

ESTRUTURA PRODUTIVA E INDÚSTRIA 4.0: UM OLHAR PARA OS PAÍSES DO BRIC

Ana Paula Klaumann*

Ricardo Dathein†

Área 2 - Desenvolvimento Econômico

RESUMO

A estrutura produtiva de um país é importante para determinar a forma como ele cresce, além da disponibilidade de renda e empregos. Há especial ligação entre essa estrutura e a tecnologia, sendo que as mudanças que a primeira pode sofrer são consideradas benéficas quando vão no sentido do aprimoramento das técnicas. Tendo esse tema como pano de fundo, torna-se relevante analisar a Indústria 4.0. A partir desse arranjo industrial, são relacionados sistemas de produção e sistemas cibernéticos, formando o que foi cunhado como sistemas cyber-físicos. Tem-se como objetivo investigar como os quatro países do BRIC estão se posicionando no tocante à indústria 4.0, e como ela pode influenciar na estrutura produtiva. Esse trabalho é realizado mediante revisão bibliográfica acerca dos temas inovação, estrutura produtiva e indústria 4.0, além de pesquisa indireta acerca de indicadores que ilustram esses temas no contexto do conjunto de países em desenvolvimento. Esses países têm realizado esforços – não homogêneos – relacionados ao assunto. No Brasil, apesar dos diversos documentos desenvolvidos, ainda não há uma política nacional consolidada sobre o assunto. A Rússia se preocupa em encontrar mercados aptos a absorver as novas tecnologias. A Índia desenvolveu uma série de medidas para ultrapassar os obstáculos que a afastam da indústria moderna. A China consolidou um projeto nacional rumo à modernização de sua indústria.

Palavras-Chave: Estrutura produtiva. Indústria 4.0. BRIC.

Classificação JEL: 014. 033.

ABSTRACT

A country's productive structure is important in determining how it grows, in addition to the availability of income and jobs. There is a special link between this structure and technology, and the changes that the former may undergo are considered beneficial when they are towards improving techniques. With this background in mind, it is relevant to analyze Industry 4.0. From this industrial arrangement, production systems and cyber systems are related, forming what was coined as cyber-physical systems. The objective is to investigate how the four BRIC countries are positioning themselves regarding Industry 4.0, and how it can influence the productive structure. This work is carried out through a bibliographic review on the themes of innovation, productive structure and industry 4.0, in addition to indirect research on indicators that illustrate these themes in the context of the set of developing countries. These countries have made efforts - not homogeneous - related to the subject. In Brazil, despite the various documents developed, there is still no consolidated national policy on the subject. Russia is concerned about finding markets that can absorb new technologies. India has developed a series of measures to overcome the obstacles that push it away from modern industry. China has consolidated a national project towards the modernization of its industry.

Keywords: Productive structure. Industry 4.0. BRIC.

JEL Classification: 014. 033.

*Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (PPGE/UFRGS).
E-mail: anaklaumann96@gmail.com

†Professor titular do Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (PPGE/UFRGS).
E-mail:ricardo.dathein@ufrgs.br

1 INTRODUÇÃO

A estrutura produtiva de um país é fator importante para determinar os rumos da economia, contribuindo para elucidar temas relacionados com a qualidade de vida e disponibilidade de renda das populações. A literatura utilizada no presente trabalho dá indicativos de que as dinâmicas da tecnologia e da inovação são fundamentais para determinar a trajetória de crescimento de longo prazo das nações. Em conjunto com esses fatores, está posta a temática da mudança estrutural, e de como ela pode ser feita no sentido de privilegiar as nações.

Considerando a importância da mudança estrutural e o papel da tecnologia nesse sentido, volta-se o olhar para o tema da Indústria 4.0. A literatura apresenta esse tema como a “indústria do futuro”, na qual a produção deve ser digitalizada, ou seja, inserida no contexto das tecnologias da rede, representando desafios e oportunidades, em especial no que se refere ao mercado de trabalho (ALMEIDA; CAGNIN, 2019). A forma como cada nação lidará com as questões ligadas a esse novo arranjo industrial dependem dos seus desafios internos e da medida em que eles pretendem avançar no sentido da modernização das suas estruturas produtivas. Nesse sentido, é importante olhar para algumas políticas nacionais que têm sido colocadas em prática.

Opta-se por realizar um recorte na análise da mudança estrutural e da Indústria 4.0, voltando-a para os BRIC. Brasil, Rússia, Índia e China compõem um conjunto de países em desenvolvimento, que costuma também incluir a África do Sul, a qual não será tratada no presente estudo¹. Dados do Itamaraty (2020) apontam que os cinco países do conjunto representam cerca de 30% do território mundial, comportando 42% da população. Existem esforços de cooperação entre os países, atualmente em trinta áreas relevantes, que devem gerar ganhos para suas populações.

O objetivo desse artigo, portanto, é o de compreender de que maneira a Indústria 4.0 se interliga ao tema da estrutura produtiva e se coloca como uma possibilidade para a mudança estrutural, tendo como objeto de estudo os quatro países acima citados. O trabalho será realizado a partir de uma revisão bibliográfica sobre os temas inovação, estrutura produtiva e indústria 4.0, seguida da investigação de indicadores e políticas dos países selecionados, mediante pesquisa indireta. Divide-se o artigo em três seções, além desta introdução. Na segunda seção, faz-se uma revisão de literatura sobre o tema da estrutura produtiva e suas transformações, além de investigação acerca da Indústria 4.0. A terceira seção traz dados que ilustram o desempenho dos países em relação às tecnologias, além de apontamentos sobre como cada país tem se relacionado com as tecnologias modernas. Considerações finais são trazidas na última seção.

2 INOVAÇÕES, ESTRUTURA PRODUTIVA E INDÚSTRIA 4.0

Uma concepção presente em várias interpretações teóricas é sobre a determinação fundamental da tecnologia e da estrutura produtiva para as disparidades de desenvolvimento entre países. As novas tecnologias, como as da Indústria 4.0, apresentam-se como uma janela de oportunidade para que países não desenvolvidos, como é o caso dos BRIC, realizem um processo de mudança estrutural promotor de *catching up*.

2.1 Disparidades internacionais: a diferença está na tecnologia?

A estrutura produtiva de um país determina de que maneira ele irá agregar valor aos produtos. Os países desenvolvidos costumam apresentar as firmas líderes, que possuem maior intensidade tecnológica e científica, detendo a maior parte do valor adicionado dos produtos. Em contrapartida, os países em desenvolvimento costumam apresentar empresas que são contratadas pelas firmas líderes, as quais são responsáveis pelas etapas manufatureiras da produção, sendo pouco intensivas em conhecimento e capturando a menor proporção do valor adicionado. Dada essa ideia, Corrêa, Pinto e Castilho (2019) tratam dos três possíveis estágios que a estrutura produtiva de um país pode apresentar, deixando claro que quanto mais

¹Essa escolha metodológica se deve, em especial, em função do que ressalta Dewa et al. (2018, p. 662) sobre a África do Sul: “Top Government officials have been publicly acknowledging and discussing the need for I.4.0. However, there is no evidence of tangible policies, programmes or engagement with industry.”

avançada essa estrutura se apresenta, maior a qualificação da força de trabalho e a maior a intensidade tecnológica das firmas.

O estágio inicial é marcado por manufaturas intensivas em mão de obra e/ou recursos naturais, possuindo baixo conteúdo tecnológico, com capacidade de criar muitos empregos – mas de baixa qualificação –, sendo característica de países que estão “decolando” em seu processo de industrialização, apresentando elevação de produtividade e crescimento do produto, mas com acumulação de capital limitada. Já países que se encontram no estágio intermediário possuem manufaturas com heterogêneos níveis de intensidade tecnológica, tendo uma produção diversificada, incluindo segmentos mais sofisticados e de maior rentabilidade, nos quais são gerados menos empregos – mas com qualificação superior –, sendo notados efeitos de transbordamento dos setores de maior produtividade para outros setores. Por fim, o estágio avançado é marcado por setores mais intensivos em conhecimento e tecnologia, tanto na indústria como nos serviços, gerando relativamente menos emprego, porém qualificado, e com uma busca constante por diversificação e inovação (CORRÊA; PINTO; CASTILHO, 2019).

Nesse sentido, remete-se à taxonomia de Keith Pavitt², que se debruça sobre a firma inovadora, levando em consideração que o processo de inovação é cumulativo e que há uma dependência da trajetória. Ela é feita tomando como relevante a diversidade dos padrões da mudança tecnológica, a natureza dessas atividades e a forma como ocorre a acumulação e a dinâmica dessa mudança. O autor ainda considera que existe mais de uma fonte de tecnologia, uma vez que “inside firms, there are R&D laboratories and production engineering departments. Outside firms, there are suppliers, users, and government financed research and advice” (PAVITT, 1984, p. 335).

Do esforço teórico e empírico do autor, classificaram-se as firmas inovadoras em três categorias: dominadas pelos fornecedores (*supplier dominated*), intensivas em produção (*production intensive*) – essa categoria se divide em intensivas em escala (*scale intensive*) e fornecedores especializados (*specialized suppliers*) –, e baseadas em ciência (*science based*). Busca-se, de maneira breve, sistematizar cada uma delas.

- As firmas dominadas por fornecedores são ligadas aos setores tradicionais da manufatura, além da agricultura e alguns serviços tradicionais. Os esforços de pesquisa e desenvolvimento, e suas capacidades de engenharia são fracas, resultando em uma apropriação pequena das vantagens tecnológicas. O processo de mudança tecnológica e de criação de conhecimento é pouco influenciado por esse tipo de firma, e as inovações são incorporadas nelas a partir dos esforços de outras instituições.
- As firmas intensivas em produção se dividem em dois tipos. No que se refere às intensivas em escala, concentradas nas áreas de produção em massa, as habilidades tecnológicas dentro dos espaços têm se aprimorado, tornando-se cada vez mais complexas. São desenvolvidas capacidades para aprimorar sua produtividade, eventualmente gerando inovações, utilizando-se de departamentos de engenharia como fontes de melhorias técnicas. No que tange a categoria de fornecedores especializados, as firmas têm um tamanho reduzido e se concentram na produção de máquinas e instrumentos, existindo um forte componente de *feedback* de seus clientes, de forma a melhorar seus produtos a partir dessa troca.
- Os setores baseados em ciência são aqueles que têm como principal fonte de tecnologia as atividades que envolvem pesquisa e desenvolvimento, interagindo com outras instituições, como universidades e institutos de pesquisa. Mostra-se relevante para esses setores o desenvolvimento da pesquisa básica, e se concentram em áreas ligadas, por exemplo, à indústria química e eletrônica.

Pavitt aponta que existem fluxos de tecnologia entre as diferentes categorias, que podem ocorrer, além da compra e venda de produtos com tecnologia incorporada, na forma de compartilhamento de informações e habilidades, bem como diversificação técnica nos produtos, fornecedores e clientes. Archibugi (2001)

²O autor faz uma classificação das firmas de acordo com suas competências tecnológicas, buscando descrever como se comportam as firmas inovadoras, em particular no setor industrial (ARCHIBUGI, 2001). A obra de Pavitt cumpre o papel de preencher uma lacuna teórica no que se refere à avaliação dos elementos que servem para pesquisas no âmbito da mudança tecnológica e da inovação (POSSAS, 2003).

ressalta que, em trabalhos posteriores, Pavitt adiciona uma categoria de firmas intensivas em informação, incluindo bancos, empresas de turismo e varejo. A categoria de firmas dominadas por fornecedores é eliminada, pois estes setores acabavam por se transformar em intensivas em escala ou intensivas em informação.

Os estágios citados demonstram que há considerável diferença em termos de conteúdo tecnológico entre as nações, e a taxonomia pavittiana ressalta como a tecnologia e as inovações se desenvolvem no nível das firmas. Isso inspira que se pense em que medida a inovação tecnológica se interliga com a estrutura produtiva. Vale ressaltar que uma nação pode, dependendo do seu sistema inovativo e do comportamento de suas firmas, ser palco do desenvolvimento de inovações. De outra forma, as nações podem apresentar um comportamento passivo, modernizando a sua produção através da absorção de tecnologias desenvolvidas em outros lugares.

Silva (2004), após esclarecer a importância do processo de destruição criativa na dinâmica das indústrias e das economias no longo prazo, ressalta que a inovação é capaz de gerar alterações na estrutura produtiva. A geração de uma inovação por determinado setor acaba por resultar em apropriação de seus frutos e transbordamentos aos setores diretamente ligados a ela, além de abrir portas para outras inovações. O resultado é um crescimento mais rápido dos setores apontados, aumentando sua importância relativa no conjunto da economia, modificando a sua estrutura. No sentido inverso, a autora aponta que as potencialidades de inovação dependem da estrutura produtiva, uma vez que a propensão a inovar não é homogênea no conjunto de setores, e depende das características do mercado, das condições para apropriação das inovações e da capacidade existente para aproveitar oportunidades tecnológicas.

Lamonica, Oreiro e Feijó (2012) ressaltam que os setores considerados mais dinâmicos se fazem presentes nos países que detêm as maiores capacidades tecnológicas, ligadas à forma com a qual são gerados novos conhecimentos e como é realizado o esforço de imitação. Isso acaba por resultar no que os autores chamam de “hiato tecnológico”, uma vez que alguns países – de maneira geral, os países desenvolvidos – apresentam uma estrutura produtiva composta por setores e firmas que operam na fronteira tecnológica, ao par que outras nações se afastam, em alguma medida, dessa fronteira. Os autores deixam claro que esse hiato deve ser eliminado, no intuito de colocar os países com estruturas menos avançadas no caminho de crescimento e da acumulação. Ainda é salientado que a pauta exportadora acaba por refletir o conteúdo tecnológico da produção.

2.2 Mudança na estrutura produtiva: passado, presente e futuro

Baseando-se nas contribuições kaldorianas, Lamonica, Oreiro e Feijó (2012) apontam que a mudança estrutural pode ser conduzida via um esforço de acumulação de capital, que seria acompanhada por uma tentativa em se incorporar tecnologias, resultando na compressão do hiato tecnológico e em uma maior presença desse fator nos produtos exportados.

Cimoli et al. (2005) também apontam que o progresso técnico promove mudança estrutural, tendo a inovação tecnológica um papel central para promover o crescimento econômico. Os autores ressaltam que é possível crescer durante um determinado período a partir da abundância de recursos naturais e/ou disponibilidade de mão de obra barata, mas que esses fatores são insuficientes para a manutenção de um crescimento de longo prazo, uma vez que não geram aumento de produtividade e mantêm as economias dependentes da demanda externa. Nesse sentido, o que os autores ressaltam é que as economias devem passar de um padrão intensivo em recursos naturais para outro intensivo em conhecimento, no intuito de transformar a estrutura produtiva no longo prazo.

A concentração em setores manufatureiros de baixo componente tecnológico também pode se apresentar como um problema, sendo encarada como um freio ao crescimento e ao bem-estar no longo prazo. Ressalta-se que guiar a estrutura da produção no sentido de aprimorar a tecnologia do setor manufatureiro pode gerar um efeito em cadeia, no sentido que os transbordamentos geram maior necessidade de inovações no sistema produtivo (UNIDO, 2019a). Consolida-se a ideia de que a estrutura produtiva deve se transformar buscando aprimorar os componentes de conhecimento e tecnologia.

Deve-se considerar também que as alterações na estrutura produtiva, são desencadeadas de tempos

em tempos a partir de revoluções tecnológicas à *lá* Perez³. Segundo Perez (2002), podem ser citados cinco períodos sucessivos marcados por revoluções tecnológicas: 1771 – Revolução Industrial, 1829 – Era do vapor e das ferrovias, 1875 – Era do aço, da eletricidade e da engenharia pesada, 1908 – Era do petróleo, do automóvel e da produção em massa, 1971 – Era da informática e das telecomunicações. Sobre a contemporaneidade, a autora afirma que

Hoy en día, un potencial tecnológico equivalente, o quizás mayor todavía al de los *trente glorieuses* está por desencadenarse –y sus consecuencias son difíciles de prefigurar como ha ocurrido en todas las épocas de oro anteriores. Estamos apenas en el punto medio de la revolución tecnológica actual: las tecnologías se han normalizado, se han construido nuevas industrias dominantes y se ha establecido una nueva infraestructura (la internet y la comunicación por teléfonos celulares), y todavía la capacidad de las tecnologías de información para transformar cualquier industria y actividad apenas si se ha aplicado (PEREZ, 2017, p.6, grifos no original).

Uma revolução tecnológica abre “janelas de oportunidades”, ou seja, nações que assumem posições de liderança no que se refere às tecnologias do paradigma que se inaugura com a revolução, são capazes de promover o *catching up*. Uma janela de oportunidade se abre no momento de irrupção do novo paradigma tecnoeconômico, a partir dos avanços científicos e gerenciais ligados à tecnologia, sendo esse o momento mais relevante para o desenvolvimento. Uma nova janela se abre na fase de maturidade, na medida em que uma nação adapte as tecnologias maduras, o que não necessariamente resultará em um crescimento de longo prazo, dado o esgotamento do potencial inovativo. Vale esclarecer ainda que esse processo de “aproveitamento” de janelas de oportunidade não se restringe aos países desenvolvidos, dado o maior custo de oportunidade que essas nações podem incorrer para a alteração do paradigma tecnológico. Dessa forma, “países em desenvolvimento podem apresentar taxas de crescimento superiores às dos países líderes, se ingressarem de forma dinâmica na nova revolução tecnológica” (AREND, 2012, p. 383).

2.3 Indústria 4.0 como oportunidade de mudança estrutural

A ideia anteriormente exposta dá indicativos de que uma mudança na estrutura produtiva rumo a setores mais dinâmicos se coloca como positiva, abrindo espaço para a implantação de políticas. Nesse sentido, chama a atenção o debate que se tem feito sobre a emergência da Indústria 4.0, sendo útil que seus aspectos sejam compreendidos, e buscando-se apontar se esse caminho é, de fato, uma oportunidade de mudança estrutural.

2.3.1 Indústria 4.0: sobre o que se está falando?

O debate sobre a Indústria 4.0 (ou o uso desse termo) iniciou em 2011, a partir de discussões sobre a estratégia alemã para o desenvolvimento de sua indústria, calcada nos setores de alta tecnologia. Esse tema se refere à transformação da indústria em digital, adotando um grande componente tecnológico (BAHRIN et al., 2016). Klingenberg (2020) esclarece que outros termos são colocados como sinônimos à expressão “Indústria 4.0”, como “Internet industrial”, “Manufatura inteligente” e “Manufatura avançada”. A autora ressalta que há um crescente interesse sobre o tema ao redor do globo, tomando como base o número de pesquisas que incluem as palavras apontadas. Além disso, é percebida a ampliação do número de publicações sobre o assunto ao longo da década. É importante ter claro que,

The major technical background of Industrie 4.0 is the introduction of internet technologies into industry. This technical basis is often mixed up with corresponding

³“A technological revolution can be defined as a powerful and highly visible cluster of new and dynamic technologies, products and industries, capable of bringing about an upheaval in the whole fabric of the economy and of propelling a long-term upsurge of development” (PEREZ, 2002, p.8). A revolução tecnológica altera o paradigma tecnoeconômico existente, passando por quatro fases: irrupção, frenesi, sinergia e maturidade.

future visions. In spite of some marketing messages, Industrie 4.0 is still future. Most technical ingredients are already available, howbeit mainly used in other applications, e.g. the consumer industry (DARTH; HORCH, 2014, p.2).

Nesse sentido, a grande novidade estaria na união entre o espaço físico e o espaço cibernético, formando sistemas cyber-físicos (CPS, na sigla em inglês) convertidos em plataformas capazes de conectar a internet das coisas e dos serviços⁴ com a internet das pessoas (KAGERMANN et al., 2013). Sobre esse tema, DARTH e HORCH (2014) levantam três hipóteses: a infraestrutura de comunicação na produção se tornará mais barata, sendo utilizada em uma gama maior de setores; os componentes da indústria se tornarão cada vez mais conectados à rede, gerando uma explosão de dados disponíveis para todos; e esses mesmos componentes irão armazenar conhecimento e documentos na rede, extrapolando o seu espaço físico.

Além disso, espera-se que a Indústria 4.0 seja capaz de proporcionar às firmas, independentemente de seu tamanho, ganhos com o processo de modernização, além do suprimento de suas necessidades a partir da tecnologia. As mudanças, entretanto, não devem se restringir ao interior das firmas, mas também entre elas, alterando os padrões de integração vertical e horizontal e a forma como os dados são compartilhados, gerando uma nova imagem das cadeias globais de valor, que tenderiam a se tornar mais automatizadas (BAHRIN et al., 2016).

Considerando o que foi acima apontado, pode-se afirmar que a Indústria 4.0 se apresenta como uma possibilidade de modificar a estrutura produtiva de uma nação, não apenas a partir da criação de nova tecnologia, mas também da forma como ela é utilizada. Schwab (2016, p. 41), um autor assumidamente otimista em relação ao processo de revolução industrial, aponta que ele “terá um impacto monumental na economia global”. O autor ressalta alterações profundas no padrão de demanda, possibilitando um maior acesso aos bens e um consumo mais responsável e sustentável. Existe ainda, potencial para o aumento do crescimento econômico de longo prazo, bem como a oportunidade de suprir necessidades humanas não satisfeitas.

As tecnologias ligadas à Indústria 4.0 podem ser estimuladas a partir de um aparato estatal – um “Estado empreendedor” –, por meio de políticas orientadas por missões⁵, que, a partir da identificação dos pontos fortes e fracos do sistema inovativo local e da definição do que se espera para o futuro, concebem os meios para alcançar determinados fins (MAZZUCATO; PENNA, 2016).

2.3.2 Impacto sobre o emprego

Essa nova forma de pensar o setor industrial gera uma série de mudanças, inclusive no que se refere ao mercado de trabalho. Vale tratar desse assunto, uma vez que a geração e manutenção dos empregos tem papel relevante no enfrentamento dos obstáculos ligados à pobreza.

Um relatório do Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial (IEDI) ressalta que é difícil ter clareza sobre os impactos que a Indústria 4.0 tem sobre o mercado de trabalho (ALMEIDA; CAGNIN, 2019). Ainda assim, são identificados dois efeitos distintos, que, de acordo com Schwab (2016), podem se desenvolver como consequência da maior digitalização da indústria: o primeiro efeito é destrutivo, ele ocorre na medida em que o trabalho é substituído por capital (ou seja, o trabalhador acaba sendo substituído pela automação); o segundo efeito é capitalizador, e ocorre na medida em que a diversificação da demanda gera a necessidade de novas profissões.

Esses efeitos apontados por Schwab (2016, p. 48) acabam por gerar uma visão pessimista, ligada à ideia de que será desencadeado o desemprego tecnológico em massa, resultando em um “Armagedom social e político”, e uma visão otimista, que crê na realocação dos trabalhadores e no desenvolvimento de uma “nova era de prosperidade”. O autor ainda ressalta que o resultado provável é o meio do caminho entre as duas perspectivas. Dathein (2000) discute a existência de mecanismos de compensação, que teoricamente

⁴“The Internet of Things and Services makes it possible to create networks incorporating the entire manufacturing process that convert factories into a smart environment” (KAGERMANN et al., 2013, p.14).

⁵Aqui, considera-se a ideia presente em Mazzucato e Penna (2016), de que as políticas orientadas por missões são sistêmicas, desempenhando vários esforços e envolvendo diversos agentes para o cumprimento de seus objetivos.

seriam capazes de promover a reabsorção dos trabalhadores na medida em que as inovações geram demissões. O autor esclarece, entretanto, que esses mecanismos podem não funcionar, ou funcionar parcialmente.

O desemprego tecnológico torna-se possível tanto no curto quanto no longo prazo, tanto teórica quanto empiricamente, como um dos componentes do desemprego involuntário total. Ou seja, o desemprego tecnológico pode ocorrer em certos momentos históricos, gerando problemas econômicos e de política, apesar de que um desemprego tecnológico de massa é improvável devido ao funcionamento dos mecanismos de compensação, às inovações de produtos e à progressiva e constante redução das jornadas de trabalho (DATHEIN, 2000, p. 168).

Há especial preocupação no que se refere aos empregos nos países em desenvolvimento. Existem, nesses países, um grande contingente anual de novos trabalhadores, e as modificações no perfil do trabalho podem prejudicar a sua absorção. É relevante salientar que o diferencial entre os custos de trabalho de uma nação desenvolvida e uma em desenvolvimento pode ser suprimido, diminuindo a atração de investimento estrangeiro direto para a segunda, e por consequência parte da sua absorção de mão de obra (ALMEIDA; CAGNIN, 2019).

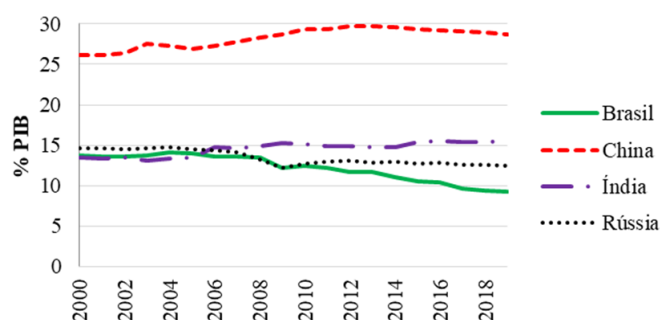
Elementos digitais serão incorporados ao trabalho, criando novas funções e modificando as atuais, podendo gerar um aumento de produtividade e de segurança para uma gama de ocupações tradicionais. Nesse sentido, Almeida e Cagnin (2019) apontam a necessidade de alinhar o sistema educacional a esse fenômeno, sendo papel do poder público criar incentivos para o treinamento da força de trabalho e sua adaptação às máquinas inteligentes. No entanto, essas novas tecnologias não necessariamente geram empregos altamente qualificados em grande número, pois também permitem a rotinização e a simplificação de atividades, de forma que propicia o surgimento de um mercado de trabalho “uberizado”, de baixas rendas.

3 OS BRIC RUMO AO FUTURO DA INDÚSTRIA

Os países que estão sendo tratados no presente estudo, apesar de fazerem parte de um grupo econômico, possuem diferenças substanciais em relação aos seus esforços e desempenho no que se refere à tecnologia e à estrutura produtiva. Alguns desses dados serão analisados a seguir.

A produtividade do trabalho do Brasil relativamente aos EUA reduziu-se de 28,0% em 2000 para 24,4% em 2018. Para a China, ao contrário, houve crescimento de 6,9% para 26,1% no mesmo período. Para a Índia, essa evolução foi de 7,0% para 14,6%. Para a Rússia, depois da forte queda dos anos 1990, a taxa passou de 35,5% para 45,9%, mas esse valor final está basicamente estabilizado desde 2007, depois da recuperação da queda anterior. Ou seja, aparentemente os dois países com melhor trajetória de crescimento são China e Índia (THE CONFERENCE BOARD TOTAL ECONOMY DATABASE, 2018).

Na indústria manufatureira concentra-se a maior parte das inovações e o maior potencial da Indústria 4.0. Por isso, esse setor gera grandes impactos positivos sobre o PIB e sobre a produtividade de toda a economia. Assim, uma estrutura econômica na qual as manufaturas possuem peso importante e crescente tende a provocar maior dinamismo econômico. Pode-se observar na Figura 1 que na China a indústria manufatureira cresceu em participação, situando-se próxima a 30% do PIB, sua produção representando 24,9% da produção manufatureira global em 2018. A Índia também apresentou tendência crescente, apesar de menos acentuada, participando em 2018 com 3,5% do total mundial. A Rússia apresentou queda de participação das manufaturas no PIB, tendo sua produção sido de 1,7% no mundo. O Brasil apresentou a pior dinâmica, com queda mais acentuada, tendência que se apresenta desde os anos 1980, representando em 2018 uma participação de 1,8% da produção manufatureira global.

Figura 1: Participação do valor agregado manufatureiro (% do PIB, entre 2010 e 2018, em valores de 2015)

Fonte: UNIDO (2020b).

Sabe-se que a maior parte das inovações é feita pelas grandes empresas. Essas empresas possuem muitas vantagens para o desenvolvimento econômico, pois usufruem dos benefícios das economias de escala e de escopo, têm em geral maiores produtividades e maiores rentabilidades, são as mais capazes de investir em inovações⁶, possuem as capacidades para se tornarem grandes exportadoras, para abrirem mercados externos ou para se tornarem multinacionais, podem controlar cadeias globais de valor e possuem capacidade financeira para fazer grandes investimentos e atrair os melhores profissionais. Além disso, um determinante do desenvolvimento de um país é a presença de grandes empresas nacionais. Ou seja, o desenvolvimento é um processo fundamentalmente nacional. Na Tabela 1 pode-se verificar a ocorrência de um grande crescimento da China nesse número⁷, enquanto os outros três países possuem um número muito menor, mesmo que com algum crescimento. Portanto, essa dinâmica deve explicar o forte crescimento inovativo na China.

Tabela 1: Número de empresas entre as 500 maiores do mundo, ranking por receitas

	2000	2005	2010	2015	2019
Brasil	2	2	4	7	8
China	9	16	46	98	119
Índia	1	5	8	7	7
Rússia	2	3	6	5	4

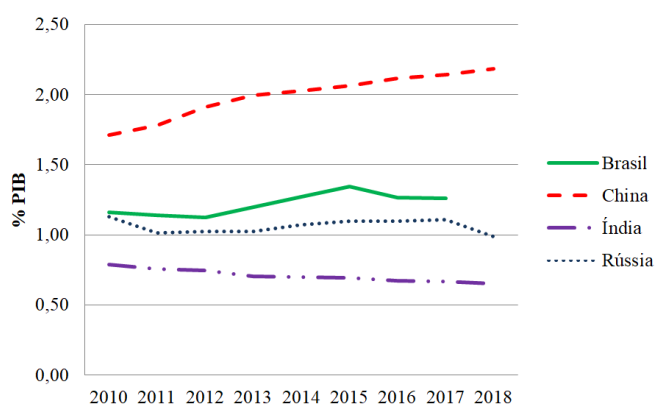
Fonte: FORTUNE GLOBAL 500 (2018).

A Figura 2 indica os gastos em pesquisa e desenvolvimento como proporção do PIB realizados por cada nação, entre 2010 e 2018. A China se apresenta como o país com maior gasto em P&D como proporção do PIB. Em contrapartida, a Índia possui a menor média de gastos em P&D como proporção do PIB. Brasil e Rússia apresentam gasto médio de, respectivamente, 1,2% e 1,1% em P&D como proporção do PIB no período (BANCO MUNDIAL, 2020).

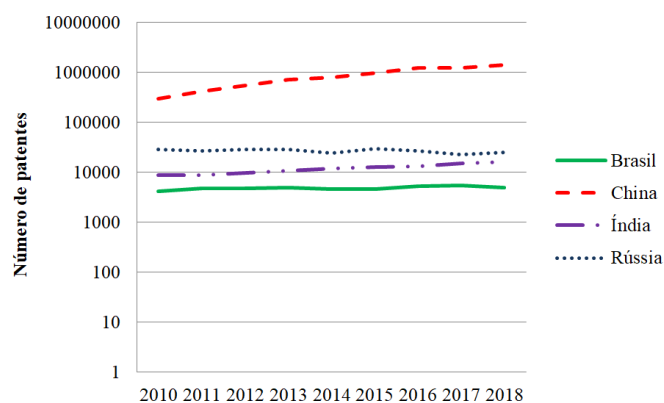
Outro indicador que pode ser avaliado é o número de patentes depositadas por residentes. Conforme apresentado na Figura 3, esse valor é bastante heterogêneo entre os países tratados. Na medida em que, no ano de 2018, a China fez o depósito de 1.393.815 patentes, a Rússia depositou 24.926, a Índia 16.289, e o Brasil 4.980.

⁶Por exemplo, segundo Hiratuka e Sarti (2017), a partir de dados de “EU Industrial Scoreboard e National Science Foundation”, as 500 maiores empresas do mundo fizeram 39,4% dos investimentos totais do mundo em P&D em 2011, enquanto para as 100 maiores esse percentual foi de 26,0%. Ou seja, há forte concentração desses gastos.

⁷Para efeito de comparação, em 2019 os EUA possuíam 121 entre as 500 maiores empresas internacionais.

Figura 2: Gasto em P&D (% do PIB entre 2010 e 2018)

Fonte: Banco Mundial (2020).

Figura 3: Depósito de patentes (2010 a 2018)

Fonte: Banco Mundial (2020).

Vale considerar o *Global Innovation Index 2019*, desenvolvido pela Organização Mundial de Propriedade Intelectual. Esse índice engloba 131 países, e inclui um componente de insumos para a inovação – esse sub-índice trata dos elementos que possibilitam que o país promova a inovação – e um componente de produtos da inovação – esse sub-índice captura os resultados dos esforços inovativos. Os dois sub-índices são compostos por cerca de 80 indicadores, que buscam capturar várias dimensões da inovação. A Tabela 2 apresenta esses índices para os países investigados na presente pesquisa (OMPI, 2020). Analisando apenas o ano de 2019, novamente se nota a China em uma posição acima dos outros países, seguida pela Rússia, Índia e Brasil.

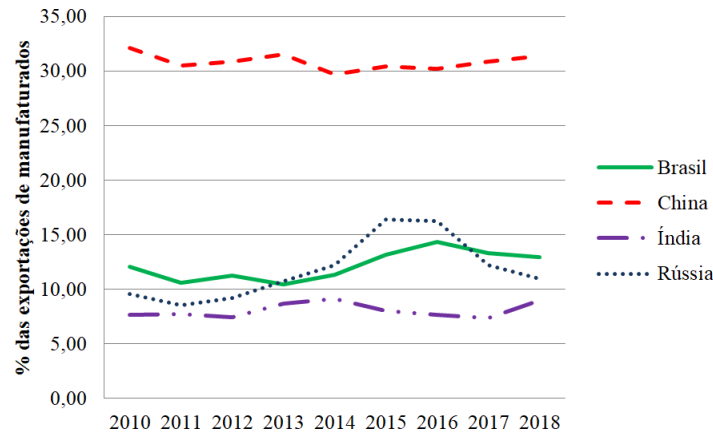
Tabela 2: Índice de Inovação Global 2019

	Brasil	China	Índia	Rússia
Índice de inovação global	66	14	52	46
Sub-índice de insumos de inovação	60	26	61	41
Sub-índice de produtos de inovação	67	5	51	59

Fonte: OMPI (2020).

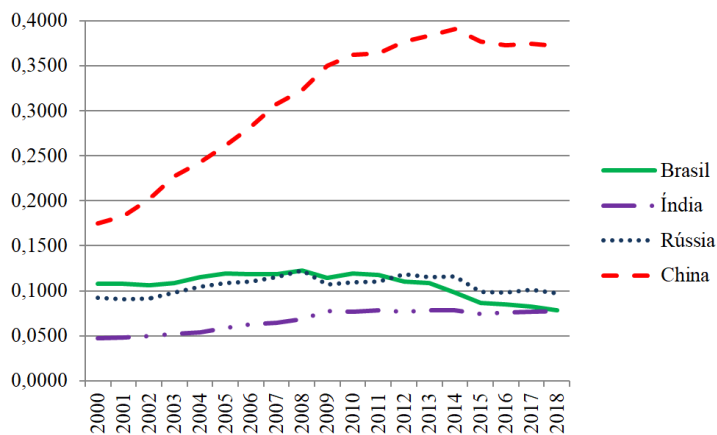
Utilizando-se os dados disponibilizados pelo *The Observatory of Economic Complexity* acerca das exportações de 2017, pode-se notar que não há homogeneidade no que se refere à pauta exportadora dos países em questão. No Brasil, 20% das exportações são ligados aos produtos de mineração, principalmente minério de ferro e seus concentrados e óleos brutos de petróleo ou de minerais betuminosos. Em segundo lugar, despontam os produtos de origem vegetal, representando 17%, dando-se ênfase para a soja. 58% das exportações russas se ligam aos produtos minerais, sendo a maior parte concentrada em óleos brutos de petróleo ou de minerais betuminosos, seguida pela parcela de óleos não brutos. Já a Índia possui quatro grandes setores de maior importância: produtos das indústrias químicas ou indústrias conexas (14%), pérolas, pedras e metais preciosos (13%), materiais têxteis e suas obras (13%) e produtos minerais (13%). A China, por sua vez, tem como carro chefe de suas exportações máquinas e aparelhos, material elétrico e suas partes, e produtos ligados à imagem e som (49%), seguido por materiais têxteis e suas obras (9,9%) (OEC, 2020).

A Figura 4 indica o peso que os produtos de alta tecnologia em relação ao total exportado da manufatura entre 2010 e 2018. É possível notar que a China está bastante afastada dos outros países do conjunto, tendo em média 30,9% de produtos de alta tecnologia compondo sua exportação de manufaturados. Isso vai ao encontro da análise anterior sobre a pauta exportadora, que indicava uma substancial diferença desse país em relação aos setores exportadores. Já os outros países, Brasil, Índia e Rússia, que demonstraram certa concentração nos setores ligados à extração de recursos naturais, apresentam, em média, 12,2%, 8,1% e 11,8% de produtos de alta tecnologia em sua exportação de manufaturados.

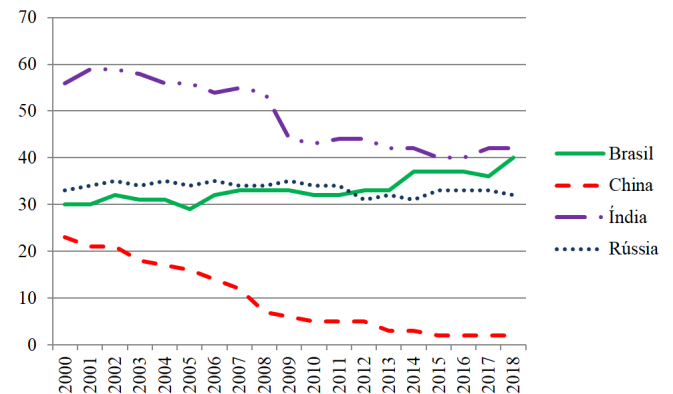
Figura 4: Exportações de alta tecnologia (% das exportações de manufaturados entre 2010 e 2018)

Fonte: Banco Mundial (2020).

O *Competitive Industrial Performance Report*, elaborado pela Organização de Desenvolvimento Industrial das Nações Unidas (UNIDO) realiza o esforço de criar um perfil para cada país, bem como elaborar um índice que coloca os países em um ranking (Índice CIP), que abrange 152 países e considera três dimensões: a capacidade de produzir e exportar produtos manufaturados, o impacto mundial e a dependência tecnológica e seus aprimoramentos (UNIDO, 2019b). A Figura 5 indica a evolução do índice entre os anos 2000 e 2018, para os quatro países tratados no presente trabalho. A Figura 6 indica a evolução da posição de cada país.

Figura 5: Evolução Índice CIP (2000-2018)

Fonte: UNIDO (2020b).

Figura 6: Evolução Ranking CIP (2000-2018)

Fonte: UNIDO (2020b).

É possível notar que a China realizou um salto quanto ao seu índice CIP, alcançando a segunda posição no ranking em 2018 (estando atrás da Alemanha). A Índia também mostrou uma trajetória de elevação do seu índice, porém ainda apresentando o menor desempenho entre os quatro países, estando na posição 42 no ranking em 2018. Já o Brasil apresentou uma certa estabilidade no índice até 2013, seguida de uma piora que resultou em uma queda para a posição 40 do índice em 2018. Por fim, a Rússia apresentou uma trajetória mais estável, estando na posição 32 do ranking em 2018.

A UNIDO também desenvolveu um perfil sobre a composição manufatureira de cada país em 2018. A manufatura brasileira é composta, principalmente, por produtos alimentares e bebidas (22,6%), produtos químicos (13,8%), petróleo refinado e combustíveis nucleares (8,6%), veículos motorizados (7,3%) e máquinas e equipamentos (6,9%). Os cinco principais itens que compõem a manufatura russa são metais básicos (17,7%), alimentos e bebidas (15,5%), produtos químicos (15,1%), petróleo refinado e combustíveis nucleares (14,8%) e máquinas e equipamentos (5,6%). Já a Índia tem como principais produtos os químicos

(18%), os ligados ao petróleo refinado e combustíveis nucleares (13,6%), produtos alimentícios e bebidas (9,4%), metais básicos (8,6%) e veículos motorizados (8,1%). Por fim, a China possui uma estrutura produtiva ligada aos metais básicos (14,3%), aos produtos químicos (10,8%), aos produtos alimentícios e bebidas (8,9%), às máquinas e equipamentos (8,5%) e aos equipamentos de rádio, televisão e comunicação (6,8%) (UNIDO, 2020a).

Pode-se notar que todos os países do BRIC tiveram alterações em sua estrutura produtiva ao longo das últimas décadas, sem apresentar um padrão nessas mudanças. É importante salientar que, dos países acima citados, nenhum se apresenta nas últimas posições do ranking CIP, enquanto a China está em uma das primeiras.

Cada país do possui um comportamento específico em relação à sua estrutura produtiva, e, em especial à Indústria 4.0. Na sequência, são apresentadas algumas iniciativas desenvolvidas por parte dos governos das nações analisadas no presente trabalho, mas deve-se ter claro que cada experiência é contexto-específica.

3.1 Brasil: debates rumo a uma agenda?

A relação do Brasil com a sua indústria, de maneira geral, é alvo de bastante investigação. Arend e Fonseca (2012, p. 53) apontam que o país estava em processo de *catching up* entre 1955 e 1980, no contexto da quarta revolução tecnológica, mas o mesmo não ocorreu na onda seguinte, condicionando o país “a um padrão de baixo dinamismo econômico no longo prazo”. Portanto, o país não conseguiu aproveitar a nova janela de oportunidade tecnológica que surgiu. Os três últimos planos para a indústria (Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior – PITCE, Política de Desenvolvimento Produtivo – PDP, e Plano Brasil Maior), implantados entre 2004 e 2016, tiveram o mérito de trazer novamente o tema do desenvolvimento industrial para o centro do debate, mas tiveram resultados limitados e logo se perdeu o foco na inovação (ARBIX et al., 2017a).

Arbix et al. (2017b) ressaltam que o Brasil se encontra em uma posição distante da fronteira tecnológica. Os autores apontam que a competição para que países tomem a liderança no que se refere à Indústria 4.0 é intensa, e que o Brasil deve desempenhar esforços para não permanecer em uma posição marginalizada frente ao paradigma tecnoeconômico, uma vez que “quanto mais tardia a sua reação, maior a distância em relação às empresas mais dinâmicas e maiores serão os obstáculos a serem vencidos para reposicionar a indústria brasileira” (ARBIX et al., 2017b, p. 43).

Vermulm (2019) aponta que documentos que buscam mapear formas para o Brasil se inserir na Indústria do Futuro foram desenvolvidos pelo Centro Brasileiro de Análise e Planejamento (CEBRAP) (encomendado pela Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial – ABDI), pela Confederação Nacional da Indústria (CNI), pelo Centro de Pesquisa em Engenharia em Manufatura Avançada, pelo Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial (IEDI) e pelo Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC).

Apesar do intenso debate, o autor ressalta que isso não significa que foi traçada uma estratégia nacional de longo prazo para inserir o Brasil na Indústria 4.0, sendo identificada a falta de coordenação entre as entidades, que por vezes formulam propostas divergentes. Vermulm (2019, p. 164) sugere “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 qual deve se voltar para inovação e difusão tecnológica. Tigre (2019) recomenda três modalidades de ação que podem contribuir nesse sentido: estímulo da inovação no contexto do setor produtivo, em setores mais potencialmente competitivos; fortalecimento da educação básica e tecnológica e a promoção da interação dela com o setor produtivo; e a adoção de políticas orientadas por missões.

A percepção de que as tecnologias ligadas à Indústria 4.0 no Brasil ainda não decolaram não se reserva às instituições de pesquisa industrial, existindo transbordamentos no próprio meio empresarial. Em parceria com pesquisadores do Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e do Instituto de Economia da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) o Instituto Euvaldo Lodi (IEL) desenvolveu o projeto *INDUSTRY 2027: Risks and Opportunities for Brazil in the face of disruptive*

innovations, visando identificar as tendências e impactos das novas tecnologias em um horizonte de dez anos, avaliando a capacidade da indústria brasileira em balizar os riscos e oportunidades provenientes delas, além de desenvolver diretrizes para o planejamento das empresas e de política pública (IEL, 2018).

A partir de uma *survey* realizada com 753 empresas, os autores puderam apontar que 65% dos agentes consultados acreditam que as tecnologias de quarta geração⁸ se tornarão progressivamente dominantes, gerando um ambiente competitivo. É ressaltado, entretanto, que existe um longo caminho a ser percorrido, uma vez que o nível de uso de tecnologias avançadas em 2017 era baixo, com 75,6% das companhias fazendo uso de tecnologias de primeira e segunda geração⁹ e 22,8% fazendo uso de tecnologias de terceira geração¹⁰. Ainda se nota que as companhias que se utilizam de tecnologias de primeira geração são as que menos desempenham esforços para desenvolver projetos para a geração de tecnologias digitais. Vale ressaltar que 47,5% das companhias que esperam se utilizar de tecnologias de quarta geração já possuem projetos desse gênero aprovados ou em andamento.

Os autores deixam claro que uma estratégia nacional para a indústria deve ser desenhada, tarefa essa a ser desenvolvida em um horizonte de dez anos, e que depende de que o setor público e o setor privado sejam entendidos como fazendo parte do mesmo sistema socioeconômico e que ajam de maneira sinérgica, ao invés de dois lados opostos de uma moeda. Além disso, é necessário que se invista na construção de capacidades – tanto as físicas como as humanas – para colocar em prática essa estratégia.

Em pesquisa realizada com 39 membros de companhias brasileiras, Contador et al. (2020) identificaram quais são, na percepção desses agentes, os desafios e oportunidades em se construir uma indústria flexível – uma indústria que se adapta às realidades que estão postas, e consegue se manter competitiva. Os respondentes apontaram que os três principais desafios para tal são ligados à infraestrutura das companhias, que devem ser aprimoradas para suportar as tecnologias necessárias para a Indústria 4.0; ao nível de investimentos para tal, sendo importante que existam fontes de financiamento em países em desenvolvimento; e à dificuldade em transformar as culturas organizacionais. Já as três principais oportunidades nesse sentido se referem à expectativa de que a Indústria 4.0 aprimore o planejamento e a operação da produção industrial, sua organização e integração; à expectativa de que a competitividade global das companhias cresça; além de serem encaradas como companhias modernas.

Para Cardoso et al. (2017), a realidade do Brasil em relação à Indústria 4.0 se afasta dos níveis internacionais de produtividade, existindo um grande *gap* de tecnologia. Os autores apontam que “[t]here is a great distance between what is practiced in developed countries and in Brazil, and between what is taught in some universities and what business reality shows to be practicable” (CARDOSO et al., 2017, p. 470). Isso vai ao encontro do que foi apontado por Marco Antonio Rocha, que ressaltou que o país está perdendo mecanismos importantes para a difusão de tecnologias ligadas à Indústria 4.0, ao par que outras nações – tanto as desenvolvidas, como Alemanha e Estados Unidos, como as em desenvolvimento, como China e Índia – estão promovendo planos de política industrial (MACHADO; ROCHA, 2018).

É possível perceber que a falta de coordenação e de consolidação de um plano nacional voltado para as tecnologias mais modernas pode colocar o país em uma posição delicada em relação aos outros países e à sua posição na geração de valor agregado dentro das cadeias globais de valor, podendo fragilizar ainda mais a sua estrutura produtiva.

3.2 Rússia: duas iniciativas para a indústria moderna

A *National Technological Initiative* (NTI) é a política tecnológica russa, anunciada em 2014, a qual se apresenta como uma tentativa de alcançar altos padrões tecnológicos, e colocar o país como líder até 2035. A agenda da NTI consiste na identificação de mercados e nichos para possíveis produtos e serviços,

⁸Para o referido trabalho, tecnologias de quarta geração são as integradas, conectadas e de produção inteligente, se utilizando de tecnologias com *feedback* de informações e apoio de *BigData* e Inteligência Artificial (IEL, 2018).

⁹Tecnologias de primeira geração são as de produção rígida, que se utilizam de tecnologias digitais para fins específicos. Tecnologias de segunda geração são as de produção enxuta, que se utilizam de tecnologias digitais sem integração ou com pouca integração entre diferentes áreas (IEL, 2018).

¹⁰Tecnologias de terceira geração são as de produção integrada, que se utilizam de tecnologias digitais com integração entre as funções empresariais (IEL, 2018).

no mapeamento de tecnologias-chave para o desenvolvimento destes produtos e serviços, e na implantação de medidas para dar suporte aos novos mercados (AGENCY FOR STRATEGIC INITIATIVES, 2020).

A justificativa apresentada para o desenvolvimento dessa iniciativa se refere aos erros de programas passados, que, por vezes, acabavam por estar descolados da realidade do país. Seu foco principal, desta vez, está em identificar meios para crescer se baseando em novos mercados. É dada bastante importância ao setor privado, “que deve ser mais relevante e mais eficiente que o setor público”, além do papel desempenhado pelos “patriotas tecnológicos”, que são pessoas em posição de liderança capazes de implantar seus projetos em diferentes contextos políticos. É reconhecida, pela Agency for Strategic Initiatives (2020), que a Rússia sempre teve dificuldade em manter um ambiente favorável aos negócios, mas que é necessário avançar nesse sentido e encontrar possibilidades para alterar esse cenário.

A ligação dessa iniciativa com a Indústria 4.0 reside no esclarecimento de que todos os novos mercados se interligam à infraestrutura de internet e/ou seus protocolos, e mesmo os mercados tradicionais têm tido proximidade com os espaços cyber-físicos. Suas áreas de interesse se concentram nos setores de segurança nacional (alimentação, energia e segurança), de transporte (aéreo, marítimo e automóveis) e vida humana (saúde digital, novas finanças e neuro-comunicação). Alguns grupos tecnológicos que são direcionados pela NTI se concentram em atividades modernas, como inteligência artificial, *BigData* e biotecnologia.

Esse programa é apoiado pela *Russian Venture Company*, um fundo estatal que busca criar um mercado de capitais maduro. Esse fundo contribui diretamente para o financiamento dos projetos da NTI, unindo-se a outras instituições e parceiros para acelerar os programas (RUSSIAN VENTURE COMPANY, 2020).

Também é importante considerar o programa *Digital Economy of the Russian Federation*, aprovado em julho de 2017, objetivando o desenvolvimento digital em áreas estratégicas até 2024. Vasin et al. (2018, p. 66) apontam que adotar modelos digitais pode fazer com que a competitividade russa se amplie nos mercados globais, garantindo condições para uma “gradual transition to the level of the innovation economy and knowledge economy, and improve the quality and standard of living of the population”, resultando em um potencial desenvolvimento econômico no país.

Os autores ressaltam que o grande objetivo dessa iniciativa é o de desenvolver a economia do conhecimento no país. Dito isso, para que o país passe pelo processo de desenvolvimento a partir da digitalização, faz-se necessário que vários agentes se envolvam com o processo – os quais devem ser devidamente treinados para transição de uma economia menos digitalizada para uma de grau mais alto. Além disso, existem barreiras a serem enfrentadas, dada a atual estrutura industrial, sendo uma das questões identificadas pelo governo russo é a necessidade de desenvolver a estrutura de tecnologias de informação e comunicação (VASIN et al., 2018).

Deve ser considerado, conforme apresentam Kiyamov et al. (2019), que uma parte considerável da indústria russa se encontra distante da fronteira tecnológica, além de se notar a falta de uma “cultura digital”, bem como de mão de obra especializada. Nesse sentido, faz-se necessário avaliar os resultados do programa de digitalização russo. Os autores ressaltam, entretanto, que existem áreas da economia russa – como petróleo, gás e energia elétrica – que já se valem de tecnologias ligadas à indústria 4.0, não sendo necessárias grandes transformações em seus modelos de negócios. Por sua vez, a indústria de transformação apresenta espaço para a implantação de tecnologias digitais, podendo-se aumentar a produtividade em todas as etapas da cadeia de valor.

Thanks to the modernization of the Russian engineering industry based on the principles of Industry 4.0, you can significantly improve this industry productivity, reducing the backlog of the most industrialized developed countries. According to experts, the annual effect of the introduction of elements of "Industry 4.0" in Russia approximately will amount from 1.3 to 4.1 trillion rubles by 2025 (KIYAMOV et al., 2019, p. 4).

Para Korobeynikova et al. (2019), a Rússia já está no caminho da indústria moderna, mas que o processo de mudança no patamar de digitalização só pode ocorrer na medida em que as empresas estiverem

dispostas a alterar o seu componente tecnológico, e nem todas estão prontas para isso. Além disso, o próprio governo deve servir de exemplo para o uso de tais tecnologias, provendo serviços que façam uso delas de maneira eficiente.

3.3 Índia: Make in India

No caso da Índia, em 2014 o governo deu início ao programa *Make in India*, cujo ideal é o de tornar o país referência na indústria global. Para cumprir tal propósito, entretanto, é necessário transpor obstáculos relacionados à qualidade dos produtos e processos, à infraestrutura, à escolaridade, à inclusão digital, entre outros (IEDI, 2018a).

Focando em 25 setores, esse programa busca incentivar as indústrias indianas e as multinacionais a produzirem no país, transformando a manufatura em chave para o desenvolvimento do país. Outros objetivos da iniciativa também se referem à diminuição da dependência dos produtos importados, ao aprimoramento da base tecnológica e ao estímulo do investimento estrangeiro na indústria (MAKE IN INDIA, 2020; IEDI, 2018a).

No contexto do *Make in India*, desdobraram-se diversas iniciativas. Pode-se citar o *Digital India*, cuja intenção é massificar o uso da infraestrutura digital, tornando o país intensivo em conhecimento. O *Skill India*, por sua vez, tem o intuito de alinhar a oferta e demanda por qualificação, de maneira a criar um ecossistema de alta qualidade. Já o programa “Defeito Zero Efeito Zero” busca melhorar a qualidade da manufatura, estimulando que a indústria de transformação busque produzir bens sem defeito e sem impacto sobre o meio ambiente. Citando o *Creative India*, pode-se dizer que essa política se liga ao reconhecimento e respeito, por parte da população indiana, dos seus direitos de propriedade intelectual, e dos direitos alheios, estimulando a geração deles. A *Start-up India* é uma iniciativa que objetiva incentivar a inovação e os esforços empreendedores, por meio da simplificação, incentivos financeiros e incubação (IEDI, 2018a).

É apontado que a indústria da Índia só conseguirá se manter competitiva se tiver qualidade e segurança, sem elevar o custo de produção. É de extrema importância que

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 acessíveis e desenvolver habilidades digitais para realizar a digitalização inclusiva (IEDI, 2018a, p. 20).

Salienta-se que é necessária a ampliação da intensidade em pesquisa e desenvolvimento, que em 2015 correspondeu a 0,63% do PIB, sendo esse fator crucial para a ampliação das suas capacitações (IEDI, 2018a). Ressalta-se que os esforços indianos parecem relevantes para a superação dos obstáculos que dificultam o destaque do país nos setores tecnologicamente mais modernos.

Vale considerar, como chamam a atenção Jadhav e Mahadeokar (2019), que deve haver um esforço de cooperação entre as instituições indianas para alcançar a indústria 4.0. Os autores ressaltam que o governo tem um papel triplo: como impulsionador – por exemplo, contribuindo para o desenvolvimento de pesquisas originais e criando uma infraestrutura educacional capaz de gerar o treinamento profissional apropriado; como um facilitador – quando cria uma estrutura institucional para supervisionar e promover a adoção de tecnologias, por exemplo; e como formulador de políticas – provendo, por exemplo, incentivos financeiros e aprimorando infraestruturas essenciais para a adoção de tecnologias. Já as indústrias podem se comportar de duas formas: como um absorvedor de tecnologias, investindo nelas e incluindo-as nas suas cadeias de produção; ou como fornecedoras, envolvendo-se no processo de inovação e desenvolvendo tecnologias 4.0. Por fim, a academia deve se preocupar com o aprimoramento da qualidade de seu corpo docente, adequando seus currículos à nova realidade tecnológica e promovendo esforços de pesquisa e desenvolvimento.

Uma questão relevante é a de quais tecnologias são mais apropriadas a serem adotadas na Índia, dadas as suas características estruturais. Kaka et al. (2014) apresentam doze tecnologias as quais consideram

ter potencial para gerar um impacto econômico significativo. Foram consideradas tecnologias¹¹ que podem contribuir para enfrentar desafios presentes no território indiano, cujos custos podem decrescer rapidamente e a taxa de adesão crescer, que podem gerar impacto em um grande número de trabalhadores, consumidores e negócios, e que têm um potencial impacto econômico significativo em 10-15 anos.

O impacto esperado da adoção dessas tecnologias é estimado entre 550 bilhões de dólares e um trilhão de dólares em 2025, uma vez que podem afetar uma gama considerável de atividades e setores, podendo ter efeitos não só na esfera econômica, mas na social.

Por fim, é importante considerar que, conforme apontado por Lele e Goswami (2017), a adoção de tecnologias aprimoradas – como as acima citadas – é uma engrenagem importante para o crescimento econômico indiano, mas que seu acesso é desigual entre as diferentes camadas sociais. Nesse sentido, os autores ressaltam a necessidade de que os investimentos sejam realizados considerando as regiões e os indivíduos mais pobres.

3.4 China: Made in China

O governo chinês demonstra preocupação com os padrões da sua indústria desde antes da emergência das tecnologias ligadas à Indústria 4.0. Gu e Lundvall (2006) dão ênfase para a tentativa desempenhada entre 2006 e 2010 para que o país caminhasse em direção a um “crescimento harmonioso” por meio da endogenização do processo inovativo. Os autores ressaltam que a chave para o sucesso desse plano estaria no fortalecimento da demanda doméstica e da competência dos usuários domésticos em relação às tecnologias. A China apresentou desempenho de destaque em sua manufatura, inclusive na produção de mercadorias de alta tecnologia (LI, 2018).

A relação da China com a Indústria 4.0 chama atenção pela busca intensa por parte do governo para digitalizar a produção. A iniciativa *Made in China 2025* (MIC 2025) é o maior exemplo dessa questão, sendo uma tentativa de manter o nível de competitividade da indústria chinesa. A motivação para a formulação desse programa consiste na dupla concorrência que o país sofre: por um lado, os países em desenvolvimento concorrem em relação aos custos da mão de obra, e por outro os países desenvolvidos concorrem em relação aos produtos baseados em tecnologia (IEDI, 2018b). De acordo com Wübbeke et al. (2016, p. 7), “China seeks to gradually replace foreign with Chinese technology at home – and to prepare the ground for Chinese technology companies entering international markets”.

O MIC 2025 tem como objetivo geral a transformação da indústria do país em uma superpotência, norteando-se pelo progresso tecnológico e pela substituição de importações. Seu foco reside em dez indústrias¹² de alta e média tecnologia, “quanto à manufatura inteligente, o plano é atualizar a tecnologia de produção em toda a indústria: grandes e pequenas empresas, estatais e privadas” (IEDI, 2018b, p. 12).

Tendo como inspiração o plano alemão para o desenvolvimento de sua indústria, desenvolvido em 2013 (*Industrie 4.0*), o MIC 2025 é uma estratégia *top-down* que mira na realização do *catching-up* tecnológico chinês. Ainda que carregue o ano “2025” em seu nome, ele representa apenas a finalização de sua primeira etapa (WÜBBEKE et al., 2016). O Quadro 1 apresenta os objetivos do MIC 2025, conforme as três etapas que o configuram:

¹¹São elas: Internet móvel, tecnologia de nuvem, automação do trabalho, pagamentos digitais, verificação digital de identidade, internet das coisas, transporte e distribuição inteligentes, sistemas de informação geográfica avançados, genoma de próxima geração, exploração e recuperação de óleo e gás avançadas, energias renováveis e estoques avançados de energia (KAKA et al., 2014).

¹²São elas: “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” (IEDI, 2018b, p.18).

Quadro 1: Objetivos do MIC 2025 para 2025, 2035 e 2049

ATÉ 2025	ATÉ 2035	ATÉ 2049
<ul style="list-style-type: none"> ● “Modernizar, de forma abrangente, os setores industriais; ● Fortalecer a posição da China como 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 líderes nas cadeias de valor da indústria de transformação; ● Alcançar o domínio das tecnologias-chave nas principais indústrias”. 	<ul style="list-style-type: none"> ● “Eleva 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”. 	<ul style="list-style-type: none"> ● “Tornar-se um líder mundial nos principais setores industriais de alta tecnologia; ● Impulsionar a inovação autóctone e manter vantagens competitivas”.

Fonte: IEDI (2018b, p. 18).

Arbix et al. (2018) apontam que esses esforços de inovação são orientados por missões, e servem para elevar a eficiência produtiva do país, formando competências e uma base tecnológica nacional. Ainda assim, a China dependerá de tecnologia estrangeira para modernizar a sua estrutura industrial, uma vez que se reconhece que o país ainda não se encontra na fronteira tecnológica em grande parte dos segmentos (IEDI, 2018b).

Li (2018) esclarece que, para tirar o *Made in China 2025* do papel, faz-se necessário que a capacidade da manufatura seja aprimorada – já que esse é um fator chave para o sucesso do plano; que sejam feitos investimentos voltados para a pesquisa e o desenvolvimento – atividades que são essenciais para a formulação dos produtos chineses, que podem resultar na criação e fortalecimento de suas marcas; e que se dê foco ao aprimoramento dos recursos humanos – uma força de trabalho bem qualificada teria a capacidade de aprimorar a competitividade da manufatura chinesa.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A estrutura produtiva de um país se coloca como questão chave para seu crescimento. Pode-se apontar que ela afeta características relevantes das nações, como a alocação da mão de obra e o nível de renda da população. Dessa forma, ressalta-se que o que se produz e como essa produção é realizada (em que ela é intensiva?) são fatores cruciais para determinar o rumo que as economias irão tomar.

Os países ocupam posições nas Cadeias Globais de Valor que refletem os estágios em que se encontram suas estruturas produtivas e a forma como a tecnologia se apresenta nesses espaços, determinando como cada país agrega valor aos produtos. Países que aproveitam as janelas de oportunidades que ficam disponíveis na irrupção de uma revolução tecnológica acabam por alocar setores mais dinâmicos que fazem parte do novo paradigma, operando na fronteira tecnológica e gerando um hiato em relação a outras nações. A mudança estrutural, por sua vez, deve passar pelo esforço de aprimorar o conteúdo tecnológico da produção, dependendo diretamente da capacidade de gerar inovações que o país possui e das medidas tomadas para qualificar a mão de obra. Uma possibilidade que está aberta para realizar modificações nas estruturas produtivas dos países reside na adoção de tecnologias ligadas à Indústria 4.0. Esse arranjo industrial que nasce como parte da quinta revolução tecnológica é marcado pela introdução de tecnologias da internet na produção, e capaz de criar espaços em que os sistemas cibernéticos se interligam aos sistemas produtivos. As mudanças que são esperadas se dão no padrão de demanda, na interação entre as firmas, no crescimento de longo prazo e no emprego.

Esse último fator merece destaque, uma vez que o impacto se dá em duas direções: por um lado, pode ser gerada a substituição de trabalho por capital, por outro, novas profissões e demandas de mão-de-obra podem ser criadas. Foco especial se dá ao sistema educacional, que deve se adaptar à nova realidade e capacitar os profissionais.

Os BRIC já tomaram consciência dos desafios e oportunidades postos pela Indústria 4.0, cada um tentando dar uma resposta. A China possui o mais claro projeto, que consiste na modernização de sua indústria, com metas estabelecidas e relacionadas ao progresso tecnológico. A Índia busca alcançar a indústria moderna enfrentando as suas principais dificuldades, tentando aproximar a tecnologia tanto das firmas, como da população. A Rússia atua no sentido de identificar mercados para as tecnologias, uma vez que há a percepção de que elas só são úteis se há demanda. No Brasil, por sua vez, ainda não se identifica uma estratégia para o enfrentamento da questão, ainda que se reconheça o mérito do intenso debate sobre o assunto, coloca-se como urgente a formulação de um projeto nacional.

Referências

- AGENCY FOR STRATEGIC INITIATIVES. **National Technology Initiative**. 2020. Disponível em: <https://asi.ru/eng/nti/>. Acesso em: 12 jan. 2020.
- ALMEIDA, J. S. G. d.; CAGNIN, R. F. **A Indústria do Futuro no Brasil e no Mundo**. São Paulo: IEDI, 2019.
- ARBIX, G.; MIRANDA, Z.; TOLEDO, D.; ZANCUL, E. Made in China 2025 e Industrie 4.0: a difícil transição chinesa do catching up à economia puxada pela inovação. **Tempo Social**, SciELO Brasil, v. 30, n. 3, p. 143–170, 2018.
- ARBIX, G.; SALERNO, M. S.; AMARAL, G.; LINS, L. M. Avanços, equívocos e instabilidade das políticas de inovação no Brasil. **Novos Estudos**, Centro Brasileiro de Análise e Planejamento, n. 109, p. 8–27, 2017a.
- ARBIX, G.; SALERNO, M. S.; ZANCUL, E.; AMARAL, G.; LINS, L. M. O Brasil e a nova onda de manufatura avançada: o que aprender com Alemanha, China e Estados Unidos. **Novos Estudos**, Centro Brasileiro de Análise e Planejamento, n. 109, p. 28–49, 2017b.
- ARCHIBUGI, D. Pavitt's taxonomy sixteen years on: a review article. **Economics of Innovation and New Technology**, Taylor & Francis, v. 10, n. 5, p. 415–425, 2001.
- AREND, M. Revoluções tecnológicas, finanças internacionais e estratégias de desenvolvimento: um approach neo-schumpeteriano. **Ensaio FEE**, v. 33, n. 2, 2012.
- AREND, M.; FONSECA, P. C. D. Brasil (1955-2005): 25 anos de catching up, 25 anos de falling behind. **Brazilian Journal of Political Economy**, SciELO Brasil, v. 32, n. 1, p. 33–54, 2012.
- BAHRIN, M. A. K.; OTHMAN, M. F.; AZLI, N. N.; TALIB, M. F. Industry 4.0: A review on industrial automation and robotic. **Jurnal Teknologi**, v. 78, n. 6-13, p. 137–143, 2016.
- BANCO MUNDIAL. **World Bank Open Data**. 2020. Disponível em: <https://data.worldbank.org>.
- CARDOSO, W.; JÚNIOR, W. A.; BERTOSSE, J. F.; BASSI, E.; PONCIANO, E. S. Digital manufacturing, industry 4.0, cloud computing and thing internet: Brazilian contextualization and reality. **Independent Journal of Management & Production**, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP), v. 8, n. 2, p. 459–473, 2017.
- CIMOLI, M.; PORCILE, G.; PRIMI, A.; VERGARA, S. Cambio estructural, heterogeneidad productiva y tecnología en América Latina. In: CIMOLI, M. (Ed.). **Heterogeneidad estructural, asimetrías tecnológicas y crecimiento en América Latina**. Santiago: CEPAL, 2005. p. 9–39.

CONTADOR, J. C.; SATYRO, W. C.; CONTADOR, J. L.; SPINOLA, M. de M. Flexibility in the brazilian industry 4.0: Challenges and opportunities. **Global Journal of Flexible Systems Management**, Springer, p. 1–17, 2020.

CORRÊA, L. M.; PINTO, E. C.; CASTILHO, M. dos R. Mapeamento dos padrões de atuação dos países nas cadeias globais de valor e os ganhos em termos de mudança estrutural. **Economia E Sociedade**, v. 28, n. 1, p. 89–122, 2019.

DARTH, R.; HORCH, A. Industrie 4.0: hit or hype? **Industrial Electronics Magazine**, v. 8, n. 2, p. 56–58, 2014.

DATHEIN, R. **O crescimento do desemprego nos países desenvolvidos e sua interpretação pela teoria econômica: as abordagens neoclássica, keynesiana e schumpeteriana**. Tese (Doutorado) — UNICAMP, Campinas, 2000.

DEWA, M.; ADAMS, D.; NYANGA, L.; GXAMZA, M.; GANDURI, L. Industry 4.0: A myth or a reality in South Africa? 2018.

FORTUNE GLOBAL 500. **FORTUNE GLOBAL 500**. 2018. Disponível em: <https://fortune.com/global500/>. Acesso em: 16 ago. 2020.

GU, S.; LUNDVALL, B.-Å. China's innovation system and the move toward harmonious growth and endogenous innovation. **The Learning Economy and the Economics of Hope**, p. 269, 2006.

HIRATUKA, C.; SARTI, F. Transformações na estrutura produtiva global, desindustrialização e desenvolvimento industrial no brasil. **Brazilian Journal of Political Economy**, SciELO Brasil, v. 37, n. 1, p. 189–207, 2017.

IEDI. **Carta 849: Indústria 4.0: o programa Make in India e outras iniciativas do governo indiano**. São Paulo, 2018a.

_____. **Carta 827: Indústria 4.0 - A iniciativa Made in China**. São Paulo, 2018b.

IEL. **INDUSTRY 2027: Risks and Opportunities for Brazil in the face of disruptive innovations - FINAL REPORT: BUILDING THE FUTURE OF BRAZILIAN INDUSTRY (2 volumes)**. Brasília, 2018.

ITAMARATY. **O que é o BRICS?** 2020. Disponível em: <http://brics2019.itamaraty.gov.br/sobre-o-brics/o-que-e-o-brics>. Acesso em: 13 jan. 2020.

JADHAV, V. V.; MAHADEOKAR, R. The fourth industrial revolution (i4. 0) in India: Challenges & opportunities. **Management**, p. 105–109, 2019.

KAGERMANN, H.; HELBIG, J.; HELLINGER, A.; WAHLSTER, W. **Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0: Securing the future of German manufacturing industry; final report of the Industrie 4.0 Working Group**. [S.l.]: Forschungsunion, 2013.

KAKA, N.; MADGAVKAR, A.; MANYIKA, J.; BUGHIN, J.; PARAMESWARAN, P. India's technology opportunity: Transforming work, empowering people. **McKinsey Global Institute**, p. 9–11, 2014.

KIYAMOV, I.; SABITOV, L.; KABIROVA, G.; AKHTYAMOVA, L. S.; ISKHAKOVA, L. S. Actual issues of digital transformation of the russian economy in modern conditions. In: IOP PUBLISHING. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**. [S.l.], 2019. v. 570, n. 1, p. 012056.

- KLINGENBERG, C. O. **Proposta de um framework para análise dos impactos da indústria 4.0 na cadeia de valor**. Tese (Doutorado) — UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS, São Leopoldo, 2020.
- KOROBAYNIKOVA, E.; ERMOSHKINA, N.; KOSILOVA, F.; SHEPTUHINA, I.; GROMOVA, T. Digital transformation of russian economy: challenges, threats, prospects. **The European Proceedings of Social and Behavioural**, n. 144, p. 1418–1428, 2019.
- LAMONICA, M. T.; OREIRO, J. L. d. C.; FEIJÓ, C. Acumulação de capital, restrição externa, hiato tecnológico e mudança estrutural: teoria e experiência brasileira. **Estudos Econômicos (São Paulo)**, SciELO Brasil, v. 42, n. 1, p. 151–182, 2012.
- LELE, U.; GOSWAMI, S. The fourth industrial revolution, agricultural and rural innovation, and implications for public policy and investments: a case of India. **Agricultural Economics**, Wiley Online Library, v. 48, n. S1, p. 87–100, 2017.
- LI, L. China’s manufacturing locus in 2025: With a comparison of “Made-in-China 2025” and “Industry 4.0”. **Technological Forecasting and Social Change**, Elsevier, v. 135, p. 66–74, 2018.
- MACHADO, R.; ROCHA, M. A. **A cegueira estratégica na política industrial brasileira diante da Revolução 4.0. Entrevista especial com Marco Antonio Rocha**. 2018. Disponível em: <http://www.ihu.unisinos.br/576370-a-cegueira-estrategica-na-politica-industrial-brasileira-diante-da-revolucao-4-0-entrevista-especial-com-marco-ant%E2%80%A6>. Acesso em: 11 jun. 2020.
- MAKE IN INDIA. **Sectors**. 2020. Disponível em: <http://www.makeinindia.com/sectors>. Acesso em: 12 jan. 2020.
- MAZZUCATO, M.; PENNA, C. The brazilian innovation system: a mission-oriented policy proposal. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (cgee), 2016.
- OEC. **The Observatory of Economic Complexity**. 2020. Disponível em: <https://oec.world>. Acesso em: 04 jan. 2020.
- OMPI. **Global Innovation Index 2019**. 2020. Disponível em: <https://www.globalinnovationindex.org/>. Acesso em: 11 ago. 2020.
- PAVITT, K. Sectoral patterns of technical change: towards a taxonomy and a theory. **Technology, Management and Systems of Innovation**, p. 15–45, 1984.
- PEREZ, C. **Technological revolutions and financial capital**. Cheltenham, UK: Edward Elgar Publishing, 2002.
- _____. La transición al crecimiento sostenible digital: Las lecciones de la historia. **Traducción al castellano del capítulo preparado para Roger Fouquet ed. (2019) Handbook on Green Growth**. Cheltenham: Elgar. Cap. 19, pp.447-463, 2017.
- POSSAS, M. L. Apresentação: Keith Pavitt-sectoral patterns of technical change: toward a taxonomy and a theory. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 2, n. 2, p. 231–265, 2003.
- RUSSIAN VENTURE COMPANY. **NTI and Technological Development**. 2020. Disponível em: <https://www.rvc.ru/en/eco/>. Acesso em: 12 jan. 2020.
- SCHWAB, K. **A quarta revolução industrial**. São Paulo: Edipro, 2016.
- SILVA, E. G. d. Mudança estrutural e crescimento económico: uma questão esquecida. **Revista da Faculdade de Letras**, Porto, v. 14, n. 1, p. 123–139, 2004.

THE CONFERENCE BOARD TOTAL ECONOMY DATABASE. **THE CONFERENCE BOARD TOTAL ECONOMY DATABASE (Adjusted version)**. 2018. Disponível em: <https://www.conference-board.org/>. Acesso em: 16 ago. 2020.

TIGRE, P. B. Iniciativas para avançar a inovação no Brasil. In: ALMEIDA, J. S. G. d.; CAGNIN, R. F. (Ed.). **A Indústria do Futuro no Brasil e no Mundo**. São Paulo: IEDI, 2019.

UNIDO. **Industrial Development Report 2020**. Viena, 2019a.

_____. **Competitive Industrial Performance Report 2018**. Viena, 2019b.

_____. **Country Profile**. 2020a. Disponível em: <https://stat.unido.org/country-profile/economics>. Acesso em: 12 ago. 2020.

_____. **Databases**. 2020b. Disponível em: <https://stat.unido.org/database/CIP%202020>. Acesso em: 11 ago. 2020.

VASIN, S.; GAMIDULLAEVA, L.; SHKARUPETA, E.; FINOGEEV, A.; PALATKIN, I. **Emerging trends and opportunities for industry 4.0 development in Russia**. [S.l.]: University of Piraeus. International Strategic Management Association, 2018.

VERMULM, R. Políticas para o desenvolvimento da indústria 4.0 no Brasil. In: ALMEIDA, J. S. G. d.; CAGNIN, R. F. (Ed.). **A Indústria do Futuro no Brasil e no Mundo**. São Paulo: IEDI, 2019.

WÜBBEKE, J.; MEISSNER, M.; ZENGLIN, M. J.; IVES, J.; CONRAD, B. Made in China 2025. **Mercator Institute for China Studies. Papers on China**, v. 2, p. 74, 2016.