

**Desafios da indústria 4.0 no contexto brasileiro****Industry 4.0 challenges inside the brazilian context**

DOI:10.34117/bjdv6n1-361

Recebimento dos originais: 30/11/2019

Aceitação para publicação: 31/01/2020

**Elaine Maria de Moura Souza**

Mestranda em Desenvolvimento e Planejamento Territorial e Bacharel em Administração, ambos na PUC Goiás

E-mail: elaine.sebrae@gmail.com

**Jeferson de Castro Vieira**

Doutor em Ciências Sociais pela Universidade de Brasília (UnB)

E-mail: jcastrovieira@gmail.com

**RESUMO**

este artigo tem como objetivo analisar as possibilidades de implantação da indústria 4.0 no Brasil diante das transformações econômicas mundiais. O estudo traz as principais discussões sobre o tema, objetivando investigar os desafios para a implantação da Indústria 4.0 no Brasil – tida como a quarta revolução industrial. Argumenta-se que o debate atual sobre o processo de industrialização no Brasil caracterizado como indústria 4.0, precisa se aprofundar sobre os limites e as possibilidades de desenvolvimento industrial brasileiro, principalmente diante das transformações da indústria mundial e do conseqüente acirramento da concorrência global e à reorganização das empresas transnacionais. O texto tece um histórico da revolução industrial nas suas três primeiras fases que foram profundamente estudadas pela Economia, História e Geografia ao longo dos quatro últimos séculos, resgatando as principais características de cada uma das fases. Ainda aborda a diversidade de inovações disruptivas, tais como big datas, internet das coisas, robótica e cloud computing, apontando os principais desafios que o Brasil precisa superar para aplica-las na indústria, dentre eles a definição de políticas públicas para ciência e tecnologia e investimento em educação profissional.

**Palavras-chave:** Indústria 4.0, Quarta Revolução Industrial, Indústria Brasileira, Possibilidades Industriais.

**ABSTRACT**

this article aims to analyze the implementation possibilities of the industry 4.0 in Brazil in face of world economic changes. The study brings the main discussions on the subject. It aims to investigate the challenges for the establishment of Industry 4.0 in Brazil – considered as the fourth industrial Revolution. It is argued that the debate on the Brazilian industrialization process, characterized as industry 4.0, needs to go deeper into the limits and possibilities of the Brazilian industrial development. This is mainly due to the world industry changes, the intensification of global competition and also to the reorganization of transnational corporations. The work tells the Industrial Revolution history in its first three phases which have been deeply studied by Economics, History and Geography through the last four centuries, rescuing the main features of each phase. It also approaches the diversity of disruptive innovations such as Big Data, Internet of Things (IoT), Robotics and Cloud Computing, in order to point out the main challenges Brazil needs to overcome to apply them in the industry, including the establishment of public policies for Science and Technology and professional education investment.

**Key words:** Industry 4.0, Fourth Industrial Revolution, Brazilian Industry, Industrial Possibilities.

## 1 INTRODUÇÃO

Este artigo argumenta que o tema da Indústria 4.0 precisa de um estudo mais aprofundado do papel-chave da indústria para o desenvolvimento econômico brasileiro. Na literatura sobre política industrial há debates intensos sobre economias estáticas e dinâmicas, inovação tecnológica, taxa de câmbio, que praticamente sustentam a competitividade industrial global e local das empresas transnacionais. Isso é importante porque aponta para as transformações no tecido industrial mundial e o papel que cabe à indústria brasileira.

Argumenta-se também que as transformações em curso da economia mundial receberam uma nova feitura com a crise financeira nas principais economias do planeta iniciada em 2007-2008. Essas transformações tem alterado o curso do processo de industrialização nas principais economias do mundo, afetando, sobremaneira, a indústria brasileira e suas perspectivas para o futuro. Desta maneira, compreender e interpretar essas mudanças é fundamental para o delineamento de uma estratégia de desenvolvimento produtivo e tecnológico para o Brasil.

Historicamente, as revoluções industriais são caracterizadas por profundas transformações e mudanças com reflexos significativos para a humanidade. Neste artigo essa informação fica evidente na linha do tempo das três fases e características que marcaram a produção industrial.

Depois de resgatadas de forma breve as três fases da revolução industrial, passa-se ao contexto do que tem sido denominada como a quarta revolução industrial. A exemplo das três revoluções mencionadas anteriormente é um movimento que tem trazido avanços para a indústria, apresentando-se com muito mais velocidade, amplitude e profundidade. Tal contexto exige que líderes de todas as áreas – empresas, universidades, governos e sociedade civil – promovam um debate profundo sobre esta realidade e estructurem políticas e programas para que as inovações propostas pela quarta revolução industrial tragam benefícios mútuos para as pessoas, empresas e governos. Por fim, e permanentemente, garanta a sustentabilidade econômica, social, ambiental e cultural.

Schwab (2016), presidente executivo e fundador do Fórum Econômico Mundial e um dos principais estudiosos do tema, defende que a tecnologia e a digitalização irão revolucionar tudo, fazendo com que aquela tão gasta e maltratada frase se torne verdadeira: “desta vez será diferente”. Assim, ao tratar da quarta revolução industrial, Schwab (2016, p. 31), avalia que a escala e escopo das mudanças explicam porque as rupturas e inovações atuais são tão significativas, citando exemplos concretos como *Airbnb* e *Alibaba*, que há bem pouco tempo eram desconhecidos, e hoje aparecem como referências nos ramos de hospedagem e comércio varejista, faturam bilhões de dólares e são nomes bem familiares.

Diante deste contexto de tantas mudanças trazidas pela quarta revolução, a transformação digital – que por sua vez ainda não possui um conceito ou definição únicos – é o principal fenômeno decorrente das inovações implementadas no campo da indústria 4.0. Sobre estas inovações, pode-se afirmar que:

(...) as novas formas de tecnologias que lidam com esta transformação trazem mudanças profundas em todos os setores da sociedade, afetando todo o modelo de negócio, produção, consumo, transporte, entrega e a forma como se vive. Portanto, é necessário ter uma visão compreensiva de como esta transformação muda em todos os aspectos o mundo no qual se vive, seja de modo social, cultural e econômico (Azevedo, 2017, p. 19).

Isso traz a compreensão de que os temas Indústria 4.0 e Transformação Digital são indissociáveis, sendo necessário aos países que estão em processo de implementação dos novos processos de produção industrial a definição de estratégias que visem a estruturação de diretrizes.

Além desta introdução, este artigo apresenta duas outras seções. Na segunda seção realiza-se uma breve recuperação sobre as diferentes visões dentro do debate sobre o desenvolvimento da indústria mundial e a desindustrialização no Brasil. O objetivo da seção é apresentar uma avaliação sucinta, principalmente para apontar a ausência de elementos associados à reestruturação da estrutura mundial nessas diferentes visões.

Na terceira seção busca-se sistematizar as principais mudanças na atividade produtiva e tecnológica global a partir da ideia de que as assimetrias produtivas e tecnológicas observadas na economia mundial são consequência do maior ou menor investimento em pesquisa e desenvolvimento realizados pelas nações.

## **2 DESENVOLVIMENTO DA INDÚSTRIA MUNDIAL**

A primeira fase da revolução industrial teve seu início na Inglaterra em meados do século XVIII, tendo como principal característica a invenção e a produção das máquinas a vapor que provocaram verdadeira revolução, principalmente para o sistema de transporte. As máquinas a vapor foram bastante utilizadas em locomotivas e navios, algo que trouxe grande impulso para o sistema capitalista, marcando a importante transição da manufatura artesanal para a industrial que, num sistema capitalista, obviamente, também trouxe aspectos negativos, como a exploração da mão de obra e condições precárias de trabalho (Schwab, 2016).

A segunda fase, iniciada nos Estados Unidos no final do século XIX, traz no seu bojo o uso de novas tecnologias aplicadas aos meios de transporte e máquinas industriais, além da introdução do uso do petróleo e energia elétricas como principais fontes de energia – abre espaço para o

surgimento de sistemas de produção mais eficientes e produtivos. Ainda nos Estados Unidos, ao final da Segunda Guerra Mundial, tem origem a terceira fase da revolução industrial. Nesse período ocorre a inserção da energia nuclear, o uso da informática e a melhoria das condições de trabalho e direitos trabalhistas, trazendo para o sistema capitalista uma tônica menos injusta. Essa terceira fase dura até o século XXI (Schwab, 2016).

A quarta revolução industrial, também conhecida como Indústria 4.0, foi um termo cunhado em 2011 na feira de Hannover para descrever como isso irá revolucionar a organização das cadeias globais de valor (Schwab, 2016, p. 16). A partir daí grandes eventos mundiais e nacionais aconteceram em torno do tema, a exemplo da edição 2016 do Fórum Econômico Mundial, na Suíça, em que líderes do mundo inteiro se reúnem desde 1971 para discutir temas de interesse global. Em Davos, naquele ano, a “Revolução Industrial” destacou-se como tema central e, no Brasil, o conceito da Indústria 4.0 chegou também em 2016 e tem sido campo de ampla discussão, inclusive por entidades representativas da indústria, como a Confederação Nacional da Indústria (2016).

Assim, para Balasingham (2016), a Indústria 4.0 é o resultado de vários estágios históricos da revolução industrial. No estágio da digitalização, a indústria conta com tecnologias de fabricação com alto nível de sofisticação, troca de dados e automação, influenciando o cenário industrial e a competitividade entre países. Sobre isso constata-se que “quanto maior o grau de digitalizados e em rede, os processos dentro das operações industriais, maior o desejo para mais interfaces em desenvolvimento, produção e vendas” (Balasingham, 2016, s/p.).

No escopo da quarta revolução industrial, o uso de outras máquinas vem trazendo transformações que vão além do “chão de fábrica”, mas permeiam todo o universo do consumidor e considera fatores importantes para a sustentabilidade do planeta, o que tem sido possível, dentre outros, por meio de quatro pilares principais (Schwab, 2016), quais sejam: *big data*, IOT (Internet das coisas), robótica e *cloud computing*.

Esses pilares dizem respeito a uma série de externalidades das fábricas que, conciliados entre si, criam um cenário de informações de consumo, cujos elementos dirigem a produção de bens de consumo, tais como alimentos, equipamentos, veículos, roupas, calçados e a mais variada gama de itens. A seguir, os conceitos de cada pilar, segundo Schwab (2016, p. 115):

a) *Big data* – é um termo que vai além da tradução literal do termo em inglês, pois além do volume de informações (grande quantidade), também diz respeito à velocidade de processamento e à variedade de dados, que reunidos num único local (plataforma) e analisados em conjunto, produzem informações estratégicas sobre tendências e localização de consumidores.

b) IOT – Internet das coisas – se traduz pelo uso da internet em outros meios que não apenas os computadores, dotados de sensores e conexões capazes de gerar informações diversas que, dentre

outras coisas, como por exemplo informações para sistemas de segurança de prédios e condomínios, podem gerar informações acerca do consumo de bens e produtos de consumo.

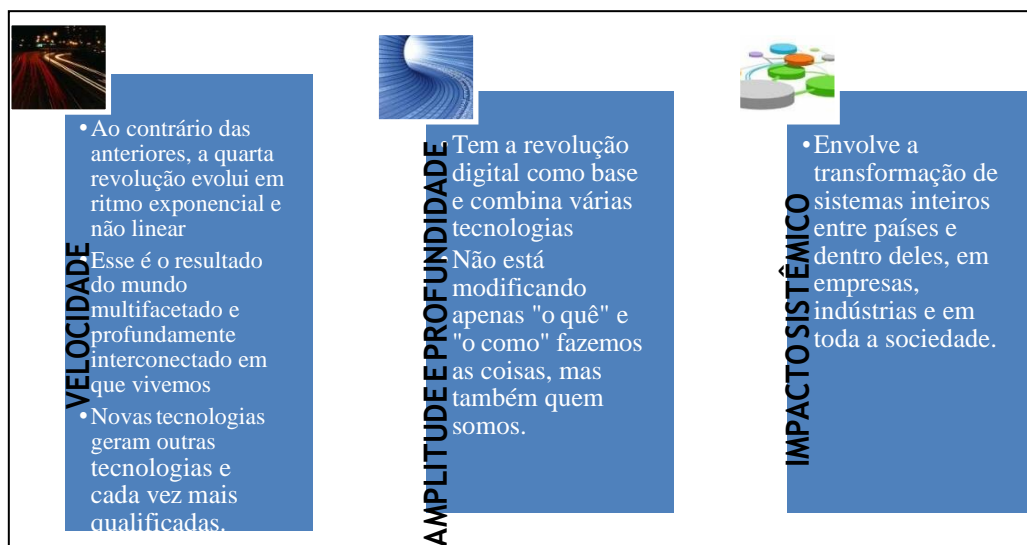
c) Robótica – é a sinergia entre computadores, robôs e computação, que na Indústria 4.0 é utilizada para obter eficiência e precisão.

d) *Cloud computing* (computação nas nuvens) – trata-se de uma tecnologia que permite o acesso e uso de dados de qualquer lugar, independente da plataforma que o usuário se encontra. Na Indústria 4.0 permite, dada a sua velocidade de acesso, que projetos executados por equipes multifuncionais trabalhem de forma cooperada e complementar, independente de ocuparem o mesmo espaço físico (Schwab, 2016).

Assim, há uma revolução tão impactante e significativa que por certo exigiria grande interação por parte dos diversos atores que dela fazem parte: governos, empresas, universidades, sociedade. Desta forma, seria possível promover o equilíbrio necessário no contexto da economia, notadamente no que se refere ao futuro do trabalho, um dos maiores desafios gerados por tanta ruptura e inovação.

Países como o Brasil, que mesmo antes da revolução já apresentavam déficit nos índices da educação formal e profissional, tendem a enfrentar dificuldades maiores para acompanhar e responder bem aos avanços tecnológicos (Schwab, 2016).

Ainda segundo a visão de Schwab (2016), as inovações da Indústria 4.0 se configuram mesmo como aspectos de uma nova revolução e, para sustentar sua convicção, ele apresenta três razões que as diferenciam das revoluções anteriores: velocidade, amplitude e complexidade, conforme pode ser observado na Figura 1.



**Figura 1:** Configuração dos aspectos da 4ª Revolução

**Fonte:** Schwab (2016, p. 13)

Diante dos argumentos deste autor, percebe-se que está em curso uma quarta revolução comandada principalmente pela Alemanha, China, Estados Unidos e Japão. As principais estratégias digitais são mostradas na Tabela 1.

**Tabela 1:** Demonstração de Estratégias de Países Selecionados

<b>País</b>	<b>Meta</b>	<b>Investimento em inovação em 2017</b>
Alemanha	Ser a maior referência em fábricas inteligentes, com manufatura integrada.	105 bilhões de dólares
China	Alcançar o investimento americano até 2025 e virar uma superpotência até 2049.	278 bilhões de dólares
Estados Unidos	Manter a liderança em inovação e recuperar a ponta em manufatura avançada.	533 bilhões de dólares
Japão	Desenvolver robôs para substituir uma força de trabalho que vem encolhendo.	140 bilhões de dólares

**Fonte:** Estudo Indústria 2027/CNI (s/p.)

Ao mesmo tempo, passa-se a traçar analogias em relação à realidade desta revolução em diferentes localidades, e então compreende-se que, apesar de se tratar de uma nova etapa, há países que ainda não chegaram a acessar parte dos avanços das outras revoluções. Estes são os casos das localidades que ainda não possuem acesso à energia elétrica (Primeira Revolução Industrial) e à internet (Terceira Revolução Industrial).

### **3 DEBATE SOBRE DESINDUSTRIALIZAÇÃO NO BRASIL**

O conceito clássico de desindustrialização encontra ampla aceitação na formulação proposta por Rowthorn e Ramaswany (1999), quando definiram a redução persistente por mais de duas décadas, da participação do emprego industrial no emprego total de um país ou região. Com base neste conceito, Palma (2005) afirma que os países do primeiro mundo teriam passado por um processo de desindustrialização a partir da década de 1970, e os países da América Latina na década de 1990 com as políticas neoliberais. Por sua vez, Tregenna (2009) reformula e amplia este conceito como sendo uma situação na qual tanto o emprego industrial como o valor adicionado da indústria se reduzem como proporção do emprego total e do PIB (Produto Interno Bruto), respectivamente.

Essa trajetória de desindustrialização encontra-se nos trabalhos pioneiros de Clark (1957), quando faz uma avaliação da transição de países de baixa renda que quando saem de uma intensa participação do setor agropecuário para industrialização há uma forte transferência de empregos no

setor de serviços. Ou seja, no processo de industrialização o setor de serviços é mais beneficiado na geração de empregos.

Bonelli, Pessôa e Matos (2013, p. 46) tratam do fraco desempenho da economia mundial no período pré-crise de 2008, depois relaciona com a integração da China, Índia e outros países orientais de baixa renda à economia mundial, mudando o quadro de vantagens comparativas globais. E, por último, culminam com a tendência secular de perda de peso da indústria no mundo que resulta na mudança de padrões de consumo em que atividades do setor de serviços ganham peso em relação às atividades industriais.

No Brasil, há em curso um intenso debate sobre o processo de desindustrialização, sob diferentes roupagens e concepções. Gonçalves (2005) apresenta dados e argumentações mostrando que há forte reprimarização na pauta exportadora brasileira. Bonelli, Pessôa e Matos (2013) argumentam sobre a perda do peso da indústria brasileira na composição do PIB, da desindustrialização no Brasil nas décadas de 1980 e 1990. Palma (2005), Bresser Pereira (2006), Barros (2006) também tratam da desindustrialização associando a doença holandesa em que o Brasil tem se especializado em recursos naturais. Feijó, Carvallho e Almeida (2005) também apresentam evidências da desindustrialização nas décadas de 1980 e 1990. Em Oreiro e Feijó (2010) há evidências da perda de importância da indústria brasileira nos últimos 15 anos, com sinais da ocorrência da doença holandesa.

Neste debate sobre desindustrialização e reprimarização da pauta exportadora, há uma posição muito interessante. Assim, pode-se afirmar que:

A participação da indústria e no valor adicionado pode se reduzir em função da transferência para o exterior das atividades manufatureiras mais intensivas em trabalho e/ou com maior valor adicionado. Se assim for, a desindustrialização pode vir acompanhada por um aumento da participação de produtos com maior conteúdo tecnológico e maior valor adicionado na pauta de exportações. [...] Se a desindustrialização vier acompanhada de um reprimarização, isto pode ser sintoma da ocorrência da doença holandesa (Oreiro & Feijó, 2010, p. 222).

A partir dos conceitos de desindustrialização formulados pelos principais teóricos do assunto no âmbito mundial, pesquisadores brasileiros buscaram identificar evidências de que o Brasil, em determinadas épocas, tenha passado por este fenômeno. Nesta direção, corroborando com essa tese, destaca-se que:

a gravidade da desindustrialização brasileira pode ser dimensionada pelo fato de o produto real da maioria dos setores manufatureiros, inclusive para a manufatura agregada, ter crescido a taxa inferior à da população economicamente ativa desde o início da desindustrialização da indústria agregada em 1981 (Morceiro & Guilhoto, 2019, p. 24).

Para logo concluir que:

Portanto, ocorre uma retração de longo prazo do produto manufatureiro real per capita desde 1981 e, conseqüentemente, aumento significativo do hiato de renda per capita em comparação com os países desenvolvidos. Se considerar a renda per capita como uma proxy do desenvolvimento, a desindustrialização brasileira contribuiu negativamente para o desenvolvimento do país (Morceiro & Guilhoto, 2019, p. 24).

Com uma proposição questionando a desindustrialização, Nassif (2008), com base em dados da economia brasileira de 1989 a 2006, não vê um processo de desindustrialização nem confirmação da doença holandesa no Brasil. Mas alerta para ela poderá ocorrer se houver uma sobrevalorização da moeda brasileira em relação ao dólar, o que traria uma perda de competitividade industrial.

Essa argumentação do Nassif (2008) acompanha a mesma linha de Schwartzman e Christophe (2009), que veem o processo de industrialização brasileira em um contexto de abertura econômica que trouxe uma oxigenação à indústria do Brasil com a importação de máquinas e equipamentos com maior conteúdo tecnológico. Isso, de certa forma, beneficiou a indústria brasileira com aperfeiçoamento tecnológico.

#### **4 INVESTIMENTOS NECESSÁRIOS PARA UMA INDÚSTRIA 4.0**

Com uma visão de estratégia de desenvolvimento econômico de um país, Krugman (1989) trata da política industrial como um empenho fundamental do governo de escolhas para os setores produtivos que devem desenvolver com geração de divisas e difusão de tecnologias. Assim, Krugman (1989) tinha com muita clareza que o desenvolvimento econômico passa por uma política industrial muito bem definida. O desenvolvimento industrial brasileiro e suas interações com o processo integral de desenvolvimento econômico têm sido objeto de um intenso debate nas últimas décadas, que vai desde o processo de industrialização no governo Getúlio Vargas na década de 1930, passando pela era de Juscelino Kubitschek, Geisel, terminando no governo de Fernando Henrique Cardoso com a opção da estabilidade econômica ao invés de fomentar o segmento industrial. Nos governos Lula há uma Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior, em 2004, para depois desaguar na Política de Desenvolvimento Produtivo em 2008 com fortes incentivos creditícios, subsídios, isenção e redução de tributos e marcos regulatórios. Tudo isso entrou em crise na segunda gestão do governo Dilma, culminando praticamente no fim da política industrial diante da crise fiscal do estado brasileiro.

Para Pinheiro *et al.* (2007) o grande sucesso da política industrial dos países asiáticos passou pela qualidade do ajuste fiscal, combate à ineficiência e à corrupção no setor público e,



principalmente, pelos significativos investimentos em capital humano. O Brasil entra na era da Indústria 4.0 em uma profunda crise fiscal do Estado sem metas e objetivos dos setores que são estratégicos para o melhor desenvolvimento econômico e uma maior inserção da indústria brasileira na indústria mundial.

Furtado (1974, p. 89) alerta que o crescimento industrial do Brasil implicaria numa intensa absorção de progresso técnico sob a forma de novos produtos e de novos processos requeridos para produzi-los, trazendo clara alusão de que o custo de tais oportunidades estaria relacionado ao financiamento de pesquisas e desenvolvimento.

O Brasil, para situar-se entre os países que fazem da Indústria 4.0 um dos vetores do processo de desenvolvimento, precisará priorizar políticas públicas para o desenvolvimento industrial e tecnológico. O Estado sempre esteve e está presente na determinação da estratégia de desenvolvimento e tem um papel importante na realização e articulação de programas e ações com outros atores e agentes.

No aspecto das políticas públicas para a ciência e tecnologia, pode-se afirmar que na comparação entre o Brasil, países da OCDE, latino-americanos e europeus em relação aos investimentos em políticas públicas de inovação, há um profundo hiato tecnológico conforme pode ser visto:

O Brasil investe, somando gastos públicos e empresariais, 1,27% do seu Produto Interno Bruto (PIB) em P&D. Isso é bem menos do que a média dos países da OCDE, onde esse investimento representa 2,38% do PIB, mas está acima de países latino-americanos, como México e Argentina e até mesmo de países como Espanha ou Portugal (De Negri, 2018, p. 23).

Ainda nesta linha de reflexão, nota-se, realmente que:

Se os investimentos totais em P&D do Brasil não são tão baixos, os investimentos empresariais, que deveriam ser estimulados pelas políticas públicas, são menores do que em vários outros países e têm permanecido relativamente estáveis ao longo do tempo. No Brasil, as empresas respondem por pouco menos da metade dos investimentos em P&D realizados no país, o que totalizou aproximadamente 0,6% do PIB em 2014 (De Negri, 2018, p. 23).

O investimento em educação profissional – ao lado das políticas públicas para o desenvolvimento da ciência e tecnologia – configura-se como importante fator estruturante para o Brasil, pois considera-se que as demandas da Indústria 4.0 nos países que a aplicam passam pela oferta de profissionais com competências técnicas e socioemocionais para atuarem nos diversos níveis hierárquicos das empresas, desempenhando funções num cenário de indústrias automatizadas,

no qual as máquinas obsoletas dão lugar a equipamentos complexos, o que por certo exigem conhecimentos técnicos atualizados e multidisciplinares – informática, matemática, tecnologia da informação e robótica (Silva, 2015).

Todavia, somente os conhecimentos técnicos não serão suficientes para o êxito desta quarta revolução no Brasil. Também serão necessários na educação profissional com conteúdo que visem o desenvolvimento de competências que envolvam flexibilidade e colaboração.

Para tanto, quer seja no tocante aos conhecimentos técnicos ou comportamentais, será preciso superar os problemas que impactam a qualificação de mão de obra no país e, dentre estes problemas, destacam-se:

A má qualidade da educação brasileira e as limitações históricas do ensino técnico, combinados com o aquecimento da economia brasileira nos últimos anos, que levou a uma queda progressiva das taxas de desemprego, parecem justificar uma preocupação generalizada na sociedade brasileira a respeito de um suposto ‘apagão de mão de obra’.

Há outro aspecto que atrapalha a educação profissional. Para ser mais efetiva, esta deve estar associada a uma experiência prática no setor produtivo que proporcione à pessoa uma vivência com o mundo real do trabalho, e permita adquirir a experiência que é tão valorizada pelos empregadores (Schwartzman & Christophe, 2009, p. 600).

Logo, afere-se que para pensar num Brasil apto a promover a Indústria 4.0 e dela fazer um bom uso para o processo de desenvolvimento econômico e social, por certo será necessário investir na educação superior de qualidade, com atenção priorizada para a melhoria da infraestrutura de programas de pós-graduação, mestrado e doutorado.

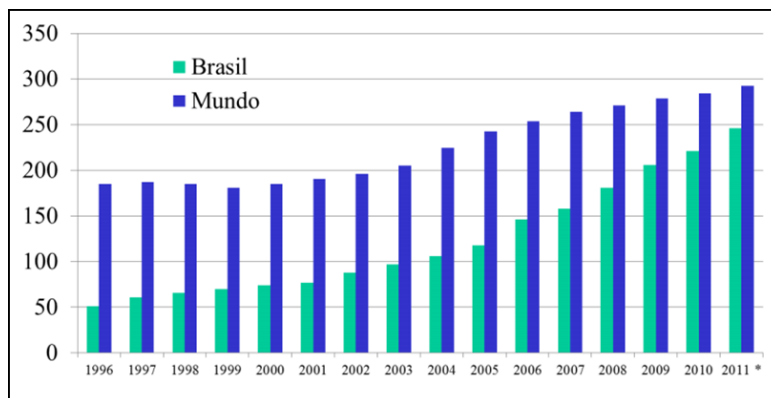
Investir em qualificação e pesquisa é preponderante para o aumento da competitividade brasileira, pois fato é que, se há algumas décadas a explicação para a transferência de empresas para países em desenvolvimento como a China se deu em função de fatores como vantagens salariais, pelo baixo valor agregado dos produtos, fiscais e de custos de implantação, atualmente os motivos são outros e estão relacionados à capacidade de produção de bens de maior complexidade, valor agregado de conhecimento e informação. Estes elementos traduzem esta nova realidade, tanto no que se refere à importância do investimento brasileiro em qualificação, quanto ao avanço experimentado pela China:

Em países como o Brasil, que estão distantes das fronteiras do conhecimento e carentes de tecnologia, é fundamental a manutenção de um fluxo constante de investimento em P&D como forma de contrabalançar a menor participação do investimento privado (Arbix, 2017, p. 22).

Ainda nesta trajetória é possível dizer que:

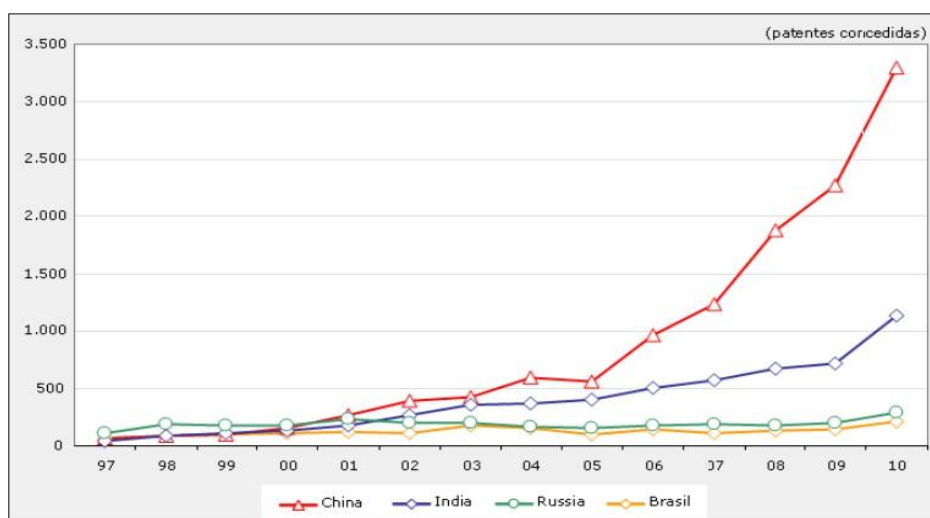
A imagem da China como celeiro da indústria de baixo valor agregado, da cópia de importados e da mão de obra barata e pouco qualificada já não se mostra adequada para uma economia com 1.3 bilhão de habitantes, que apresentou um crescimento médio do PIB em torno de 10% nos últimos trinta anos e tirou da condição de pobreza mais de 600 milhões de pessoas (Arbix, 2017, p. 38).

Notadamente, a produção científica, se comparada à produção mundial, encontra-se em situação bastante inferior, como especificado na Figura 2.



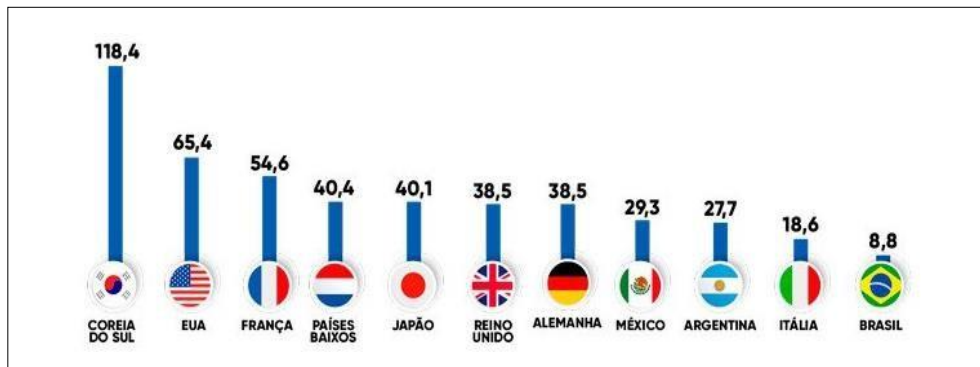
**Figura 2:** Número de publicações indexadas por milhão de habitantes  
**Fonte:** Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, 2013.

Desta forma, o investimento em pesquisa poderá mudar a condição do Brasil no ranking de patentes concedidas aos países do BRICs, que segundo dados do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) encontram-se em posição inferior em relação à China, Índia e Rússia, conforme figura 3.



**Figura 3:** Ranking de classificação de pesquisa dos países BRICs  
**Fonte:** Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, 2013.

Se por um lado, o Estado brasileiro precisa investir na educação, principalmente na formação de pesquisadores e com isto melhorar as condições de competitividade mundial, por outro lado será primordial que a iniciativa privada invista no processo de produção visando o aumento da produtividade, pois segundo dados da CNI (2017), em relação aos principais países parceiros comerciais, o Brasil experimenta uma posição negativa, como pode ser observado na Figura 4.



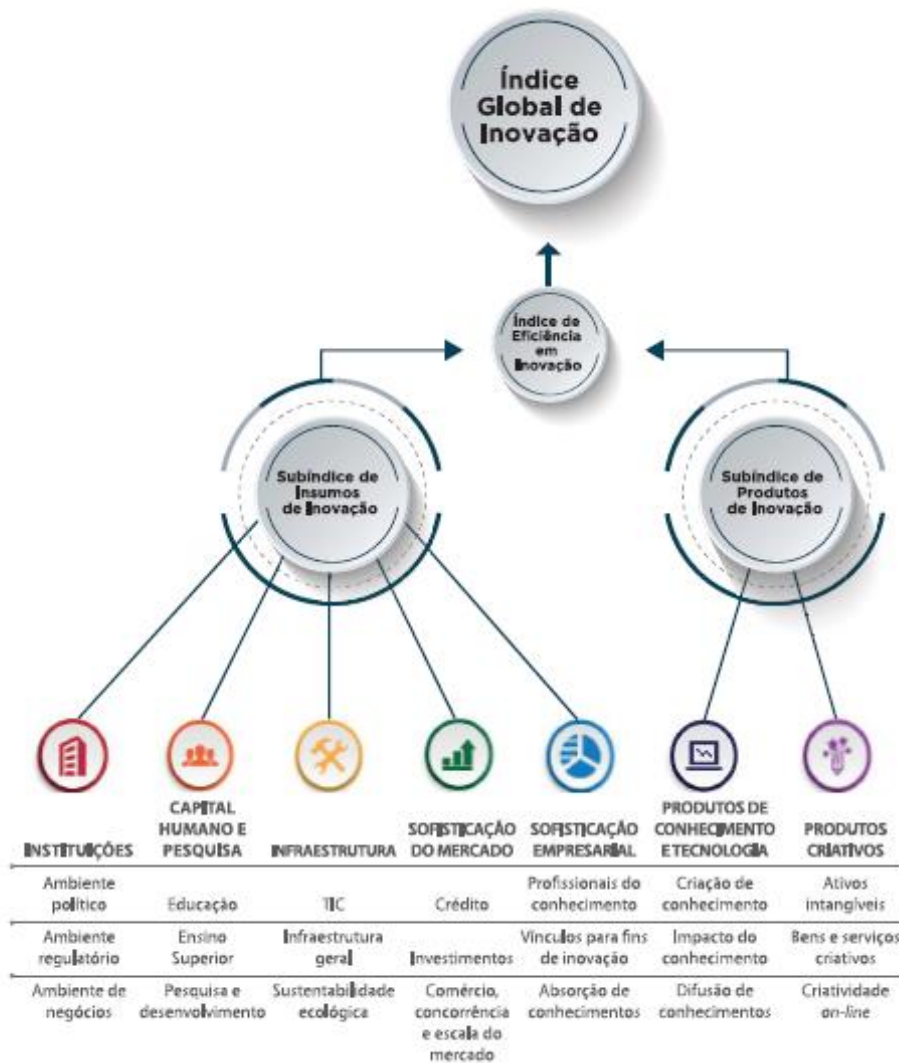
**Figura 4:** Taxa de Crescimento da produtividade do trabalho na indústria 2000-2016  
**Fonte:** CNI (2017).

É importante considerar que a Indústria 4.0, ou as suas transformações, precisam ser apropriadas por médias e grandes empresas, mas também por pequenas empresas que, na cadeia da produção, compõem o forte elo de fornecedores. E neste processo de apropriação comum das inovações, as entidades representativas e de apoio como a Confederação Nacional da Indústria (CNI), as Federações Estaduais da Indústria e o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE) desempenham papel fundamental. Exemplo disso pode ser constatado na decisão da CNI, SESI, SENAI e SEBRAE de se tornarem parceiros de conhecimento do Índice Global de Inovação (GII) que, por sua vez, é um estudo lançado em 2007 e ao longo de sua existência se transformou em importante referência de estudos sobre a inovação, tendo na sua edição de 2018 incluído 126 países.

O GII se diferencia das pesquisas tradicionais de inovação à medida que vai além de números relativos a artigos relacionados ao tema ou a valores de investimentos. O seu foco é centrado na avaliação do ambiente e da infraestrutura de suporte à inovação, fatores que constituem um resultado que permite muito mais a identificação de tendências para a inovação, do que a simples mensuração do desempenho. Isso traz parâmetros para a elaboração e/ou a melhoria de políticas de inovação, quer sejam elas políticas de governo ou políticas de investimento próprio na iniciativa privada.

Segundo o relatório de desempenho do Brasil no Índice Global de Inovação 2011-2018 são 80 indicadores utilizados pelo GII para calcular quatro medidas de inovação, como estão elencados a seguir: Subíndice de insumos de inovação, Subíndice de produtos de inovação, Pontuação geral do

GII, Subíndice taxa de eficiência inovação. Na figura abaixo, vide a composição do Índice Global de Inovação 2018:



**Figura 5:** Índice Global de Inovação – Subíndices, Pilares e Indicadores

**Fonte:** MEI com base nos dados do GII de 2011-2018

Com base nestes índices, os resultados comparativos 2011-2018 apontam para uma piora de desempenho do Brasil, já que em 2011 o país ocupava a posição 47º e em 2018 caiu para a posição 64º, como pode ser observado na Figura 6.

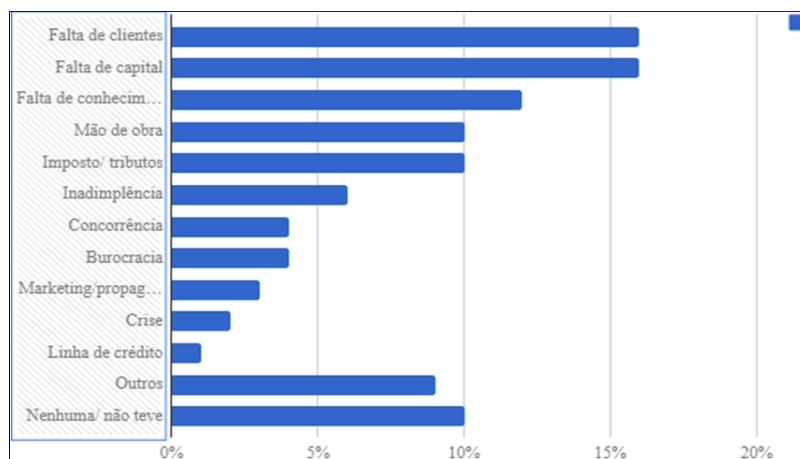


**Figura 6:** Ranking do Brasil no GII (2011-2018)

**Fonte:** MEI/UNIEPRO com base nos dados do GII de 2011 a 2018

A representatividade e relevância das pequenas empresas no Brasil são notórias. Segundo informações do site do SEBRAE (Boletim Estudos & Pesquisas, 2017, p. 4), as empresas de pequeno porte representam 27% do PIB (Produto Interno Bruto) no país e respondem pela geração de 54% de empregos com carteira assinada. Contudo, a falta de acesso a recursos para investimentos e conhecimento – que conciliados com uma boa gestão elevariam as chances de sobrevivência destas empresas no mercado –, configuram-se como fatores limitantes para o acompanhamento das inovações/evoluções da Indústria 4.0.

A seguir, a Figura 7 aponta as principais dificuldades enfrentadas no primeiro ano de atividade:



**Figura 7:** Principais dificuldades no primeiro ano de existência das pequenas empresas

**Fonte:** SEBRAE (2016)

Melhorar a taxa de sobrevivência das micro e pequenas empresas – que segundo dados do SEBRAE, em 2014 alcançou o índice de apenas 58% no primeiro ano de existência – e promover a inovação, por certo será um desafio a ser superado pelos agentes do ecossistema empreendedor, que é composto por instituições (governo e organizações não governamentais) que operam sinergicamente para criar condições favoráveis para o surgimento e sustentabilidade das empresas. E para melhor entendimento do conceito de ecossistema empreendedor e sua comparação ao ecossistema biológico pode-se dizer que:

O uso popular da metáfora do ecossistema biológico normalmente se refere a instituições formais (por exemplo, incubadoras, programas de orientação, redes de investidores anjos) cujos líderes, membros ou estatutos pretendem explicitamente promover o empreendedorismo. O denominador comum entre esses elementos do ecossistema do empreendedorismo é o quão são essenciais para as empresas crescerem mais rapidamente. A metáfora é que esses elementos interagem de maneira a tornar o todo autossustentável (Isemberg, 2010, p. 3).

Inovação e empreendedorismo, assim como a Indústria 4.0 e a transformação digital, também são indissociáveis. E é com base nesta afinidade e complementariedade que o ecossistema empreendedor brasileiro – independente do porte das empresas, mas considerando a economia brasileira como um todo – precisa propor suas diretrizes para contribuir para que o país alcance lugar significativo no ranking GII nos próximos anos.

Além disso, no campo da preparação de mão de obra especializada (intelectual e operacional) será oportuno que o Governo e as entidades representativas dos setores produtivos utilizem das informações existentes, principalmente aquelas contidas em estudos sobre a Indústria 4.0, como é o caso das 30 profissões que surgirão na próxima década, contidas no documento *Indústria 2027 – Riscos e Oportunidades para o Brasil Diante das Inovações Disruptivas* (CNI, 2017), conforme se descreve no Tabela 2.

**Tabela 2:** Novas profissões em 08 áreas no Brasil

AUTOMOTIVO	TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO
1- Mecânico de veículos híbridos 2- Mecânico especialista em telemetria 3- Programador de unidades de controles eletrônicos 4- Técnico em informática veicular	1- Analista de IOT (Internet das coisas) 2- Engenheiro de cibersegurança 3- Analista de segurança e defesa digital 4- Especialista em big data 5- Engenheiro de Softwares
ALIMENTOS E BEBIDAS	MÁQUINAS E FERRAMENTAS
1- Técnico em impressão de alimentos 2- Especialista em aplicações de TIC para rastreabilidade de alimentos	1- Projetista para tecnologia 3D 2- Operador de High Speed Machine 3- Programador de ferramentas CAD/CAM/CAE/CAI

3- Especialista em aplicações de embalagens para alimentos	4- Técnico de manutenção em automação
CONSTRUÇÃO CIVIL	QUÍMICA E PETROQUÍMICA
1- Integrador de Sistema de automação predial 2- Técnico de construção seca 3- Técnico em automação predial 4- Gestor de logística de canteiro de obras Instalador de Sistema de automação predial	1- Técnico em análises químicas com especialização em análises instrumentais automatizadas 2- Técnico especialista no desenvolvimento de produtos poliméricos 3- Técnico especialista em reciclagem de produtos poliméricos
TÊXTIL E VESTUÁRIO	PETRÓLEO E GÁS
1- Técnico de projetos de produtos de moda 2- Engenheiro em fibras têxteis 3- Designer de tecidos avançados	1- Especialista em técnicas de perfuração 2- Especialistas em sismologias e geofísica de poços 3- Especialistas para recuperação avançada de petróleo

Fonte: SENAI, 2018

O quadro acima demonstra que as novas tecnologias estudadas estão determinando mudanças no mercado de trabalho e apresentando para a indústria a possibilidade de se tornar mais produtiva e eficaz. Por outro lado, desmistifica as previsões de que a tecnologia acabaria com boa parte dos empregos, pois traz a noção de substituição ou transformação de antigas profissões.

Entretanto, essas novas áreas de profissões requerem investimentos em educação profissional e formação científica, sendo que no âmbito das políticas públicas de educação profissional e pesquisa observa-se que o Brasil apresenta deficiência entre os níveis de investimento para formação de mão de obra técnica em relação à formação científica. Enquanto o ensino técnico representou em 2017 e 2018 um pouco mais de 50% das estatísticas da Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica, os cursos de pós-graduação representaram apenas algo em torno de 4%, conforme demonstram as figuras e tabelas a seguir:

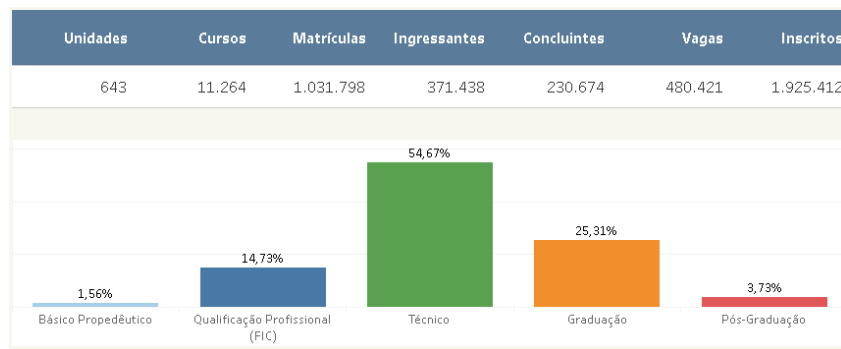


Figura 8: Tipos de Cursos - 2017

Fonte: Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica SETEC/MEC. Disponível em: <http://plataformanilopcanha.mec.gov.br/2019.html>



Tabela 3: Desdobramento de dados - 2017

Tipo de Curso	Cursos	Matrículas	Ingressantes	Concluintes	Vagas	Inscritos
Educação Infantil	2	172	172	0	172	1.000
Ensino Fundamental I	10	3.610	1.340	644	618	5.425
Ensino Fundamental II	12	5.034	973	951	887	6.865
Ensino Médio	33	7.276	1.776	2.794	1.835	11.200
Qualificação Profissional	2.655	151.979	115.837	80.469	191.640	220.550
Técnico	6.178	564.095	155.170	114.599	173.379	631.192
Tecnologia	685	91.855	24.482	13.775	29.150	361.892
Bacharelado	494	86.468	23.433	5.282	29.362	329.210
Licenciatura	669	82.858	26.912	5.531	29.477	281.390
Especialização (Lato Sensu)	413	32.453	18.162	5.752	20.414	56.277
Mestrado	31	2.690	1.556	339	1.703	3.915
Mestrado Profissional	75	2.905	1.423	513	1.523	16.141
Doutorado	7	403	202	25	261	355

Fonte: Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica SETEC/MEC. Disponível em: <http://plataformanilopecanha.mec.gov.br/2019.html>

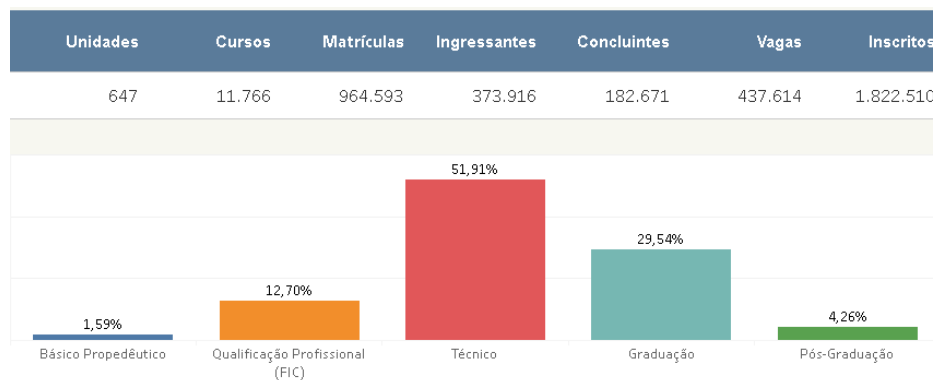


Figura 9: Tipos de Cursos - 2018

Fonte: Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica SETEC/MEC. Disponível em: <http://plataformanilopecanha.mec.gov.br/2019.html>

Tabela 4: Desdobramento de dados - 2018

Tipo de Curso	Cursos	Matrículas	Ingressantes	Concluintes	Vagas	Inscritos
Educação Infantil	2	246	75	0		
Ensino Fundamental I	10	3.514	662	532	608	10.602
Ensino Fundamental II	12	4.694	933	949	841	6.420
Ensino Médio	35	6.440	2.317	1.598	2.358	13.722
Qualificação Profissional	2.851	135.879	118.532	72.573	166.011	238.804

Técnico	6.085	501.112	160.589	85.024	171.605	676.137
Tecnologia	735	85.116	23.895	6.769	25.108	288.748
Bacharelado	582	96.442	25.336	4.897	25.636	283.568
Licenciatura	775	89.753	26.697	5.252	27.808	232.659
Especialização (Lato Sensu)	517	34.530	12.137	3.944	14.717	43.486
Mestrado	34	2.439	904	492	999	3.082
Mestrado Profissional	121	4.078	1.737	600	1.769	25.041
Doutorado	7	350	102	41	154	241

**Fonte:** Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica SETEC/MEC. Disponível em: <http://plataformanilopecanha.mec.gov.br/2019.html>

## 5 CONCLUSÃO

Ao comparar os intervalos de tempo que ocorreram entre as três revoluções industriais, observa-se que a quarta revolução está ocorrendo numa velocidade exponencial em países como Estados Unidos, Alemanha, China e Japão, conferindo-lhes posições de destaque no *ranking* dos países que mais investem em estratégias de digitalização dos processos industriais. Esse fato leva à reflexão de que os países que não se adequarem para acompanhar tal velocidade, por consequência, não conseguirão se manter competitivos no mercado globalizado.

Diante do contexto estudado, fica evidente que, caso o Brasil não estabeleça medidas para aumentar a participação do setor industrial no PIB, a perda de competitividade tenderá a crescer. Tais medidas devem compor uma política industrial consistente e sustentada por investimentos em pesquisa e desenvolvimento.

Percebe-se também que os desafios da implantação da Indústria 4.0 no Brasil estão centrados na definição de uma estratégia dirigida para a melhoria dos níveis de qualificação, notadamente para mão de obra adequada para a manufatura automatizada e mecanizada.

Será a partir da superação destes dois grandes desafios que o país alcançará a condição necessária para garantir investimentos da indústria brasileira e mundial, pois proverá a formação de profissionais aptos para atuar na produção digitalizada, bem como suprirá a necessidade de desenvolvimento de produtos inovadores, a partir de pesquisas desenvolvidas no país. É cedo para apontar os principais legados da Indústria 4.0, contudo, é possível perceber que o Brasil se encontra numa situação de atraso se comparado a países como a Alemanha, país berço da Indústria 4.0.

**REFERÊNCIAS**

Arbix, G. et al. (2017). O Brasil e a nova onda de manufatura avançada: o que aprender com Alemanha, China e Estados Unidos. *Novos estud. CEBRAP* [online]., 36(3), 29-49. Recuperado em 10 janeiro, 2019, de [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0101-33002017000300029&lng=en&nrm=iso&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0101-33002017000300029&lng=en&nrm=iso&tlng=pt).

Azevedo, M. T. de. (2017). *Transformação Digital na Indústria: Indústria 4.0 e a rede de água inteligente no Brasil*. 177p. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil. Recuperado em 10 maio, 2019, de: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3142/tde-28062017-110639/publico/MarceloTeixeiradeAzevedoCorr17.pdf>.

Barros, L. C. M. (2006). *Uma encruzilhada para o Brasil*. Folha de S. Paulo, São Paulo.

Balasingham, K. (2016). *Industry 4.0: securing the future for german manufacturing companies*. 16 p. Dissertação de mestrado, University of Twente, Twente. Recuperado em 15 março, 2019, de: [https://essay.utwente.nl/70665/1/Balasingham\\_BA\\_MA.pdf](https://essay.utwente.nl/70665/1/Balasingham_BA_MA.pdf). Acesso em: 15 mar. 2019.

Bonelli, R. (2005). *Industrialização e desenvolvimento*. Notas e conjecturas com foco na experiência do Brasil. Texto preparado para o seminário Industrialização, Desindustrialização e Desenvolvimento, organizado pelo IEDI e FIESP.

Bresser-Pereira, L. C. (2016). O Novo-Desenvolvimentismo e a Ortodoxia Convencional. *São Paulo em Perspectiva*, 20(1), 5-24. Recuperado em 15 julho, 2019, de: [https://pesquisa-eaesp.fgv.br/sites/gvpesquisa.fgv.br/files/arquivos/bresser\\_-\\_novo\\_desenvolvimento\\_e\\_a\\_ortodoxia.pdf](https://pesquisa-eaesp.fgv.br/sites/gvpesquisa.fgv.br/files/arquivos/bresser_-_novo_desenvolvimento_e_a_ortodoxia.pdf).

Brasil. (2013). Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. Recuperado em 15 janeiro, 2019, de: <http://www.mctic.gov.br/portal>.

Bonelli, R., Pessôa, S. de A., & Matos, S. (2013). Desindustrialização no Brasil: fatos e interpretação. In E. Bacha, & M. de Bolle (org.). *O futuro da indústria no Brasil: desindustrialização em debate*. RJ: Civilização Brasileira.

Clark, C. (1957). *The Conditions of Economic Progress*. London: Macmillan.

CNI. (2016). Confederação Nacional da Indústria. Desafios para a indústria 4.0 no Brasil. Brasília: CNI. 34 p.

CNI. (2017). Confederação Nacional da Indústria. Indústria 2027 – Riscos e Oportunidades para o Brasil Diante das Inovações Disruptivas. Campinas: Inst. de Economia da UFRJ Inst. de Economia da UNICAMP. Recuperado em 10 novembro, 2019, de: [http://www.ie.ufrj.br/images/detalhamento\\_dos\\_impactos\\_sobre\\_os\\_sistemas\\_produtivos\\_33952.pdf](http://www.ie.ufrj.br/images/detalhamento_dos_impactos_sobre_os_sistemas_produtivos_33952.pdf).

CNI. (2018). Confederação Nacional da Indústria. Desempenho do Brasil no Índice Global de Inovação 2011-2018. Brasília: CNI. 134p.

De Negri, F. (2018). *Novos caminhos para a inovação no Brasil*. Washington, DC: Wilson Center.

Feijó, C. A., Carvalho, P. G. M., & Almeida, J. S. G. (2005). *Ocorreu uma desindustrialização no Brasil?* São Paulo: IEDI. Recuperado em 10 novembro, 2019, de: [https://iedi.org.br/admin\\_ori/pdf/20051129\\_desindustrializacao.pdf](https://iedi.org.br/admin_ori/pdf/20051129_desindustrializacao.pdf).

Furtado, C. (1974). *O Mito do Desenvolvimento Econômico*. Rio de Janeiro: Paz e Terra.

Gonçalves, R. (2005). *Economia Política Internacional*. Rio de Janeiro: Campus.

Isenberg, D., & Onyemah, V. (2016). Fostering scaleup ecosystems for regional economic growth. *Innovations - Thriving Cities*, 11(1/2), 60-79.

Krugman, P. R. (1989). Industrial organization and international trade. In R. Schmalensee & R. Willig (eds.). *Handbook of industrial organization*. New York: Elsevier.

Morceiro, P. C. & Guilhoto, J. J. M. (2019). Desindustrialização setorial e estagnação de longo prazo da indústria brasileira. Núcleo de Economia Regional e Urbana da Universidade de São Paulo, São Paulo, TD Nereus, 1. Recuperado em 10 abril, 2019, de: [Http://Www.Usp.Br/Nereus/Wp-Content/Uploads/TD\\_Nereus\\_01\\_2019.Pdf](Http://Www.Usp.Br/Nereus/Wp-Content/Uploads/TD_Nereus_01_2019.Pdf).

Nassif, A. (2008). Há Evidências de Desindustrialização no Brasil? *Brazilian Journal of Political Economy*, 28(1/109), 72-96. Recuperado em 10 agosto, 2019, de: <http://www.scielo.br/pdf/rep/v28n1/a04v28n1.pdf>.

Oreiro, J. L. & Feijó, C. (2010). Desindustrialização: conceituação, causas, efeitos e o caso brasileiro. *Revista de Economia Política*, 30(2), 219-232, 2010. Recuperado em 10 abril, 2019, em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0101-31572010000200003](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-31572010000200003).

Palma, J. G. (2005). Four sources of deindustrialization and a new concept of the Dutch disease. In J. A. Ocampo (ed.). *Beyond Reforms*. Palo Alto (CA): Stanford University Press.

Pinheiro, M. C. et al. (2007). *Por que o Brasil não precisa de política industrial*. Rio de Janeiro: FGV.

Plataforma Nilo Peçanha. Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica SETEC/MEC. Recuperado em 10 maio, 2019, de: <http://plataformanilopecanha.mec.gov.br/>

Rowthorn, R. & Ramaswamy, R. (org.). (1999). *Growth, Trade, and Deindustrialization*. Internacional Monetary Fund. *IMF Staff Papers*, 46(1), 18-41. Recuperado em 10 janeiro, 2019, de: <https://www.imf.org/external/pubs/ft/wp/wp9860.pdf>.

Schwab, K. M. (2016). *A quarta revolução industrial*. Tradução Daniel Moreira Miranda. São Paulo: Edipro.

Schwab, K. M. & Davis, N. (2018). *Aplicando a quarta revolução industrial*. Tradução de Daniel Moreira Miranda. São Paulo: Edipro.

Schwartzman, S. & Christophe, M. (2009). *A Educação em Ciências no Brasil*. Rio de Janeiro: Instituto de Estudos do Trabalho e Sociedade.

SEBRAE. (2016). Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. Recuperado em 10 janeiro, 2019, de: <http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae>.

SEBRAE. (2017). Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. Expectativas do Mercado. *Boletim Estudos & Pesquisas*, 61. Recuperado em 15 março, 2019, de: <https://datasebrae.com.br/wp-content/uploads/2018/03/Boletim-Estudos-e-Pesquisas-12-2017.pdf>.

SENAI. Serviço Brasileiro de Apoio das Micro e Pequenas Empresas. Recuperado em 10 maio, 2019, de: <https://noticias.portaldaindustria.com.br/noticias/educacao/conheca-30-novas-profissoes-que-vao-surgir-com-a-industria-40/>.

Schwartzman, A. (2009). Uma Tese com Substâncias. *Folha de São Paulo*.

Silva, J. C. da. (2015). *Fábrica POLI: concepção de uma fábrica de ensino no contexto da Indústria 4.0*. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil. Recuperado em 10 fevereiro, 2019, de: <http://pro.poli.usp.br/trabalho-de-formatura/fabrica-poli-concepcao-de-uma-fabrica-de-ensino-no-contexto-da-industria-4-0/>.

Silva, M. C. (2017). *Análise do ecossistema empreendedor brasileiro e dos fatores críticos de sucesso para a questão de incubadoras de empresas*. Tese de doutorado, Universidade de Campinas, Campinas, São Paulo. Recuperado em 10 janeiro, 2019, de: [http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/322007/1/Silva\\_MarioCesarda\\_D.pdf](http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/322007/1/Silva_MarioCesarda_D.pdf).

Tregenna, F. (2009). Characterizing deindustrialization: an analysis of changes in manufacturing employment and output internationally. *Cambridge Journal of Economics*, 33(3), 433-466. Recuperado em 10 abril, 2019, de: [https://www.researchgate.net/publication/46513434\\_Characterising\\_Deindustrialisation\\_An\\_Analysis\\_of\\_Changes\\_in\\_Manufacturing\\_Employment\\_and\\_Output\\_Internationally](https://www.researchgate.net/publication/46513434_Characterising_Deindustrialisation_An_Analysis_of_Changes_in_Manufacturing_Employment_and_Output_Internationally).