitados tanto os contribuintes e para as autoridades fiscais. Os problemas de cobrança surgem, no entanto, para transações empresa-consumidor (B2C), já que os consumidores privados têm pouco incentivo para declarar e pagar o imposto devido e pouca experiência na retenção de impostos.

Impostos sobre volume de negócio digital. Um número significativo de países tem igualmente adotados ações fora do escopo do imposto sobre a renda para reivindicar direitos tributários sobre empresas não residentes, como fornecedores de produtos e serviços digitais sediados no exterior. De acordo com os autores, essas medidas geralmente incluem impostos setoriais sobre o volume de negócios direcionados a (ou incluindo) receita de serviços de publicidade on-line, como: o Imposto de Equalização da Índia, a Taxação de transações digitais na Itália, o Imposto de publicidade da Hungria e Imposto sobre distribuição on-line e física de conteúdo audiovisual na França.

Estas medidas são geralmente combinadas com regras abrangentes de nexo focadas no destino dos fornecimentos, e geralmente aplicam-se tanto a empresas residentes como a não residentes, independentemente da sua localização (por exemplo, nível de presença física na jurisdição tributária) e / ou status. Por exemplo, o imposto sobre o volume de negócios da França delineia as transações tributáveis principalmente com base em seu destino final, como a localização da "audiência pública" (ou seja,

telespectadores) para o fornecimento on-line de conteúdo digital. Da mesma forma, o escopo do imposto sobre publicidade na Hungria depende, em última análise, da localização do público-alvo. Para atividades on-line, este local é considerado na Hungria quando o anúncio é exibido predominantemente no idioma húngaro.

Além disso, em ambos os regimes tributários, uma obrigação tributária pode surgir em situações em que o pagamento é feito para a exibição de anúncios para usuários da Internet no país (por exemplo, plataformas multilaterais on-line), independentemente da localização ou residência do pagador e da empresa fornecedora. Isto abrange a situação em que, por exemplo, uma subsidiária A de um grupo multinacional (residente no país A) adquire serviços de publicidade on-line da filial de um grupo de publicidade (residente no país B) e a publicidade on-line é direcionada a clientes no país C (jurisdição tributária). Em contrapartida, o âmbito das imposições adotadas pela Índia e pela Itália depende da localização do pagador - ou seja, normalmente uma empresa residente na jurisdição fiscal - e, como tal, não abrangeria tais situações.

De acordo com a OCDE, estas medidas partilham ainda outro importante objetivo de política comum. Todos procuram melhorar a neutralidade, restabelecendo condições equitativas entre os fornecedores estrangeiros de determinados bens e serviços digitais e fornecedores domésticos similares, bem como entre fornecedores de determinados bens e serviços digitais e fornecedores mais convencionais de bens e serviços concorrentes.

O imposto da Hungria aplica-se a uma ampla lista de serviços de publicidade, independentemente do meio utilizado para a sua transmissão ao público (por exemplo, televisão e rádio, jornais impressos, *outdoors*, sites da Internet). Da mesma forma, o imposto sobre o volume de negócios na França se aplica a todas as formas de distribuição de conteúdo audiovisual, independentemente de seu meio (por exemplo, videoteipe físico, transmissão on-line) ou modelo de receita (por exemplo, receita baseada em publicidade, receita baseada em assinatura, compras ou aluguel). O Imposto de Equalização, da Índia, persegue o mesmo objetivo, mas tem como alvo uma classe bastante restrita de transações digitais: serviços de publicidade on-line empresa a empresa.

Porém, por definição, segundo os pesquisadores da OCDE, a adoção desse escopo restrito pode não conseguir alcançar a neutralidade em seu tratamento da tributação de serviços digitais de forma mais geral (ou seja, serviços digitais de publicidade versus serviços não publicitários e serviços digitais empresa a empresa versus empresas a consumidor) e conduzir, em alguns casos, a um tratamento desigual entre transações digitais economicamente equivalentes. A tributação da Itália das transações digitais

pode ser afetada por limitações semelhantes, dependendo da lista de transações que serão efetivamente cobertas. Por último, os autores destacam que, para todas estas medidas, dependendo das condições de mercado, existe o risco de uma parte da carga fiscal ser transferida do fornecedor para o cliente.

Essas medidas geralmente enfrentam uma série de questões administrativas e de conformidade, particularmente em relação ao desafio de tentar cobrar impostos de entidades estrangeiras que não estão localizadas (isto é, fisicamente presentes) na jurisdição da tributação. Para resolver este desafio, estes regimes geralmente introduzem uma responsabilidade conjunta para o cliente local pagador, ou cria requisitos de informação específicos sobre os intermediários locais. Até o momento, de acordo com as informações limitadas atualmente disponíveis, os níveis de receita arrecadados com essas medidas parecem ter sido bastante modestos.

Novos regimes fiscais. O relatório da OCDE analisa igualmente respostas legislativas mais gerais, que estão sendo observadas em diversos países em resposta à digitalização rápida, e seu impacto em todos os modelos de negócios, e às complexas estruturas de planejamento tributário das grandes empresas multinacionais. As principais iniciativas ou criam novos regimes administrativos destinados a restabelecer um equilíbrio de poder entre as autoridades fiscais e grandes empresas multinacionais, ou introduzem regras antiabuso específicas para enfrentar o uso excessivo de pagamentos com base erodida por grandes multinacionais.

Um dos principais objetivos desses regimes é aumentar as informações disponíveis para as autoridades fiscais em situações que apresentam riscos fiscais significativos - tipicamente estruturas comerciais que envolvem vendas remotas para evitar o reconhecimento de PE, ou pagamentos de base erodidos dentro do grupo - e exigem que as grandes EMN sejam mais transparentes sobre sua cadeia de valor global (inclusive em relação a transações e atividades conduzidas por entidades relacionadas ao exterior).

Um dos aspectos-chave dessas medidas é seu regime administrativo único: um "período de revisão" de 12 meses, durante o qual ocorre um diálogo entre as autoridades fiscais e o contribuinte, o qual é estimulado a considerar a adequação de suas disposições tributárias e se necessário, reestruturar suas operações para melhor refletir as realidades operacionais. Esse regime geralmente melhora o nível de conformidade das grandes EMNs e restaura condições equitativas com negócios mais convencionais ou PME que operam principalmente no âmbito nacional.

Como exemplos de regimes específicos dirigidos a grandes empresas multinacionais, o relatório destaca o Imposto sobre lucros desviados (DPT, na sigla em inglês), introduzido

no Reino Unido e na Austrália, o procedimento aprimorado de cooperação e colaboração para PE na Itália, e a taxa antiabuso e erosão da base (BEAT) nos Estados Unidos. Segundo a OCDE, ainda que estes novos regimes não tenham sido exclusivamente direcionados para empresas altamente digitalizadas, algumas das situações para as quais são previstos são relevantes para algumas empresas digitalizadas.

Embora o DPT tenha sido projetado em alguns países como um imposto separado, efetivamente funciona como um elemento de dissuasão complementar ao corpo legislativo existente de regras antiabuso para fins de imposto de renda. De forma semelhante, as medidas de DPT introduzidas em alguns países estão vinculadas aos padrões internacionais existentes sobre atribuição de nexo e lucro (por exemplo, agente dependente PE, princípio da independência e regras de preços de transferência) e não expandem a cobertura da base do imposto de renda.

No Reino Unido, o Imposto sobre lucros desviados (DPT) é um imposto cobrado a uma alíquota de 25% (ou seja, superior à alíquota padrão de 19% do imposto corporativo em 2017), limitado ao escopo de lucros considerados desviados artificialmente do país. Combina-se com um regime administrativo muito específico, baseado num período de revisão de 12 meses, durante o qual é necessário um diálogo entre o contribuinte e as autoridades fiscais para determinar a responsabilidade fiscal final. Os lucros desviados do Reino Unido são identificados de acordo com duas regras básicas: uma regra de estabelecimento permanente evitado (PE) e uma regra alternativa de provisão. Essas regras abrangem potencialmente uma ampla gama de arranjos BEPS e não se restringem a estruturas usadas por empresas altamente digitalizadas.

Até o momento, de acordo com o relatório, os países que introduziram o DPT reportaram resultados positivos em termos de receita, notadamente imposto adicional sobre as empresas arrecadado como resultado de ajustes de imposto de renda e mudanças comportamentais. Ao mesmo tempo, como outras regras antiabuso, a DPT é tecnicamente um regime relativamente mais complexo e altamente dependente de fatos.

Para reduzir a incerteza e garantir a aplicação eficiente da medida, sua implementação exigiu investimentos significativos das autoridades fiscais (incluindo pessoal qualificado e experiente). Por exemplo, a emissão de um passivo DPT é normalmente sujeita a um processo de governança estrito, que exige vários níveis de supervisão, aprovação de executivos sênior e salvaguardas adicionais (por exemplo, endosso de um painel independente etc.). Geralmente, são necessárias salvaguardas eficientes para garantir que a medida seja aplicada de maneira proporcional aos riscos envolvidos, e é provável que a eficácia desses regimes seja reforçada naquelas jurisdições onde há um histórico

de relações cooperativas entre as autoridades fiscais e o contribuinte. Finalmente, os custos de conformidade para os contribuintes associados à medida podem ser importantes, por exemplo, em termos de custos econômicos associados a reestruturações (por exemplo, conversões para modelos de revenda).

Como o DPT, o BEAT adotado nos Estados Unidos (EUA) não é direcionado especificamente para modelos de negócios altamente digitalizados, mas se aplica mais geralmente a EMNs com grandes operações nos Estados Unidos. Funciona como um imposto de renda mínimo corporativo. Esse resultado é alcançado por meio de uma fórmula que envolve a glosa de deduções para uma série de pagamentos de saída - principalmente juros, *royalties*, aluguéis e determinados serviços. Embora a implementação ainda esteja em andamento, a receita projetada gerada pelo BEAT nos próximos 10 anos é estimada em aproximadamente US $ 149,6 bilhões (cerca de EUR 119,7 bilhões).

O BEAT (erosão a base e antiabuso) foi adotado em 2017 como parte de uma reforma tributária mais ampla - comumente chamada de Lei de Cortes de Impostos e Empregos (TCJA) - que levou os Estados Unidos a mudarem de um sistema mundial de tributação corporativa (focada principalmente na tributação do país de residência) para um sistema híbrido de tributação corporativa territorial. O BEAT aplica-se somente aos contribuintes dos Estados Unidos, isto é, empresas domésticas ou estabelecimentos permanentes (PEs), que são membros de um grupo EMN cujas atividades nos Estados Unidos excedem um alto limite de vendas (receitas brutas anuais médias superiores a US$ 500 milhões durante um período de três anos).

Em setembro de 2017, um grupo de ministros das finanças da União Europeia (UE) anunciou, igualmente, que considerava a adoção de soluções baseadas no conceito de "imposto de equalização" sobre o volume de negócios gerado na Europa por empresas digitais. Essas soluções estão ainda sendo exploradas.

Na avaliação da OCDE, embora seja esperado que essas iniciativas nacionais unilaterais aumentem o nível de tributação das empresas digitalizadas, é provável que elas gerem algumas distorções econômicas, dupla tributação, aumento da incerteza e da complexidade e custos de conformidade associados a empresas que operam transfronteiriças. Em alguns casos, podem, igualmente, entrar em conflito com alguns tratados fiscais bilaterais existentes. Por essa razão, tem aumentado o senso de urgência entre muitos países de que as opções de políticas comuns precisam ser desenvolvidas para garantir a relevância e a coerência contínuas da estrutura de tributação de renda internacional existente.