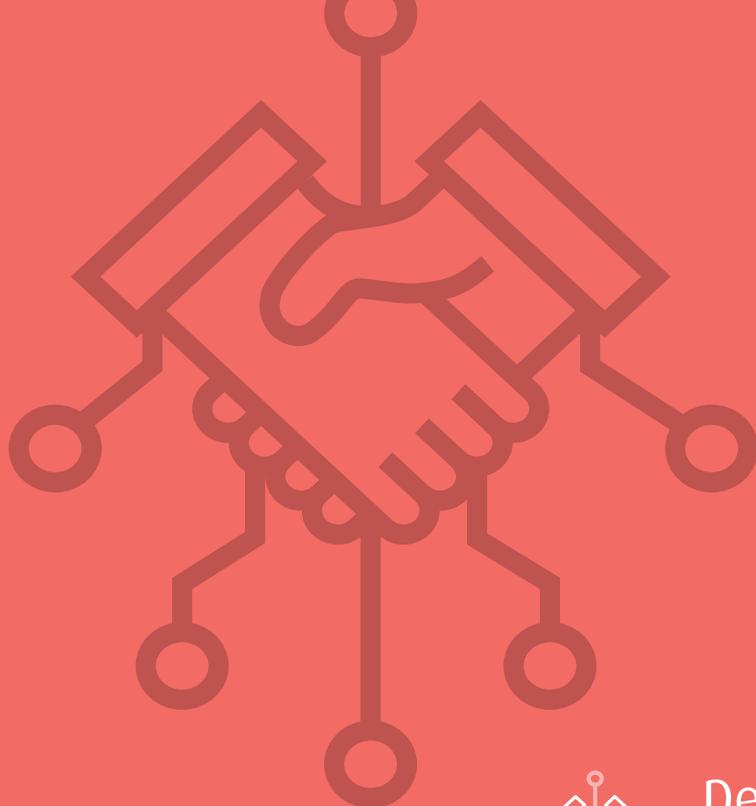


SÉRIE DOCUMENTOS TÉCNICOS

JUNHO DE 2021 - Nº 24



## Desenvolvimento tecnológico e mercado de trabalho

Subsídios para  
políticas públicas



Centro de Gestão e Estudos Estratégicos  
*Ciência, Tecnologia e Inovação*

**DIIESE**

DEPARTAMENTO INTERSINDICAL DE  
ESTATÍSTICA E ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS





cg<sub>ee</sub>

Centro de Gestão e Estudos Estratégicos  
*Ciência, Tecnologia e Inovação*



## Desenvolvimento tecnológico e mercado de trabalho

---

Subsídios para  
políticas públicas



## © Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE)

O Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) é uma associação civil sem fins lucrativos e de interesse público, qualificada como Organização Social pelo executivo brasileiro, sob a supervisão do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI). Constitui-se em instituição de referência para o suporte contínuo de processos de tomada de decisão sobre políticas e programas de ciência, tecnologia e inovação (CT&I). A atuação do Centro está concentrada nas áreas de prospecção, avaliação estratégica, informação e difusão do conhecimento.

### DIRETOR-PRESIDENTE

*Marcio de Miranda Santos*

### DIRETORES

*Luiz Arnaldo Pereira da Cunha Junior*

*Regina Maria Silverio*

**EDIÇÃO** | *Danúzia Queiroz/Contexto Gráfico*

**DIAGRAMAÇÃO** | *Contexto Gráfico*

**CAPA E INFOGRÁFICOS** | *Contexto Gráfico*

**PROJETO GRÁFICO** | *Núcleo de design gráfico do CGEE*

**COORDENAÇÃO DA COMUNICAÇÃO INTEGRADA** | *Jean Marcel da Silva Campos*

*Catálogo na Fonte*

C389d  
Desenvolvimento tecnológico e mercado de trabalho –  
Subsídios para políticas públicas. Brasília: Centro de Gestão e Estudos  
Estratégicos, 2021.  
38 p.  
ISBN 978-65-5775-018-6 (digital)  
1. Políticas Públicas. 2. Tecnologias disruptivas. 3. Digitalização.  
4. Indústria. I. CGEE. II. Título.  
CDU 35:681.5

Centro de Gestão e Estudos Estratégicos  
SCS Qd 9, Bl. C, 4º andar, Ed. Parque Cidade Corporate  
70308-200, Brasília, DF  
Telefone: (61) 3424.9600  
<http://www.cgee.org.br>, @cgee\_oficial

Referência bibliográfica:

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS - CGEE. **Desenvolvimento tecnológico e mercado de trabalho – Subsídios para políticas públicas**. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2021. 38 p.

Esta publicação é parte integrante das atividades desenvolvidas no âmbito do 2º Contrato de Gestão CGEE – 21º Termo Aditivo/Ação: Estudos, Análises e Avaliações /Projeto: Desenvolvimento Tecnológico e Mercado de Trabalho - 51.06.01.02/MCTI/2020.

Todos os direitos reservados pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE). Os textos contidos neste relatório poderão ser reproduzidos, armazenados ou transmitidos, desde que citada a fonte.



# Desenvolvimento tecnológico e mercado de trabalho

---

Subsídios para  
políticas públicas

**SUPERVISÃO**

Marcio de Miranda Santos

**EQUIPE TÉCNICA DO CGEE**

Mayra Juruá Gomes de Oliveira (Líder do projeto)  
Thiago Silveira Gasser

**CONSULTOR**

Marco Antonio Rocha



Centro de Gestão e Estudos Estratégicos  
*Ciência, Tecnologia e Inovação*

Onde o futuro está presente





# SUMÁRIO

---

<b>APRESENTAÇÃO</b>	7
<b>RESUMO EXECUTIVO</b>	9
<b>1. A INDÚSTRIA BRASILEIRA NA NOVA TRANSIÇÃO DIGITAL</b>	13
<b>2. ESTRUTURA PRODUTIVA BRASILEIRA E TRANSFORMAÇÕES NO EMPREGO</b>	21
<b>3. TRANSIÇÃO DIGITAL E EMPREGO EM SETORES INTENSIVOS EM TECNOLOGIA NO BRASIL: TIC E INDÚSTRIA FARMACÊUTICA</b>	25
<b>4. CONSIDERAÇÕES SOBRE A CONSTRUÇÃO DE POLÍTICAS PÚBLICAS NA TRANSIÇÃO DIGITAL</b>	31
<b>REFERÊNCIAS</b>	35
<b>SIGLAS E ABREVIATURAS</b>	38





## APRESENTAÇÃO

O projeto Desenvolvimento Tecnológico e Mercado de Trabalho nasceu de uma colaboração entre o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) e o Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos (Dieese), tendo como objetivo específico fortalecer o conhecimento sobre a organização social da produção e, em particular, o impacto no mercado de trabalho decorrente dos processos de automação e mudança tecnológica, ambos em curso nas cadeias produtivas globais. Integrante das atividades previstas no Contrato de Gestão mantido entre o CGEE e o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI), o projeto foi viabilizado por meio de emendas parlamentares, tendo em vista a relevância do tema. Em seu primeiro ano, a referida iniciativa resultou em uma série de estudos temáticos e setoriais que tratam: do estado das relações de trabalho em alguns setores selecionados; das perspectivas de impacto da incorporação de tecnologias disruptivas em setores de alta intensidade tecnológica; e das mudanças e tendências na legislação e regulação em nível global.

O projeto parte da premissa de que a substituição de trabalho humano por máquinas, seja via robotização de atividades manuais ou via inteligência artificial, é uma tendência crescente que deve impactar, de forma decisiva, o mercado de trabalho e as formas de emprego e absorção de força de trabalho. Embora esse processo seja mais veloz nos países com alto grau de desenvolvimento tecnológico e inserção nas cadeias globais de valor, nações de industrialização intermediária, como o Brasil, também serão impactadas de maneira crescente na próxima década.

Dessa forma, esta iniciativa e os estudos que a compõem buscam traçar um panorama nacional do desenvolvimento tecnológico e das repercussões geradas nas relações de trabalho a partir dos processos de automação e mudança tecnológica e digital em curso. Assim, o projeto tem como objetivo geral oferecer subsídios para a formulação e o aprimoramento de políticas públicas que consigam, simultaneamente, impulsionar o desenvolvimento tecnológico do setor produtivo brasileiro e a expansão do trabalho e do emprego qualificados, contribuindo, nesse sentido, para o aprimoramento de políticas de recursos humanos para CT&I.

A presente publicação é parte deste esforço e oferece uma perspectiva nacional da incorporação de novas tecnologias em setores de alta intensidade tecnológica. O estudo aponta os principais desafios para a adaptação do sistema industrial brasileiro às exigências do novo paradigma tecnológico.

**Marcio de Miranda Santos**

Diretor-presidente do CGEE

**Fausto Augusto Junior**

Diretor técnico do Dieese



## RESUMO EXECUTIVO

A transição digital do século XXI deverá atingir a indústria brasileira em meio a um processo de fragilização de longo prazo, em que o processo de perda de competitividade do sistema industrial em geral se soma à perda de participação dos setores intensivos em tecnologia na produção manufatureira nacional.

O processo de desindustrialização que se seguiu à crise dos anos 1980 atingiu, de forma mais aguda, os setores de maior intensidade tecnológica, em um processo conjunto de desarticulação de políticas de fomento, enfraquecimento do sistema de inovação e ausência de atores importantes em setores de vanguarda do novo paradigma tecnológico.

O Brasil, ainda, dispõe de um conjunto de grandes empresas que possuem escala operacional e capacidade financeira para assimilar as novas tecnologias produtivas por meio da compra de equipamentos, máquinas, ferramentas e sistemas de automação. A atualização tecnológica das grandes empresas nacionais se, por um lado, serve para preservar o grau de competitividade, por outro, tende a ampliar o desemprego tecnológico em um cenário em que esses efeitos não sejam contrabalanceados pelo aumento da demanda interna sobre os demais setores industriais – em especial aqueles mais intensivos em tecnologia.

Se levarmos em consideração que a chegada do novo paradigma tecnológico vai significar, sobretudo, um aprofundamento dos processos de automação e digitalização, muitas das atividades de produção – baseadas em tarefas rotineiras organizadas de forma sequencial em linhas de produção e que ainda são intensivas em mão de obra – estarão possivelmente entre as mais afetadas.

O perfil do emprego gerado na indústria brasileira, pela sua especialização setorial, enquadra-se entre os que serão mais afetados pelos processos de automação.

A situação atual da estrutura produtiva brasileira e as tendências provocadas pelo novo paradigma tecnológico na estrutura ocupacional sugerem baixa capacidade de oferta de novos postos de trabalho que compensem o desemprego tecnológico nos setores industriais tradicionais.



Nesse sentido, a necessidade de se repensar a especialização da estrutura produtiva brasileira para setores de maior complexidade, focando nos elos das cadeias produtivas mais relacionados à produção de intangíveis e de serviços tecnológicos parece ser uma questão central para mitigar os efeitos do desemprego tecnológico.

Nos setores industriais de baixa e média baixa tecnologia, ainda há um potencial de incorporação de serviços tecnológicos. Explorar as possibilidades de sofisticação tecnológica em setores não tão intensivos em tecnologia pode ser uma forma importante de reduzir o impacto negativo que as novas tecnologias terão no emprego direto na produção.

Esse cenário indica que é necessário focar em políticas de mudança do perfil de especialização da indústria brasileira em busca de maior sofisticação tecnológica e de maior capacitação em serviços industriais, como uma estratégia possível para redução do impacto do desemprego tecnológico na estrutura ocupacional.

Uma política industrial que incentive o desenvolvimento e a diversificação para setores de maior intensidade tecnológica, como bens de consumo duráveis e bens de capital, seria uma estratégia importante para aumentar a oferta de emprego em setores com maior capacidade de diferenciação de produto, de desenvolvimento de aplicações tecnológicas customizadas e com maior intensidade de serviços tecnológicos incorporados à produção de bens.

A criação de um regime de incentivos para a diversificação em áreas de maior complexidade tecnológica é um passo necessário para aumentar a capacidade de o sistema industrial brasileiro realocar e requalificar sua mão de obra. As áreas de negócios em que, ao longo das últimas décadas, as empresas brasileiras foram se especializando apresentam sérias limitações para incorporar a mão de obra que se tornará dispensável com as novas tecnologias.

Como os setores de maior complexidade tecnológica possuem uma gama maior de atividades baseadas em conhecimento envolvidas na produção dos bens finais, a ampliação da produção nacional implicaria também aumento da oferta de empregos com características menos suscetíveis à sua substituição por sistemas automatizados. Logo, a diversificação da indústria nacional, nesse sentido, aumenta as possibilidades de manejo das políticas voltadas à redução do desemprego tecnológico.



O fortalecimento de políticas para ampliar as relações de cooperação entre instituições de pesquisa e desenvolvimento e empresas e aproximar essas instituições dos complexos produtivos locais, além de ser uma tendência percebida nas experiências internacionais recentes de políticas de inovação, também apresenta grande potencial para ser explorado para a redução do desemprego tecnológico.

O sistema brasileiro de fomento e financiamento às atividades produtivas e de inovação precisa de constante atualização dadas as características do novo paradigma tecnológico. Tanto o sistema nacional de inovação quanto o sistema de fomento possuem características típicas de instituições voltadas a um padrão anterior de organização industrial, carecendo de melhor adaptação em relação ao suporte ao setor de serviços atrelado à atividade manufatureira e ao desenvolvimento de inovações por meio da cooperação institucional e originadas a partir de empresas de base tecnológica surgidas no próprio processo de inovação.

Em termos institucionais, é necessário igualmente garantir acesso efetivo aos centros decisórios sobre a hierarquização das políticas econômicas e ao orçamento público para que essas políticas sejam eficazes e para que o sistema industrial brasileiro possa ser menos atingido pelo desemprego tecnológico provocado pela transição digital global.





# 1. A INDÚSTRIA BRASILEIRA NA NOVA TRANSIÇÃO DIGITAL

Marco Antonio Rocha<sup>1</sup>

Após o ápice da participação da indústria manufatureira na produção total de valor adicionado, a década de 1990 marcou o início de uma crise do setor industrial que se prolonga por mais de duas décadas. Essa crise possui características específicas que valem ser ressaltadas para uma boa contextualização da atual estrutura industrial brasileira. A década de 1990 interrompeu um processo contínuo de internalização dos setores industriais iniciado em meados do século XX, que resultou em um complexo industrial integrado, com um setor de bens de capital não desprezível, embora muito ligado ao setor metalmeccânico, um típico setor da Segunda Revolução Industrial.

A crise da dívida externa, na década de 1980, ao produzir a desorganização das contas públicas e a alta inflação, provocou a *perda da capacidade* de as grandes empresas estatais atuarem como coordenadoras do sistema industrial brasileiro e o *abandono gradual das políticas industriais*, implicando a revisão das políticas ditas desenvolvimentistas. Nesse sentido, a crise da década de 1980 e a reversão das políticas desenvolvimentista, durante a década de 1990, acabaram por desestruturar uma parte considerável da institucionalidade do incipiente sistema nacional de inovação, sobretudo as instituições de pesquisa vinculada às empresas estatais, além de interromper o processo de capacitação tecnológica da indústria nacional para o paradigma da Terceira Revolução Industrial, então em curso.

As desestruturas das políticas de fomento ao setor produtivo e de suporte à industrialização na fase de disseminação das tecnologias do complexo microeletrônico e das tecnologias da informação e comunicação levaram à internalização parcial – com pouca densidade e com baixa capacitação tecnológica – dos setores referentes à Terceira Revolução Industrial. Dessa forma, o processo de desindustrialização que se seguiu à crise dos anos 1980 atingiu, de forma mais aguda, os setores de maior intensidade tecnológica, em um processo conjunto de desarticulação de políticas de fomento, enfraquecimento do sistema de inovação e ausência de atores importantes em setores de vanguarda do novo paradigma tecnológico.

---

<sup>1</sup> Professor do Instituto de Economia da Universidade Estadual de Campinas (IE-Unicamp), pesquisador do Núcleo de Economia Industrial e da Tecnologia (Neit-IE/Unicamp).



O frágil setor de bens de capital, com relativo atraso tecnológico, não pode se comportar como elemento indutor da utilização de novas tecnologias e de sustentar um ciclo de investimentos a partir da demanda interna provocada pela atualização tecnológica das plantas produtivas. Com isso, a estrutura industrial brasileira manteve um perfil concentrado nos setores de insumos básicos e na indústria de bens de consumo não duráveis. O padrão de especialização das grandes empresas nacionais nos anos 1980 e 1990 seguiu a lógica de saída dos setores de maior intensidade tecnológica e de maior dependência dos investimentos públicos, concentrando-se em setores de maior maturidade tecnológica e, em geral, mais intensivos em recursos naturais (CASTRO, 2001).

Como há certa cumulatividade tecnológica entre as tecnologias da informação e comunicação e as tecnologias habilitadoras da Quarta Revolução Industrial, a internalização parcial da base tecnológica da Terceira Revolução Industrial representa menor capacitação da indústria brasileira para o desenvolvimento das novas tecnologias. Dado o perfil de especialização das empresas brasileiras nas últimas décadas, há poucas empresas nacionais com *know-how* tecnológico em tecnologias correlatas (ou com proximidade tecnológica) das tecnologias da Quarta Revolução Industrial, assim como pouca proximidade entre instituições de pesquisa e empresas que estejam desenvolvendo tais tecnologias.

O atraso relativo entre a atual estrutura institucional e sua necessária adequação às características do próximo paradigma tecnológico impõe maior urgência na definição de políticas nesse sentido. Como pode demorar algum tempo para a reestruturação dos instrumentos de apoio à política industrial, a consolidação dos principais *players* nos mercados das novas tecnologias e a concentração desses mercados pode tornar mais custosa a tentativa de promover empresas brasileiras, portanto existe uma relação entre o *timing* de estruturação das políticas de fomento e a evolução das trajetórias tecnológicas do paradigma da Quarta Revolução Industrial.

Tomando o processo que vai da pesquisa e desenvolvimento da aplicação de novas tecnologias até a consolidação de um mercado e de uma cadeia de fornecedores de bens finais e insumos, a entrada de novas empresas, em geral, torna-se mais difícil quanto mais evolui a consolidação desses mercados pela capacidade de as grandes empresas imporem barreiras típicas à entrada, *e.g.* vantagens de escala, direitos de propriedade, entre outras. O *timing* de entrada nos novos mercados é, portanto, fator fundamental na eficiência das políticas. Nesse sentido, o atraso institucional do sistema de fomento e de inovação brasileiro é preocupante, pois cria a necessidade de uma reestruturação institucional mais rápida e com maiores modificações.



A estrutura industrial resultante da crise dos anos 1980 e da reestruturação econômica dos anos 1990, além de esvaziada em elos importantes das cadeias produtivas e com menor capacidade de encadeamento com o restante da economia, é marcada pela escassez de elementos disseminadores de novas tecnologias – mais particularmente centros de pesquisas ligadas a grandes empresas e *players* relevantes em setores modernos de bens de capital. A evolução da crise industrial brasileira, durante os anos 1990 e 2000, criou um sistema industrial com baixa capacidade de geração endógena de tecnologia e, desse modo, com pouca capacidade de sustentar um ciclo de investimentos por meio da absorção do novo paradigma tecnológico capaz de gerar empregos de forma significativa.

A especialização setorial da indústria brasileira direcionou-se a um perfil mais voltado ao consumo de pacotes tecnológicos, da inovação pela aquisição de bens de capital e modernização de processos produtivos e/ou, na melhor das hipóteses, voltada apenas à incorporação de tecnologias geradas em outros setores industriais em seus bens finais. As características da atual estrutura da indústria brasileira, tal como será discutido, indicam baixa capacidade de reação quanto aos efeitos do desemprego tecnológico, principalmente aquele que será resultado da evolução da automação industrial. Essa fragilidade decorre, sobretudo, da baixa participação de empresas nacionais em setores estratégicos ao desenvolvimento das novas tecnologias da Quarta Revolução Industrial.

A chegada da Quarta Revolução Industrial encontra o sistema industrial brasileiro em uma situação de fragilidade e com pouca possibilidade de absorver transbordamentos das novas tecnologias na forma de inovação em seus produtos. Entretanto, o sistema industrial brasileiro, ainda, é dotado de algumas grandes empresas, com um grau de internacionalização significativo e que possuem plantas produtivas niveladas às exigências competitivas do *benchmarking* internacional. As grandes empresas brasileiras possuem escala operacional e capacidade financeira para assimilar as novas tecnologias produtivas, em sua maioria poupadoras de mão de obra, por meio da compra de equipamentos, máquinas, ferramentas e sistemas de automação. A atualização tecnológica das grandes empresas nacionais, se, por um lado, serve para preservar o grau de competitividade, por outro tende a ampliar o desemprego tecnológico em um cenário em que esses efeitos não serão contrabalanceados pelo aumento da demanda interna sobre os setores de bens de capital, portadores das inovações da Quarta Revolução Tecnológica.

Dada as características da estrutura industrial brasileira, a transição digital poderá ter como efeito a ampliação da heterogeneidade da produtividade entre portes diferentes de empresas. As grandes empresas terão capacidade de financiar investimentos em maior automação, atualizando suas



plantas produtivas pela aquisição de novas tecnologias embarcadas em bens de capital e serviços prestados, enquanto as empresas de menor porte buscarão compensar esse déficit por meio da redução de outros custos. Esse efeito pode levar a uma ampliação, ainda maior, da diferença de produtividade já existente e elevada entre as grandes empresas e as médias empresas no Brasil (NOGUEIRA, 2019).

Essas características atuais do sistema industrial brasileiro levam a crer que a assimilação das novas tecnologias terá um impacto significativo na redução do emprego industrial, enquanto haverá pouca possibilidade de a mudança do paradigma tecnológico se tornar uma oportunidade para que a indústria brasileira aumente sua participação no comércio internacional de bens de capital ou de bens de consumos duráveis (com maior intensidade tecnológica), o que poderia atenuar o desemprego tecnológico. Ainda que as empresas nacionais, em outros setores, possam ampliar sua participação no comércio internacional, provavelmente isto será acompanhado de maior utilização de insumos importados, por conta da utilização de novas tecnologias nos bens finais e processos produtivos que não são produzidas localmente.

Nesse sentido, pode-se descrever a situação presente da indústria brasileira como um sistema cada vez mais importador de tecnologia e cada vez menos produtor, o que indica as dificuldades que serão enfrentadas para mitigar o desemprego tecnológico. A necessidade de mobilizar investimentos em modernização das plantas produtivas pode gerar, ainda, a redução das áreas de negócios e de certas linhas de produção, aumentando o grau de especialização de grandes empresas brasileiras e contribuindo para o aprofundamento do processo de desindustrialização.

Em suma, o processo de industrialização interrompido e em longa crise estrutural resultou em um sistema industrial que poderá ser profundamente afetado pelas mudanças em curso. Se levarmos em consideração que a chegada do novo paradigma tecnológico vai significar, sobretudo, um aprofundamento dos processos de automação e digitalização, muitas das atividades de produção de tipo fordista – ou seja, baseadas em tarefas rotineiras organizadas, de forma sequencial, em linhas de produção e que ainda são intensivas em mão de obra – estarão possivelmente entre as mais afetadas. O perfil do emprego gerado na indústria brasileira está enquadrado entre os que serão mais afetados pelos processos de automação, ou seja, além do risco do aprofundamento do processo de desindustrialização, os setores existentes deverão ter sua capacidade de geração de empregos reduzida pelo progresso tecnológico (MANYIKA *et al.*, 2017).



Qualquer avaliação sobre que efeitos que a Quarta Revolução Industrial terá sobre o desemprego tecnológico no Brasil deve considerar o padrão de especialização produtiva criado pela longa crise industrial brasileira. Nesse sentido, os impactos negativos sobressaem-se em relação às possibilidades de maior inserção de empresas brasileiras e ao aumento da demanda por serviços industriais, vários nos quais o Brasil tem pouca competitividade.

Por conta do padrão de especialização da indústria brasileira e das características do próximo paradigma tecnológico, políticas que visem mitigar o desemprego tecnológico devem levar em consideração a necessidade de promover mudanças estruturais, como a necessidade de fortalecer as novas atividades de maior complexidade tecnológica em que a indústria nacional tem pouca participação. Essas mudanças devem se guiar tanto no sentido de buscar fomentar setores que deverão ter sua demanda ampliada por conta da atualização tecnológica para o próximo paradigma tecnológico – como bens de capital e bens de consumo duráveis mais intensivos em tecnologia – quanto no sentido de criar capacitações nos serviços tecnológicos associados à atividade manufatureira.

Em suma, após um processo de desindustrialização de mais de duas décadas, em que os setores mais intensivos em tecnologia foram os principais atingidos, a indústria nacional deve superar grandes desafios para enfrentar as dificuldades que serão impostas pela mudança do paradigma tecnológico rumo à Indústria 4.0. Os setores que atuam, em geral, como difusores de novas tecnologias, como máquinas e equipamentos, eletroeletrônicos, produtos químicos e fármacos, material de transporte, entre outros, foram setores especialmente afetados pela escassez de políticas de suporte e pela baixa competitividade do sistema industrial brasileiro diante do aumento da produção asiática.

A incorporação incompleta das tecnologias da Terceira Revolução Industrial resultou em baixa capacidade de ampliar a participação das empresas brasileiras em serviços atrelados à produção de bens industriais e, portanto, também em uma baixa capacitação para explorar o nicho de serviços tecnológicos no próximo paradigma tecnológico. A crise da indústria brasileira criou um perfil de especialização concentrado em atividades de montagem, com pouca capacidade inovativa e cada vez mais focada em vantagens competitivas baseadas em custos e no conhecimento do mercado interno.

Esse perfil de especialização é preocupante justamente pelo fato de que as atividades padronizadas de montagem serão as mais atingidas pela evolução dos processos de automação decorrentes da



Quarta Revolução Industrial. Para conter o desemprego tecnológico, será necessário avançar no aumento da intensidade tecnológica dos produtos e processos produtivos, aumentar a participação nacional nos serviços tecnológicos atrelados aos bens industriais e direcionar esforços para criação de capacitações na produção e diferenciação de produtos dos complexos eletrônicos e de TIC.

Basicamente, o processo de industrialização brasileiro foi relativamente bem-sucedido na internalização dos principais setores do paradigma fordista, embora não tenha conseguido criar capacidade endógena de geração tecnológica, que seria necessária para a modernização dos setores internalizados em direção à assimilação da Terceira Revolução Industrial. Essa característica é crucial para se compreender as dificuldades relativas à redução dos efeitos negativos das novas tecnologias no sistema industrial brasileiro, justamente por conta da baixa participação dos serviços tecnológicos ligados à indústria e, tipicamente, das atividades ligadas à Terceira Revolução Industrial.

Diversos estudos e relatórios internacionais sobre os efeitos da Quarta Revolução Industrial na estrutura de ocupação apontam para o deslocamento da empregabilidade do chão de fábrica para os serviços relacionados à atividade industrial e elencam, nesse sentido, uma série de competências e habilidades que serão chaves para a inclusão da mão de obra no novo paradigma tecnológico (OECD, 2015; MANYIKA *et al.*, 2017; WORLD ECONOMIC FORUM, 2020). Essa tendência de ampliação das atividades do setor terciário acopladas à atividade industrial – já presente desde a ascensão do paradigma da microeletrônica – deve se intensificar, trazendo para o centro do debate a necessidade de se constituir também políticas de fomento ao setor de serviços tecnológicos, que concentrarão as oportunidades de realocação da mão de obra.

O relatório apresentado pelo Fórum Econômico Mundial em 2020, *Future of Jobs*, apresenta dados que corroboram a expectativa de maior intensificação da disseminação das tecnologias digitais devido à pandemia do coronavírus. A intensificação do comércio eletrônico, a necessidade de realizar tarefas com menor emprego de seres humanos e os ajustes de custos provocados pela retração do comércio mundial atuam no sentido de promover o aumento da utilização de tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0, abreviando o tempo de adaptação das economias nacionais para a realocação da mão de obra e aumentando o potencial do desemprego tecnológico (WORLD ECONOMIC FORUM, 2020).

O relatório chama atenção para a necessidade de se intensificar igualmente as políticas para mitigar os efeitos da antecipação da adoção das novas tecnologias por conta da pandemia, já que a realocação da mão de obra deverá ocorrer em um ritmo muito mais lento que o desemprego



pela substituição por máquinas. A crise de 2008 demonstrou que a recuperação do comércio internacional, em um cenário posterior a uma violenta retração, pode ser marcada pela elevação do grau de concentração industrial e por uma disputa mais acirrada pela ocupação dos mercados no momento da retomada, com significativas vantagens competitivas para aqueles que partem na dianteira (MILBERG; WINKLER, 2010). A intensificação da volatilidade do comércio internacional, baseado em cadeias globais de valor, também pode atuar como elemento na antecipação do emprego das tecnologias da Indústria 4.0.

Cattaneo *et al.* (2010) argumentam, por meio de suas pesquisas, que o ajuste das cadeias globais de valor à retomada do comércio internacional, após momentos de crise, é marcado por reorientações nas estratégias globais das grandes empresas, com esforços no sentido da otimização das escalas produtivas e da promoção de ganhos de produtividade. Nesse sentido, a reestruturação do comércio internacional no pós-pandemia deve confirmar a tendência de aceleração no ritmo de adoção das novas tecnologias como estratégia em um momento de intensificação da disputa pelos mercados. Como muitas das tecnologias de automação e digitalização já foram induzidas por conta das condições sanitárias, esse movimento deve ganhar força com a intensificação da concorrência.

O relatório *The Future of Jobs* (WORLD ECONOMIC FORUM, 2020) confirma essa tendência quando aponta que, durante a última década, já houve aumento dos incentivos para maior integração de linhas produtivas por meio da automatização inteligente, por conta dos ganhos de produtividade e do incremento da competitividade dos países desenvolvidos diante dos países em desenvolvimento. A disseminação dos processos de automação inteligentes serviria, no contexto pós-pandemia, para reduzir a utilização de mão de obra, diminuindo, assim, o diferencial de custos de produção entre países desenvolvidos e países em desenvolvimento, com a redução dos custos laborais. Esse pode ser um viés de políticas de estímulo produtivo dos países desenvolvidos no pós-pandemia.

As empresas pesquisadas no relatório do Fórum Econômico Mundial, em sua maioria, declaram planos de acelerar a digitalização de processos de trabalho, ampliar a utilização do trabalho remoto e a automação de tarefas. Cerca de um terço das empresas declararam que pretendem acelerar as transformações organizacionais, realocar a mão de obra para diferentes tarefas e reduzir o emprego de mão de obra, o que demonstra uma expectativa generalizada de reestruturação das práticas de negócios no pós-pandemia. Embora quase metade das empresas declarem que pretendem requalificar seus trabalhadores para uma recolocação em diferentes tarefas, a possibilidade de



realocação no interior das empresas depende do grau de diversificação das atividades e da especialização das empresas nacionais dentro das cadeias de valor.

Nesse sentido, o perfil de especialização das grandes empresas nacionais leva a crer que as mudanças organizacionais terão pouco impacto no reaproveitamento de mão de obra dispensada pelo desemprego tecnológico na produção. Deve-se lembrar que a possibilidade de realocação da mão de obra na indústria brasileira fica severamente comprometida em decorrência do alto grau de utilização de insumos importados, sobretudo os insumos de maior complexidade tecnológica que possuem maior utilização de serviços tecnológicos e que sofrerão menos com o desemprego tecnológico.



## 2. ESTRUTURA PRODUTIVA BRASILEIRA E TRANSFORMAÇÕES NO EMPREGO

Algumas das mudanças em curso descritas anteriormente apontam para maior demanda em serviços tecnológicos, sobretudo aqueles relacionados ao tratamento de dados e análise de informações, digitalização de informação e aplicação de inteligência artificial a processos e serviços. A demanda por essas atividades significará uma procura por trabalhadores menos especializados em atividades rotinizadas e em especializações rígidas, mais capacitados para utilização e tradução das informações geradas e para gestão de atividades em rede.

Os estudos sobre as habilidades e competências destacam também que as chamadas *soft skills* serão diferenciais importantes, dado que as tarefas mais mecânicas e rotineiras serão as mais afetadas pela substituição por robôs e processos digitais. Essas habilidades dependem de uma educação consistente desde o ensino básico, não sendo possível a construção dessas habilidades a curto prazo nem em processos de requalificação. Outra parte das habilidades mais demandadas sob o novo paradigma é relativa ao domínio da linguagem de programação e algoritmos. Essas habilidades estarão na base de atividades relativas ao controle e processamento de informação que deverão se generalizar de forma expressiva.

O sentido dessas mudanças em termos de demanda por capacitações da mão de obra também revela como o Brasil está mal posicionado em termos da sua estrutura de formação de mão de obra, do ensino fundamental e médio ao ensino técnico profissionalizante e superior. A adequação do sistema de formação de mão de obra – começando pelo ensino fundamental e passando pelo Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (Senai) e outras instituições de formação de mão de obra industrial – para as necessidades do próximo paradigma tecnológico requer prazo mais longo e políticas públicas de maior alcance, esse pode ser um fator limitante significativo para readequação da indústria brasileira a um mundo de maior diversificação em direção aos serviços tecnológicos.

O Brasil está especialmente mal posicionado na parcela da população ativa com alguma habilidade digital desenvolvida, o relatório citado do Fórum Econômico Mundial apresenta como dado: cerca de 36% da população ativa contra uma média de cerca de 60% nos países desenvolvidos e muito abaixo de países em desenvolvimento, como Índia (49%), Indonésia (60%), China (71%), e mesmo



países latino-americanos, como Argentina (50%) e México (42%). O resultado da pesquisa aplicada às empresas brasileiras confirma a tendência, já comentada anteriormente, de que entre as tarefas que deverão passar por maior substituição estão as atividades de montagem em fábricas, atividades de contabilidade e reparo e manutenção de maquinário (WORLD ECONOMIC FORUM, 2020).

A situação atual da estrutura produtiva brasileira e as tendências provocadas pelo novo paradigma tecnológico na estrutura ocupacional sugerem uma baixa capacidade de oferta de novos postos de trabalho que compensem o desemprego tecnológico nos setores industriais tradicionais. Nesse sentido, a necessidade de se repensar a especialização da estrutura produtiva brasileira para setores de maior complexidade – focando nos elos das cadeias produtivas mais relacionados à produção de intangíveis e de serviços tecnológicos contidos em bens industriais – parece ser uma questão central para que os efeitos do desemprego tecnológico possam ser realmente reduzidos.

Mesmo nos setores industriais de baixa e média-baixa tecnologia, há um potencial de incorporar serviços tecnológicos que merece especial atenção (INSTITUTO EUVALDO LODI, 2017). Dado o perfil de especialização da indústria brasileira, explorar as possibilidades de sofisticação tecnológica possíveis em setores não tão intensivos em tecnologia pode ser uma forma importante de reduzir o impacto negativo que as novas tecnologias terão no emprego direto na produção. Nesse sentido, também é preocupante, além da especialização setorial da indústria brasileira, o foco nas atividades de montagem e a baixa participação no desenvolvimento e na produção de tecnologia e inovações nesses setores.

Os relatórios e os estudos referentes ao dimensionamento do desemprego tecnológico apresentam, de forma geral, um panorama preocupante, não apenas alusivo ao impacto absoluto na redução de postos de trabalho, mas em relação ao perfil de especialização da indústria brasileira e ao impacto nas atividades em que as empresas brasileiras possuem maior competitividade. Esse cenário indica que é necessário focar em políticas de mudança do perfil de especialização da indústria brasileira no sentido de sua maior sofisticação tecnológica e de maior capacitação em serviços industriais, como uma estratégia possível para redução do impacto do desemprego tecnológico na estrutura ocupacional.

O relatório do Fórum Econômico Social vem se somar a outros estudos (MANYIKA, *et al.*, 2012; OECD, 2015; PETTEY, 2015; MANYIKA *et al.*, 2017), que dão destaque para o papel potencial do setor público para reduzir os efeitos do desemprego tecnológico, por meio da ampliação da oferta de serviços públicos e sua modernização. Como as novas tecnologias terão amplo



impacto na forma de controle e prestação dos serviços públicos, o aumento dos investimentos na modernização e digitalização dos serviços públicos também pode ser uma estratégia viável para realocação e requalificação da mão de obra para atividades que envolvem as novas tecnologias e para atividades que sofrerão pouco impacto dos processos de automação.

As tendências apontadas indicam que a longa crise do sistema industrial brasileiro dificultou a capacidade da assimilação do novo paradigma para além do consumo padronizado das novas tecnologias aplicadas em processos produtivos ou em insumos relativos aos bens finais. A reversão desse quadro para que se possa reduzir os efeitos do desemprego tecnológico necessita não somente da criação de uma estratégia de longo prazo para que seja possível a requalificação da mão de obra, mas também de políticas de fomento às atividades de maior complexidade tecnológica.

Nesse sentido, ainda que a longa crise do setor industrial brasileiro tenha gerado um perfil de especialização direcionado a setores de menor complexidade tecnológica, existe um potencial de modernização e de especialização vertical em direção aos serviços tecnológicos relacionados aos setores tradicionais que é possível de ser explorado. Mesmo dentro desse perfil de especialização, existe ainda um potencial em aumentar os empregos de maior qualificação se for acompanhado de aumento dos investimentos em inovação e na diferenciação de produtos (CGEE, 2020). Como as tecnologias habilitadoras do novo paradigma tecnológico terão impactos em praticamente todas as atividades produtivas, a aplicação customizada das novas tecnologias nos processos produtivos específicos criarão uma demanda por serviços tecnológicos, inclusive na modernização de processos produtivos de menor complexidade.

É importante, nesse sentido, garantir políticas que permitam maior inserção de empresas nacionais no mercado de desenvolvimento de tecnologias de processos produtivos como forma de avançar em atividades de maior sofisticação tecnológica partindo da base industrial brasileira. Ainda que o potencial de realocação da mão de obra seja muito desigual entre os setores industriais, dentro da especialização setorial brasileira, há, inclusive, um potencial significativo a ser explorado em termos de maior sofisticação de processos produtivos e no desenvolvimento de inovações e diferenciação de produtos.

Em documento produzido em 2020, *Emprego de Mestres e Doutores segundo a intensidade tecnológica, de P&D ou de conhecimento das atividades econômicas*, o CGEE (2020) demonstra que, entre 2010 e 2017, houve aumento significativo no emprego de mestre e doutores em todos as faixas de intensidade tecnológica entre os setores da indústria de transformação, inclusive nos



setores de baixa e média-baixa intensidade tecnológica. Como esperado, o documento também demonstra que o emprego de mestres e doutores cresceu em taxas superiores nos setores de maior intensidade tecnológica, o que revela os limites da incorporação de mão de obra de alta qualificação dentro de um perfil de especialização produtiva centrada em setores de baixa intensidade tecnológica.

Além disso, como houve crescimento do emprego de mestres e doutores nos setores de menor intensidade tecnológica no Brasil, a capacidade de absorção de mão de obra qualificada nessas atividades dificilmente poderá crescer em ritmo acelerado sem uma expansão da produção e do aumento da participação desses setores no comércio mundial. Como são atividades que não estão entre aquelas com maiores investimentos em inovação, em termos comparativos com outros setores industriais, a possibilidade de emprego de mão de obra científica também fica limitada, sendo difícil esperar que continue crescendo em ritmo acelerado, sem que, além do aumento da exportação, haja maior esforço no desenvolvimento de tecnologia e atividades ligadas a inovações de processo.

Os dados apresentados no documento apontam para a baixa empregabilidade de mestre e doutores em serviços tecnológicos e baseados em conhecimento nas atividades industriais. Esse dado está relacionado tanto a especialização horizontal da indústria brasileira – aquela relativa aos setores que concentram a produção industrial brasileira – quanto ao padrão de especialização vertical da indústria nacional, isto é, aquela relativa à concentração em atividades no interior da cadeia produtiva.

A baixa participação de empresas brasileiras em setores de alta intensidade tecnológica diminui a capacidade de absorção de mão de obra em atividades baseadas em conhecimento, que sentirão menos o desemprego tecnológico. Porém, a baixa participação das empresas brasileiras no desenvolvimento de inovações de produto e de processo produtivo nos setores em que atuam também é fator limitante do aumento da demanda por mão de obra em atividades baseadas em conhecimento. A articulação de políticas de melhoria das condições de oferta com políticas de incentivos à diversificação para uma especialização vertical de maior complexidade seria o mais adequado para possibilitar a exploração desses nichos.



### 3. TRANSIÇÃO DIGITAL E EMPREGO EM SETORES INTENSIVOS EM TECNOLOGIA NO BRASIL: TIC E INDÚSTRIA FARMACÊUTICA

No caso de alguns setores de maior intensidade tecnológica, o Brasil possui alguma institucionalidade e instrumentos de política pública que potencializam a capacidade de geração de empregos de maior qualificação técnica e científica. Em geral, são setores em que o Estado possui capacidade direta de exercer demanda. O mercado brasileiro fornece escala operacional significativamente grande para garantir competitividade a produtores locais e já há certo acúmulo de capacitação produtiva local.

É importante ressaltar que, quanto maior a complexidade tecnológica de um setor – isto é, sua capacidade de mobilizar capacitações tecnológicas geradas em outras atividades produtivas –, em geral maior será sua capacidade de gerar empregos com grande necessidade de qualificação (HIDALGO, 2009; GALA *et al.*, 2018). Nesse sentido, quanto maior a complexidade tecnológica da estrutura produtiva de um país, menor deverá ser a eliminação relativa de postos de trabalho pelo desemprego tecnológico.

A complexidade tecnológica da estrutura produtiva também define a capacidade de diversificação das empresas locais (HIDALGO, 2009; 2021). Logo, a sofisticação tecnológica de um setor produtivo também define sua capacidade de diversificação e de avançar em outras atividades de maior sofisticação tecnológica. Os setores de maior complexidade tecnológica, desse modo, fornecem uma base a ser explorada pelo potencial de diversificação para outras atividades e pela capacidade superior de absorver mão de obra mais especializada e com menor propensão a ser substituída por processos de automação.

No caso do complexo de saúde, existe um grande potencial de incorporação e de desenvolvimento próprio de tecnologia a partir da demanda pelo Sistema Único de Saúde (SUS). A especificidade do setor de saúde no Brasil, dotado não só de um sistema público de grande abrangência, mas também de um sistema de pesquisa relativamente sofisticado, permitiria a utilização do setor público como um demandante por meio da modernização do sistema público de saúde. Para tanto, é necessário reforçar novamente a relevância da articulação de políticas públicas que criassem demanda com políticas de fomento às atividades de maior complexidade ligadas ao complexo industrial de saúde.



O complexo industrial de saúde é um bom exemplo das possibilidades de se explorar nichos específicos a partir dos impactos das novas tecnologias. As tecnologias da Quarta Revolução Industrial terão impactos não somente nas áreas de diagnóstico, análise clínica, intervenção cirúrgica entre outras, mas também deverão apresentar impactos nas áreas de treinamento e formação de profissionais da área de saúde (WORLD ECONOMIC FORUM, 2020). Nos setores em que há a perspectiva de se articular as políticas de fomento com a demanda proveniente do setor público, a exploração das diversas possibilidades abertas pela transformação tecnológica das tarefas em um complexo produtivo pode reduzir expressivamente os efeitos do desemprego tecnológico.

Essa afirmação pode ser estendida às diversas atividades relativas ao fornecimento de serviços públicos e de bens de consumo coletivos. Nesse sentido, há uma grande expectativa de demanda pelas novas tecnologias que virão da modernização dos serviços públicos e da infraestrutura de forma mais geral. Essa expectativa aponta para como o setor público pode ser um vetor de articulação de políticas tanto pelo lado da demanda quanto pelo viés de políticas de fomento à competitividade e à inovação. O investimento público, pelas características do novo paradigma industrial, deve tornar-se elemento estratégico na criação de oportunidades para a sofisticação das atividades de empresas nacionais e facilitar a assimilação das novas tecnologias pela indústria nacional (PETTEY, 2015).

Nas atividades manufatureiras de baixa intensidade tecnológica, há, ainda, um potencial a ser explorado na realocação de mão de obra pelo fortalecimento do conjunto de pequenas e médias empresas (PME) com maior enfoque na diferenciação de produtos ou desenvolvimento de aplicações customizadas das tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0. Como uma das características das tecnologias do novo paradigma é sua alta customização no desenvolvimento de aplicações específicas em diversas áreas, abre-se um leque de oportunidade para o fortalecimento de empresas de base tecnológica por meio do fortalecimento dos vínculos de cooperação entre empresas e sistema nacional de inovação.

A sofisticação do sistema de PME é uma estratégia que deve ser seguida por um número grande de políticas de fomento ao sistema produtivo em países industrializados, partindo da lógica de que o desenvolvimento de atividades intensivas em conhecimento e de baixa escala produtiva será uma das principais frentes para redução do desemprego causado pelo progresso tecnológico nos processos de automação industrial. Um dos desafios, nesse sentido, é a adequação do sistema de fomento ao financiamento de empresas de base tecnológica e o desenvolvimento de uma economia de serviços tecnológicos.



Como os efeitos da mudança de paradigma tecnológico na estrutura de ocupação devem ocorrer tanto pela perda de competitividade da indústria brasileira – reduzindo o emprego industrial pela perda de participação no mercado – quanto pela mudança tecnológica nas linhas de produção, com a perda de postos de trabalho pelo desemprego tecnológico, é fundamental que as políticas públicas procurem articular novos vetores de demanda com o fomento à complexificação tecnológica das atividades existentes.

A criação de um regime de incentivos ao aumento da complexidade tecnológica da indústria brasileira, seja por meio do aumento da participação em setores de alta tecnologia, seja pela exploração de uma trajetória de especialização vertical mais sofisticada em serviços tecnológicos e inovações de processo, é um passo necessário para aumentar a capacidade brasileira de o sistema industrial realocar e requalificar sua mão de obra. Por causa da mudança tecnológica e do atraso relativo do sistema industrial brasileiro, seria necessário intensificar a utilização de instrumentos típicos da política industrial, assim como fornecer maior capacidade de planejamento de longo prazo para essa política e maior dotação orçamentária. Esse cenário é especialmente preocupante em relação ao *timing* necessário para se construir políticas de fomento observando a janela de oportunidades existente no período de disseminação das novas tecnologias.

O desenho de políticas de incorporação das novas tecnologias com a capacitação de produtores nacionais possui melhor eficiência quando ocorre na fase de disseminação da tecnologia em sua fase de padronização. Esse fato define um cronograma específico de planejamento e implantação de políticas de fomentos, ou seja, a perda do *timing* de implantação pode significar, em alguns casos, a perda definitiva da possibilidade de se realizar uma política bem-sucedida. A desarticulação das políticas industriais, científicas e tecnológicas, no momento de mudança do paradigma tecnológico, pode gerar uma situação em que a necessidade de se criar posteriormente políticas reativas à deterioração da competitividade do sistema industrial pode significar um custo social elevado.

Apesar dos problemas relativos à sua especialização produtiva, o Brasil não se encontra muito distante da experiência internacional na construção de políticas para redução dos efeitos do desemprego tecnológico. O levantamento regulatório realizado pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) (2020b), por exemplo, não encontrou marcos legislativos significativos para inibir o desemprego tecnológico no Brasil, tampouco aponta se há, no resto do mundo, alterações regulatórias explícitas para evitar ou coibir o desemprego tecnológico, sendo a proteção do mercado de trabalho feita, sobretudo, por incentivo aos acordos coletivos e desincentivo às demissões (CGEE, 2020b). Entretanto, deve-se analisar que as políticas de incentivo à absorção



das novas tecnologias da Indústria 4.0 pelo sistema industrial brasileiro devem ter impactos mais significativos que nos países mais desenvolvidos, dado o hiato tecnológico das plantas produtivas industriais em relação ao patamar da produtividade dos países desenvolvidos e o efeito poupador de mão de obra que as novas tecnologias terão sobre essa estrutura industrial.

No cenário internacional, houve a disseminação de um conjunto de políticas industriais de grande porte que visam não só à consolidação do novo paradigma tecnológico, mas também ao fortalecimento dos vínculos entre *clusters* produtivos e instituições de pesquisa, com foco no fortalecimento da competitividade sistêmica das indústrias nacionais. Há em comum, entre as propostas de políticas industriais nos países desenvolvidos, a preocupação em fortalecer os vínculos entre empresas e instituições públicas de pesquisa e o foco no progresso tecnológico e na competitividade do sistema manufatureiro nacional como um todo (O'SULLIVAN *et al.*, 2013).

A conjuntura internacional pós-pandemia sugere um cenário de intensificação da competição internacional, com a possível aceleração da disseminação de parte das tecnologias da Quarta Revolução Industrial e um ambiente marcado pela adoção de políticas industriais mais ativas. Em muitos casos, todas essas dimensões aparecem de forma articulada em programas voltados à promoção de mudanças estruturais nos sistemas econômicos nacionais, que, por sua vez, deverão consolidar os padrões tecnológicos do próximo paradigma. Nesse sentido, há pouca atenção no debate brasileiro para a situação brasileira diante de mudanças da conjuntura internacional e para a criação de instrumentos adequados à promoção da competitividade da indústria nacional para além dos fatores relacionados aos custos.

Em um cenário de acirramento das políticas de suporte à competitividade, a ausência de políticas de fomento pode significar um aprofundamento do processo de desindustrialização com perdas de emprego que vão para além do desemprego tecnológico, isto é, que sejam resultados do aumento do desemprego estrutural no Brasil. Vale ressaltar que as políticas industriais atuais dos países desenvolvidos visam à reabsorção de elos das cadeias produtivas perdidas para os países em desenvolvimento tendo efeitos na reversão do processo de expansão dessas cadeias globalizadas em prol de sistemas industriais mais integrados.

A possibilidade de reversão da fragmentação de certas cadeias produtivas, dando lugar a sistemas produtivos mais integrados, reduz a potencialidade de um conjunto de políticas industriais, focadas na redução de custos operacionais e na atração de investimentos estrangeiros para impulsionar a participação das empresas nacionais em cadeias globais de valor. Uma das questões envolvidas



nessa estratégia de política industrial é a possibilidade de estagnação na expansão das cadeias globais de valor ou de sua reversão parcial (DACHS; ZANKER, 2015), o que resultaria no aumento da competição no interior das cadeias de valor e na redução da capacidade de os elos intermediários obterem uma participação significativa no valor adicionado.

Essa mudança implica a necessidade de se pensar as possibilidades existentes em cada setor em relação à sua estrutura atual no Brasil. No caso do complexo de saúde, por exemplo, ainda que haja certa escassez de *players* importantes de origem nacional, a existência de um sistema público de grande cobertura possibilita maior integração entre a geração de inovações e a criação de interfaces com os usuários, sendo importante diferencial para ser aproveitado por políticas de fomento ao setor produtivo.

Em setores da indústria de montagem, sobretudo nos setores da Terceira Revolução Industrial, que chefiaram o processo de fragmentação e internacionalização das cadeias produtivas, a escassez de empresas brasileiras que atuam como *first tiers*<sup>2</sup> dessas cadeias dificulta replicar a tendência de integração produtiva no Brasil. Dessa forma, ainda que esses setores sintam menos os efeitos do desemprego tecnológico, no caso brasileiro, devido às peculiaridades de sua estrutura industrial atual, os efeitos podem ser significativos por conta da perda de competitividade da indústria local.

O Brasil, em meio a todas essas transformações, encontra-se duplamente mal posicionado. Primeiramente, por conta de sua estrutura produtiva estar passando por um longo período de fragilização, com perda da participação dos setores intensivos em tecnologia. Em segundo, por estar institucionalmente desprovido da coordenação dos diversos instrumentos necessários para promover sua adaptação ao novo paradigma tecnológico. Nesse sentido, os desafios são promover maior especialização em direção a atividades intensivas em tecnologia e reorganizar os instrumentos de fomento para melhor adequação às características das novas tecnologias e sua interface com a produção.

O sistema brasileiro de fomento – incluindo os bancos públicos, as agências de financiamento, os fundos garantidores, entre outros instrumentos de promoção do setor produtivo – é datado do

---

2 Em geral, a literatura sobre cadeias globais de valor refere-se às empresas *first tiers* (ou primeiro elo) como aquelas que possuem capacidade de articular toda a cadeia por meio do desenvolvimento de produtos ou projetos originais, definindo, ainda que, parcialmente, o padrão de produção do bem final. Dessa forma, em geral, essas empresas possuem maior capacidade de gerar valor adicionado ou obter rendas por direitos de propriedade intelectual sobre a cadeia como um todo em virtude de seu papel como desenvolvedora de tecnologia e outros ativos intangíveis. Ver, por exemplo, Milberg e Winkler (2013).



processo de industrialização brasileiro de base fordista (SUZIGAN; FURTADO, 2010). Os instrumentos disponíveis são, em geral, voltados ao financiamento de empresas produtoras de bens e com atuação em mercados já estabilizados. Há, nesse sentido, a necessidade de melhor adequação do sistema de fomento ao financiamento de serviços tecnológicos, de empresas de base tecnológica e de processos de inovação realizados em cooperação institucional.

Embora o sistema brasileiro conte com alguns instrumentos voltados ao financiamento de inovação, a maior inserção de empresas brasileiras em nichos específicos de atuação abertos pela disseminação das novas tecnologias requer uma diversificação dos instrumentos existentes e sua melhor adaptação às características do novo paradigma. A estrutura empresarial que será promovida pelo novo paradigma tecnológico tende a ser caracterizada por um número maior de empresas entrantes no desenvolvimento da aplicação customizada das tecnologias habilitadoras, voltadas a novos mercados e com grande incerteza sobre a evolução desses mercados.

As aplicações das novas tecnologias e o desenvolvimento de um mercado de serviços tecnológicos vão exigir instrumentos mais direcionados ao padrão de financiamento de maior risco, típicos de processos inovativos. Quando são observadas as experiências internacionais, fica evidente o papel das agências públicas de financiamento em atuar nas fases de maior risco e com maior volume financeiro, geralmente as modalidades de crédito de longo prazo são menos funcionais do que a participação direta no capital ou na subvenção direta (SAU, 2007; RAPINI, 2009). Ainda que tenha havido, na última década, maior diversificação desses instrumentos no Brasil, muitos tiveram seus fundos reduzidos e dependem de melhor adaptação em relação às tecnologias da Quarta Revolução Industrial.

O Brasil necessita, nesse sentido, de melhor adaptação institucional aos diversos desafios levantados pela mudança tecnológica. No que se refere à sua estrutura produtiva, o padrão de especialização da indústria nacional está na contramão dos setores tecnologicamente mais dinâmicos, nos setores que concentram a atuação das empresas nacionais, há baixa intensidade de gastos em P&D, sendo necessário adequar seus instrumentos de promoção às características das tecnologias do novo paradigma. Há, portanto, a necessidade não só de se avançar no debate sobre as atuais práticas de política industrial, científica e tecnológica, mas também de se avançar no debate sobre a adequação institucional dos mecanismos existentes no Brasil.



## 4. CONSIDERAÇÕES SOBRE A CONSTRUÇÃO DE POLÍTICAS PÚBLICAS NA TRANSIÇÃO DIGITAL

A discussão realizada apresentou os principais desafios para a adaptação do sistema industrial brasileiro às exigências do novo paradigma tecnológico a partir de breve contextualização do atual estado da indústria nacional. Este trabalho procurou demonstrar como a indústria brasileira está especialmente mal posicionada para enfrentar os desafios impostos pela mudança tecnológica. Dada as características atuais do sistema industrial brasileiro, o desemprego tecnológico poderá ser verificado em parte significativa das atividades produtivas, o que pode significar, em muitos casos, inclusive, a transferência de etapas da produção para outros países.

A redução do *trade off* entre progresso tecnológico e emprego demanda não só a criação de um conjunto de instrumentos para requalificação constante da mão de obra, mas também requer avançar na adequação da estrutura produtiva brasileira às atividades com menor tendência ao desemprego tecnológico e que foquem em mercados de maior dinamismo no comércio internacional. Essa estratégia pode ser resumida em um maior foco na sofisticação dos serviços industriais realizados internamente e no aumento da complexidade tecnológica da produção doméstica. A realização de atividades mais baseadas em conhecimento e na produção de bens com maior diferenciação tecnológica pode criar um perfil de especialização produtiva menos suscetível ao desemprego tecnológico.

O principal efeito da crise do sistema industrial brasileiro, a partir dos anos 1990, foi criar um padrão de especialização industrial baseado em atividades intensivas em recursos naturais e bens de consumo não duráveis. Os efeitos da crise foram sentidos, sobretudo, nos setores de maior intensidade tecnológica, afetando a capacidade geral de a indústria brasileira atuar na produção de tecnologia e na adaptação de novas tecnologias para o uso nacional. Nos setores mais intensivos em escala, as novas tecnologias deverão fornecer maior capacidade de controle e automação dos processos, a eliminação do trabalho humano em tarefas rotineiras de controle e administração e, provavelmente, um aumento da competitividade da produção em escalas menores e mais automatizadas.

Os setores em que a indústria nacional concentrou sua atuação deverão sofrer com a redução dos postos de trabalho e com o aumento da produtividade das plantas produtivas mais integradas e automatizadas. Nesse sentido, é preocupante não só o desemprego tecnológico, mas também



a possibilidade de perda de produção nacional provocada pela redução da competitividade da estrutura produtiva doméstica. Por ser uma questão de fundo estrutural, o padrão de especialização da indústria brasileira preocupa, pois age como grande limitador da capacidade de as políticas públicas mitigarem os efeitos do desemprego tecnológico.

Dessa forma, é um ponto fundamental no debate discutir as possibilidades de incentivar outras rotas de especialização da indústria nacional. Uma política industrial que incentive o desenvolvimento e a diversificação para atividades de maior intensidade tecnológica, como bens de consumo duráveis e bens de capital, seria uma estratégia importante para aumentar a oferta de emprego em setores com maior capacidade de diferenciação de produto, de desenvolvimento de aplicações tecnológicas customizadas e com maior intensidade de serviços tecnológicos incorporados na produção de bens.

A intensidade tecnológica da estrutura produtiva é fundamental para determinar um horizonte mais amplo de possibilidades de diversificação produtiva. Portanto, uma política que incentive uma especialização produtiva para setores de maior intensidade tecnológica fornece uma base prévia mais apropriada para responder a políticas de mitigação do desemprego tecnológico. Os setores de maior complexidade, em geral, possuem maiores encadeamentos com o setor de serviços de alta produtividade e tendem a ser setores com maior capacidade de reter mão de obra durante a próxima transição digital.

Como esses setores possuem uma gama maior de atividades baseadas em conhecimentos envolvidos na produção dos seus bens, a ampliação da produção nacional implicaria também aumento da oferta de empregos com características menos suscetíveis à sua substituição por sistemas automatizados. Logo, a diversificação da indústria nacional, nesse sentido, aumenta as possibilidades de manejo das políticas voltadas à redução do desemprego tecnológico.

Outra questão fundamental diz respeito ao perfil de especialização no interior dos setores que concentram a atuação das empresas nacionais, isto é, a especialização vertical no interior das cadeias produtivas. Para além do padrão de especialização setorial, as empresas brasileiras têm uma atuação tímida no desenvolvimento de novas tecnologias de processo e na geração de inovações de produto, possuem uma atuação mais voltada à montagem ou produção de bens a partir de transferência tecnológica e, portanto, atuam pouco em mercados de tecnologia.

Em termos de desenho de política pública, é possível desenvolver um padrão de especialização vertical mais focado na atuação do desenvolvimento tecnológico de bens de capital e processos



produtivos em setores que as empresas nacionais possuam vantagens competitivas. Além do menor custo desse tipo de política diante das políticas que visem à mudança do padrão de especialização setorial, elas permitem que ocorra realocação da mão de obra no interior dos próprios complexos produtivos e tendem a reforçar a competitividade das empresas brasileiras já estabelecidas.

O terceiro eixo de políticas necessárias é a atualização de certas características do sistema nacional de inovação, assim como já tem ocorrido nos países centrais. Nos últimos anos, as políticas de desenvolvimento produtivo dos países avançados têm se direcionado para a descentralização da infraestrutura de pesquisa, maior especialização geográfica em relação aos *clusters* produtivos e um direcionamento maior para as tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0 (ROCHA, 2019). Embora o sistema brasileiro possua algumas características condizentes com esse viés verificado nas políticas internacionais, é necessário ampliar as relações de cooperação entre instituições de pesquisa e desenvolvimento e empresas e aproximar essas instituições dos complexos produtivos locais como forma de facilitar o desenvolvimento de aplicações desenvolvidas, de forma específica, para produtos e processos produtivos.

Um quarto eixo seria a atualização institucional de certos mecanismos de fomento; o sistema brasileiro de fomento e financiamento às atividades produtivas e de inovação precisa ser atualizado dadas as características do novo paradigma tecnológico. Tanto o sistema nacional de inovação quanto o sistema de fomento possuem características típicas de instituições de padrão fordista, requerendo melhor adaptação à ampliação da incorporação de serviços na atividade manufatureira e ao desenvolvimento de inovações por meio da cooperação institucional atrelada às empresas de base tecnológica surgidas no próprio processo de inovação.

Nesse sentido, iniciativas interessantes, como a chamada pública de *venture capital*, realizada pela Financiadora de Estudos e Projetos (Finep) e outras linhas de fomento abertas por agências estaduais de fomento à pesquisa são exemplos de políticas que podem ser seguidas. Essas iniciativas possuem direcionamento adequado, podendo ser retomadas ou ampliadas em alguns casos. As experiências internacionais também demonstram que as agências de financiamento setorialmente especializadas apresentam bons resultados em termos de eficiência das políticas públicas e têm sido recorrentemente utilizadas como forma de incentivar a diversificação produtiva para áreas de maior dinamismo ou de maior potencialidade de alocação da mão de obra.

Vale ressaltar que a conjuntura internacional pós-pandemia será caracterizada pela ampla utilização de políticas industriais e de proteção ao capital local. Nesse cenário, a prática de políticas



públicas deve se basear no realismo da disputa pelos mercados internacionais e da utilização de instrumentos de suporte à competitividade das empresas. A não utilização dos instrumentos disponíveis pode significar um desnivelamento das condições de competição com a deterioração da capacidade de as empresas brasileiras competirem nesse cenário. Nesse caso, vale seguir as práticas internacionais e utilizar os instrumentos disponíveis de promoção ao setor produtivo local, direcionando os incentivos para atividades que permitam a realocação da mão de obra deslocada pelo desemprego tecnológico.

A definição de um plano geral de atuação no sentido da redução do desemprego tecnológico deve incluir, portanto, um conjunto de dimensões complementares relativas à adaptação do sistema manufatureiro nacional às características da Quarta Revolução Industrial. Dessa forma, qualquer estratégia deve incluir o foco na mudança do perfil de especialização setorial da indústria brasileira – em direção à maior complexidade tecnológica –, deve incluir também um regime de incentivos para mover a especialização vertical das empresas brasileiras para áreas mais voltadas à inovação de processo e produto e uma série de investimentos na atualização do sistema brasileiro de inovação e fomento à atividade produtiva para as exigências da geração de tecnologia dentro do novo paradigma.

No processo atual de transição digital, as atividades de controle e gerenciamento dos dados serão também altamente estratégicas para criar vantagens competitivas para a entrada em setores que passarão por um processo mais intenso de automação. O cruzamento dos dados e a necessidade de se abastecer os algoritmos dos sistemas podem criar barreiras à entrada relativas ao acesso e à escala operacional de processamento de dados, logo, a regulação sobre o acesso aos dados da população local passa a ser uma preocupação diretamente ligada à política industrial, no sentido de que a perda de controle sobre o gerenciamento dos dados pode simplesmente impedir a entrada de empresas nacionais em certas atividades da Quarta Revolução Industrial.

Para além dessas questões, é necessário um desenho de política industrial, científica e tecnológica que esteja mais coordenada com o alto escalão do governo, isto é, que esteja mais próxima dos centros decisórios, com maior capacidade de pautar a hierarquização das políticas públicas e que possua maior proeminência dentro da lógica de alocação de recursos. Como a adequação ao novo paradigma tecnológico necessita de mudanças que se estendem do sistema educacional ao sistema financeiro, não há possibilidade de sucesso sem a coordenação centralizada das ações e sem que essas políticas estejam no topo das prioridades.



## REFERÊNCIAS

- CASTRO, A. B. A reestruturação industrial brasileira nos anos 1990. Uma interpretação. **Revista de Economia Política**, v. 21, n. 3, p.3-26, 2001. Disponível em: [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/1761025/mod\\_folder/content/o/CASTRO%2C%20A.B.%20%282001%29.pdf?forcedownload=1](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/1761025/mod_folder/content/o/CASTRO%2C%20A.B.%20%282001%29.pdf?forcedownload=1)
- CATTANEO, O.; GEREFFI, G.; STARITZ, C. Global value chains in a postcrisis world: resilience, consolidation, and shifting end markets. In: CATTANEO, O.; GEREFFI, G.; STARITZ, C. (Ed.). **Global value chains in a postcrisis world: a development perspective**. Washington: World Bank, 2010. p. 3-20. Disponível em: <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/2509/569230PUBoglob1Codisclosedo10151101.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS – CGEE. **Emprego de Mestres e Doutores segundo a intensidade tecnológica, de P&D ou de conhecimento das atividades econômicas**. Serviços de Informação sobre RH para CT&I. Brasília, DF: 2020a.
- CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS – CGEE. **Position Paper: Digitalização e relação homem-máquina: mudanças e tendências na legislação e regulação em nível global**. Brasília: CGEE, 2020b.
- DACHS, B.; ZANKER, C. Backshoring of production activities in European manufacturing. **MPRA Paper, Munich**, n.63868, 2015. 9 p. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/211616608.pdf>
- GALA, P. *et al.* Sophisticated jobs matter for economic complexity: An empirical analysis based on input-output matrices and employment data. **Structural Change and Economic Dynamics**, v. 45, p.1-8, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.strueco.2017.11.005>
- HIDALGO, C. The Dynamics of economic complexity and the product space over a 42 year period. **CID Working Paper Series 2009.189**, 2009. Disponível em: <https://dash.harvard.edu/bitstream/handle/1/37366208/189.pdf?sequence=1&isAllowed=y>



HIDALGO, C. Economic complexity theory and applications. *Nat Rev Phys*, 3, p. 92–113, 2021. 22 p. Disponível em: <https://oec.world/pdf/economic-complexity-theory-and-applications.pdf>

INSTITUTO EUVALDO LODI - IEL. Núcleo Central. **Mapa de clusters tecnológicos e tecnologias relevantes para competitividade de sistemas produtivos**. Brasília: 2017. 96 p. Disponível em: <https://silo.tips/downloadFile/mapa-de-clusters-tecnologicos-e-tecnologias>.

MANYIKA, J. *et al.* **A future that works: automation, employment, and productivity**. New York: Mckinsey & Company, 2017. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/featured%20insights/Digital%20Disruption/Harnessing%20automation%20for%20a%20future%20that%20works/MGI-A-future-that-works-Executive-summary.ashx>

MANYIKA, J. *et al.* **Manufacturing the future: the next era of global growth and innovation**. New York: Mckinsey & Company, 2012. Disponível em: [https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Business%20Functions/Operations/Our%20Insights/The%20future%20of%20manufacturing/MGI\\_Manufacturing%20the%20future\\_Executive%20summary\\_Nov%202012.pdf](https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Business%20Functions/Operations/Our%20Insights/The%20future%20of%20manufacturing/MGI_Manufacturing%20the%20future_Executive%20summary_Nov%202012.pdf)

MILBERG, W.; WINKLER, D. Trade, crisis, and recovery: restructuring global value chains. In: CATTANEO, O.; GEREFFI, G.; STARITZ, C. (Ed.). **Global value chains in a postcrisis world: a development perspective**. Washington: World Bank, 2010. p. 23-72. Disponível em: <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/2509/569230PUBoglob1Codisclosed010151101.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

MILBERG, W.; WINKLER, D. **Outsourcing economics: global value chains in capitalist development**. New York: Cambridge University, 2013. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139208772>

NOGUEIRA, M. O. **Um pirilampo no porão: um pouco de luz nos dilemas da produtividade das pequenas empresas e da informalidade no país**. Brasília: IPEA, 2019. 322 p. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/9411/1/Um%20pirilampo%20no%20por%C3%A3o.pdf>

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT – OECD. **Enabling the next production revolution: issues paper**.



Copenhagen: OECD, 2015. Disponível em: [https://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=DSTI/IND\(2015\)2&docLanguage=En](https://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=DSTI/IND(2015)2&docLanguage=En). Acesso em: 10 mar. 2020.

O'SULLIVAN, M. et al. What is new in the new industrial policy? A manufacturing systems perspective. **Oxford Review of Economic Policy**, Oxford, v.29, n.2, p. 432-462, 2013. <https://doi.org/10.1093/oxrep/grt027>

PETTEY, C. The internet of things is a revolution waiting to happen. **Smarter with Gartner**, 2015. Disponível em: <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/the-internet-of-things-is-a-revolution-waiting-to-happen/>

RAPINI, M. Sistemas financeiros e financiamento à inovação: algumas reflexões para o Brasil. **Texto para Discussão nº 367**, Cedeplar/UFMG, 37p, 2009. Disponível em: <http://www.cedeplar.ufmg.br/pesquisas/td/TD%20367.pdf>

ROCHA, M. A. Uma proposta para política de desenvolvimento produtivo e tecnológico: uma via para o Brasil no próximo paradigma tecnológico. **Revista Cadernos de Campo**, n. 27, p.17-38, 2019. Disponível em: <https://periodicos.fclar.unesp.br/cadernos/article/view/13731/9061>

SAU, L. New pecking order financing for innovative firms: an overview. **Working Paper nº 02**, Università di Torino, 28 p. 2007. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Sau-Lino/publication/23696832\\_New\\_pecking\\_order\\_financing\\_for\\_innovative\\_firmsan\\_overview/links/53f4d1ee0cf2fceacc6ea813/New-pecking-order-financing-for-innovative-firmsan-overview.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Sau-Lino/publication/23696832_New_pecking_order_financing_for_innovative_firmsan_overview/links/53f4d1ee0cf2fceacc6ea813/New-pecking-order-financing-for-innovative-firmsan-overview.pdf)

SUZIGAN, W; FURTADO, J. Instituições e políticas industriais e tecnológicas: reflexões a partir da experiência brasileira. **Estudos Econômicos**, v. 40, n. 1, p. 7-41, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/ee/v40n1/v40n1a01.pdf>

WORLD ECONOMIC FORUM – WEF. **The future of jobs report 2020**. Genebra: Fórum Econômico Mundial, 2020. Disponível em: <https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2020>

## SIGLAS E ABREVIATURAS

---

**CGEE** | Centro de Gestão e Estudos Estratégicos

**Finep** | Financiadora de Estudos e Projetos

**IE-Unicamp** | Instituto de Economia da Universidade Estadual de Campinas

**MCTI** | Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações

**NEIT- IE/UNICAMP** | Núcleo de Economia Industrial e da Tecnologia (Neit) do Instituto de Economia (IE) da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp)

**PME** | Pequenas e médias empresas

**Senai** | Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial



