# ARTIGOS

## O PAPEL DO TRABALHO ALTAMENTE ESPECIALIZADO DIANTE DA INDÚSTRIA 4.0 E O FUTURO DO ENSINO SUPERIOR NO BRASIL

ÉRIKA ANDREASSY

Em 2011, foi cunhado o termo Indústria 4.0 para se referir às transformações causadas por um novo modelo de produção, no qual máquinas, ferramentas e processos conectados à internet interagem entre si, com capacidade de operar, tomar decisões e inclusive se corrigir praticamente de forma autônoma. Por sua grandiosidade, a Indústria 4.0 está sendo considerada a quarta revolução industrial, tendo como um dos seus principais impactos sociais a modificação nas relações de trabalho.

Muito tem se falado em relação ao futuro do emprego no marco da Indústria 4.0. O mercado de trabalho vem se alterando de forma qualitativa, isto é, novas modalidades de emprego emergiram e se impõem em face das necessidades do capital, ocupações estão desaparecendo e outras estão surgindo devido à robotização e digitalização da produção. Já vimos como a quarta revolução industrial favorece a precarização das relações de trabalho, bem como o papel das novas modalidades de emprego – uberização, pejotização, trabalho por peça – no Brasil e no mundo.

Ressoa amplamente uma preocupação sobre os efeitos das novas tecnologias para os atuais trabalhadores e as gerações mais jovens que estão ingressando ou irão ingressar na força de trabalho. A maioria dos estudos e das pesquisas apontam para riscos da substituição massiva de postos de trabalho, por outro lado, as grandes transformações pelas quais o mundo vem passando foram potencializadas pela pandemia de COVID-19.

Há, contudo, os que advogam em favor das oportunidades da manufatura avançada para os trabalhadores que souberem investir em formação "adequada". Nesse contexto, o tema da qualificação ganhou grande relevo, assim como a discussão sobre as profissões do futuro e as vantagens que a nova revolução industrial brinda aos trabalhadores especializados. Nosso objetivo neste artigo é precisamente analisar as tendências e os impactos da automação avançada sobre o trabalho altamente especializado, em especial no Brasil, em face de sua localização na Divisão Internacional do Trabalho (DIT), bem como relacionar essas tendências com o futuro do ensino superior no país.

### AS CONSEQUÊNCIAS DA AUTOMAÇÃO AVANÇADA SOBRE O MUNDO DO TRABALHO

As tecnologias de automação, incluindo inteligência artificial e robótica, têm provocado um forte impacto nos mercados de trabalho. Mesmo antes da pandemia, estudos apontavam para uma redução significativa de postos de trabalho, estimando que pelo menos 30% do trabalho constituinte das atividades laborais poderia ser automatizado até 2030, afetando até 60% das ocupações do mundo, em especial as ocupações técnicas e de média qualificação, sugerindo cenários nos quais 75 a 375 milhões de trabalhadores (3 a 14% da força de trabalho global) precisarão mudar de categorias ocupacionais ou ficarão desempregados.[27]

27. Disponível em: https://www.mckinsey.com/featured-insights/future-of-work/jobs-lost-jobs-gained-what-the-future-of-work-will-mean-for-jobs-skills-and-wages/pt-br

**A AUTOMAÇÃO TERÁ IMPACTO DE LONGO ALCANCE NA FORÇA DE TRABALHO GLOBAL**

| | | |
|---|---|---|
| **POTENCIAL DE AUTOMAÇÃO TÉCNICA** | **±50%**<br>Das atuais atividades de trabalho são tecnicamente automatizáveis, bastando adaptar as tecnologias já demonstradas | **EM 6 DE CADA 10**<br>ocupações atuais, mais de 30% das atividades são tecnicamente automatizáveis. |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **IMPACTO DA ADOÇÃO EM 2030** | Potencial eliminação do posto de trabalho devido à adoção da automação, por cenário de adoção, % de trabalhadores (FTEs[1]) | **ADOÇÃO LENTA**<br>0%<br>(10 milhões) | **ADOÇÃO MODERADA**<br>15%<br>(400 milhões) | **ADOÇÃO RÁPIDA**<br>30%<br>(800 milhões) |
| | Trabalhadores que talvez tenham de mudar de categoria ocupacional, por cenário de adoção[2] % de trabalhadores (FTEs) | **LENTA**<br>0%<br>(< 10 milhões) | **MODERADA**<br>3%<br>(75 milhões) | **RÁPIDA**<br>14%<br>(375 milhões) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **IMPACTO DA DEMANDA POR TRABALHO EM 2030 DE ACORDO COM 7 TENDÊNCIAS SELECIONADAS[3]** | | **IMPACTO BAIXO** | **IMPACTO ELEVADO** |
| | Cenário com demanda seguindo a linha de tendência, % de trabalhadores (FTEs) | 15%<br>(390 milhões) | 22%<br>(590 milhões) |
| | Cenário com aumento da demanda, % de trabalhadores (FTEs) | 6%<br>(165milhões) | 11%<br>(300 milhões) |
| | Total, % de trabalhadores (FTEs) | 21%<br>(555milhões) | 33%<br>(890 milhões) |
| | Além disso, 2030, 8-9% da força de trabalho de 2,66 bi terão novas ocupações | | |

1. Equivalente em tempo integral/2. De acordo com cenário da linha de tendência da demanda de mão de obra./3. [i] Renda crescente; [ii] serviços de saúde decorrentes do envelhecimento da população; [iii] investimento em tecnologia, [iv] infraestrutura e [v] imóveis; [vi] transições energéticas; e [vii] "marketização" do trabalho não remunerado. (Não exaustivo)./4. Veja Jeffrey Lin. "Technological adaptation, cities and new work", Review of Economics and Statistics, v. 93, n.2 de maio de 2011.

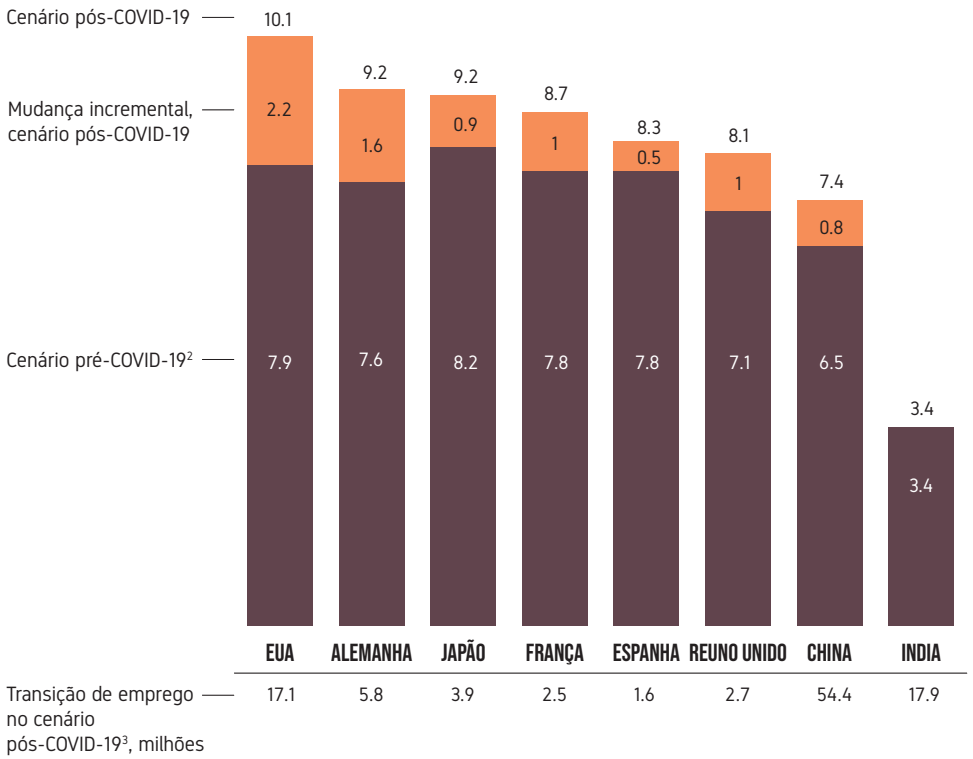
*Fonte: McKinsey Global Institute*

Essa tendência foi acelerada com a pandemia. Uma pesquisa, realizada em oito países – França, Estados Unidos, China, Espanha, Alemanha, Reino Unido, Índia e Japão – que juntos correspondem a quase metade da população mundial e 62% do PIB global, indica que o número de trabalhadores que podem ser obrigados a mudar de ocupação cresceu 25% em relação as estimativas anteriores, sendo que trabalhadores em situação de desvantagem no mercado de trabalho atualmente estão mais ameaçados, em parte devido à desproporção desse tipo de ocupação nas categorias mais afetadas pela COVID-19.[1] Na Europa e nos Estados Unidos, por exemplo, trabalhadores sem formação universitária, membros de grupos étnicos minoritários e mulheres têm mais probabilidade de ter a ocupação extinta após a pandemia do que antes. Nos Estados Unidos, trabalhadores sem formação universitária têm probabilidade 1,3 vez maior de ficarem desempregados em comparação com aqueles que possuem ensino superior completo. Na França, Alemanha e Espanha, o

28. Disponível em: https://www.mckinsey.com/featured-insights/future-of-work/the-future-of-work-after-covid-19/pt-br

aumento das transições de empregos necessárias devido a tendências influenciadas pela COVID-19 é 3,9 vezes maior para as mulheres do que para homens. Da mesma forma, a extinção do emprego deverá afetar mais os trabalhadores jovens do que os mais velhos e os imigrantes em relação aos trabalhadores nativos dessas regiões.

**PARCELA DA FORÇA DE TRABALHO QUE POSSIVELMANTE PRECISE FAZER UMA TRANSIÇÃO PARA NOVAS OCUPAÇÕES ATÉ 2031[1], %**




Observação: a soma dos números pode não coincidir com o total devido ao arredondamento.

1. A transição de ocupação é definida como um posto de trabalho que deixou de existir e que não voltará com o crescimento da demanda por mão de obra em geral.

2. O cenário pré COVID-19 inclui os efeitos de oito tendências : automação aumento d erenda , envelhecimento populacional, maior uso de tecnologias, mudanças climáticas, investimento em infraestrutura, aumento do nível educacional, mercantilização do trabalho não remunerado. O cenário pós-COVID inclui todas as tendências pré pandemia somadas à aceleração da automoção, aceleração do e-commerce, aumento do trabalho remoto e diminuição de viagens de negócios.

3. A transição de empregos na Índia permanece estável em ambos os cenários devido à menor oferta de empregos no setor de serviços (devidoà aceleração da automoção) para que trabalhadores da construção com baixo nível de capacitação possam fazer a transição. Exclui as transições de empregos do setor agrícola; se fossem incluídos, as transições diminuiram no cenário pré-pandemia em comparação pós-pandemia, pois haveria menos transições para setores secundário e terciário.

*Fonte: McKinsey Global Institute*

Existem dois movimentos em curso. Por um lado, a destruição de postos de trabalho. Enquanto a criação de empregos está diminuindo, a destruição de postos de trabalho se acelera. Estima-se que, até 2025, diversas funções, em especial em áreas como processamento de dados, contabilidade e suporte administrativo, devem cair de 15,4% para 9% da força de trabalho (redução de 6,4%), enquanto as profissões emergentes devem crescer de 7,8% para 13,5% (aumento de 5,7%).

Com base nesses números, a automação e a divisão do trabalho entre humanos e máquinas fecharão, até

2025, 85 milhões de empregos no mundo em empresas de médio e grande porte em 15 setores e 26 economias, incluindo o Brasil. Ao mesmo tempo, 97 milhões de novos postos de trabalho, mais adaptados à nova divisão de trabalho entre humanos, máquinas e algoritmos, devem surgir.[29] Embora a estimativa de empregos destruídos seja superada pela de postos de trabalho criados, isso não indica necessariamente uma melhora das perspectivas do mercado de trabalho. Segundo a Organização Internacional do Trabalho (OIT), o desemprego global deve atingir 205 milhões de pessoas em 2022, o que equivale a 9,6% a mais de desocupados em relação à 2019.

Além disso, dos 3,3 bilhões de considerados ocupados hoje no mundo, 61% estão no mercado de trabalho informal, sendo que as novas modalidades de emprego que surgem para atender as demandas do mercado acentuam ainda mais esse cenário de precarização. No Brasil, por exemplo, das 142 mil vagas formais de trabalho geradas em 2020, mais da metade (73,1 mil), foi na modalidade de trabalho intermitente, que não prevê nem jornada e nem salário fixos, já as contratações temporárias dispararam 35% em relação ao ano anterior. A indústria foi responsável por 65% dessas contratações.

Por outro lado, as novas tecnologias tendem a substituir os empregos de nível intermediário, promovendo um pequeno grupo de profissionais para o topo e empurrando a grande maioria para a base da pirâmide ocupacional/salarial. À medida que mais empregos qualificados são criados para suportar as novas tecnologias e a produção digitalizada, é registrado um aumento proporcional de empregos de baixa qualificação, pois estas também permitem a rotinização e a simplificação de atividades, de forma a propiciar o surgimento de um mercado de trabalho "uberizado", de baixa renda.[30]

Estima-se que, para cada posto de trabalho altamente especializado, são criados em média entre 2,5 e 4,4 trabalhos adicionais de baixa qualificação. Nesses termos, o mercado de trabalho tende a corroer os empregos para os extratos médios da classe trabalhadora, num quadro de polarização e de ampliação das desigualdades.[31]

Vejamos o caso brasileiro. Segundo estudo Profissões Emergentes na Era Digital: *Oportunidades e desafios na qualificação profissional para uma recuperação verde*,[32] realizado pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e pela Agência Alemã de Cooperação Internacional (GIZ - Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH), em parceria com o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (Senai), foram identificadas tendências e profissões emergentes no curto (2 anos), médio (5 anos) e longo (10 anos) prazos em quatro grandes setores impactados pela digitalização: Software e Tecnologia da Informação (TI); Indústria de Transformação e Serviços Produtivos; Agricultura; e Saúde.

Entre as ocupações de destaque estão a de programador, analista de segurança cibernética, expert em digitalização industrial, empreendedor digital, engenheiro agrônomo digital e engenheiro de dados da saúde. Ao todo, foram identificadas 12 profissões emergentes no setor de Software e TI, 19 no de Transformação e Serviços, 8 no de Agricultura e 14 no setor de Saúde. Juntas, tais profissões, relacionadas às novas tecnologias e digitalização, devem ser responsáveis nos próximos 10 anos, pela geração de 2,08 milhões de vagas de trabalho, o equivalente a 5% do total de 41,7 milhões de vagas que os 4 setores devem gerar no período.

Ou seja, em que pese o discurso sobre as profissões do futuro, em relação à perspectiva total de geração de postos de trabalho, o percentual é muito pequeno. No campo, por exemplo, o percentual de demanda das profissões emergentes em relação ao total de empregos que devem ser gerados nos próximos 10 anos é ainda menor, menos de 2%.

29. Disponível em: https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2020/digest

30. Quando falamos em qualificação do trabalho, estamos tratando de uma mensuração objetiva, ou seja, dos custos sociais para a formação de profissionais para suprir as demandas do mercado.

31. Uma análise contínua dos lares norte-americanos nos últimos anos indica que a eliminação de empregos intermediários e a desigualdade crescente vem favorecendo à mudança de um modelo de divisão entre os trabalhadores, com base na renda, de três níveis (superior, médio e inferior) para uma estrutura basicamente de dois níveis (superior e inferior) – sendo que o afluente representaria aproximadamente os 20% mais altos, e os restantes 80% ganhariam um nível de renda real médio mais baixo do que a média atual.

32.https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer_public/b7/5a/b75af326-9c36-49e7-b298-1b9f0a3d4938/estudo_profissoes_emergentes_-_giz_ufrgs_e_senai.pdf

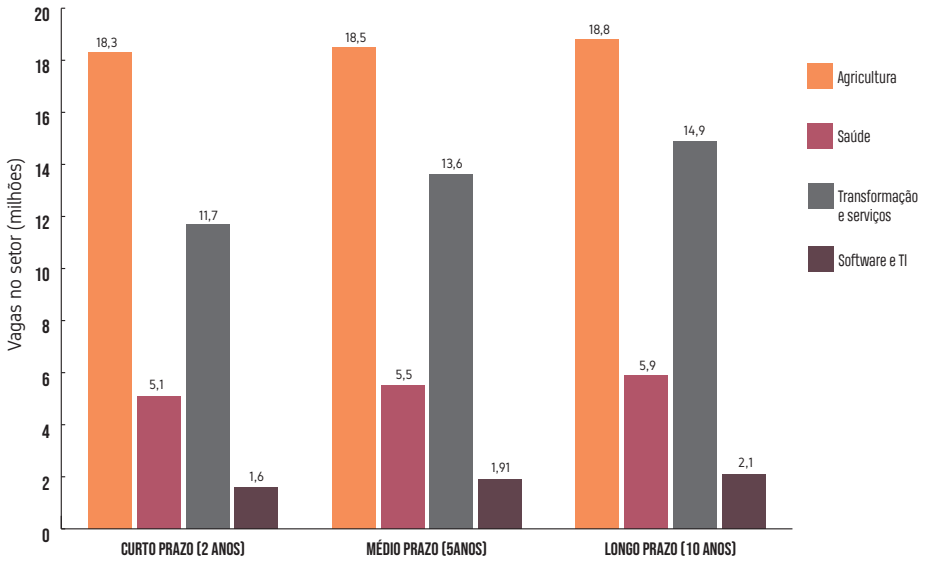



Figura 31: Comparação das previsões de empregos para os diferentes setores analisados.

*Fonte: Profissões Emergentes na Era Digital: Oportunidades e desafios na qualificação profissional para uma recuperação verde*

Vale destacar que, entre as profissões emergentes relacionadas às novas tecnologias e digitalização, estão as ocupações de nível superior, mas também as de nível técnico. Ainda assim, chama a atenção a diferença entre o número de profissionais disponíveis e a quantidade que o mercado vai demandar. Na Indústria de Transformação, estima-se que a lacuna entre profissionais especializados disponíveis e a demanda deve ser de 74% nos próximos 2 anos, 55% nos próximos 5 anos e 36% em 10 anos. Na Agricultura, o gap é ainda maior: 82% nos próximos 2 anos; 68% em 5 anos e 55% em 10 anos e, em que pese na Saúde e na área de TI seja um pouco menor, diferentemente dos dois primeiros setores nos quais a lacuna entre oferta e demanda tende a diminuir com o tempo, na área de TI ela sobre de 22% em 2 anos para 35% em 5 anos, caindo para 30% em 5 anos, já na Saúde permanece em 53% em 2 e 5 anos, subindo para 54% em 10 anos.

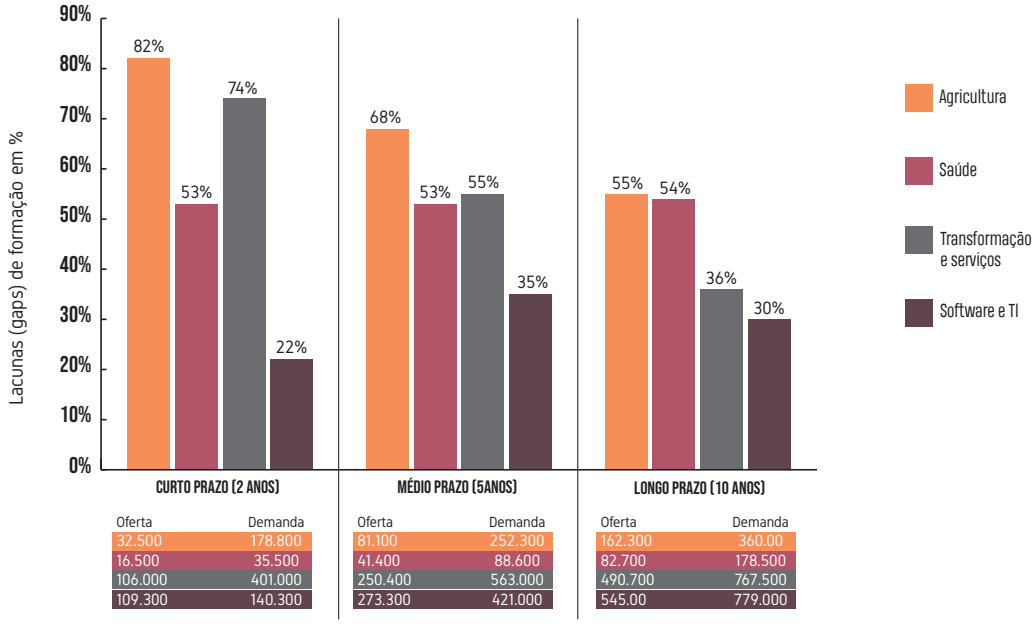


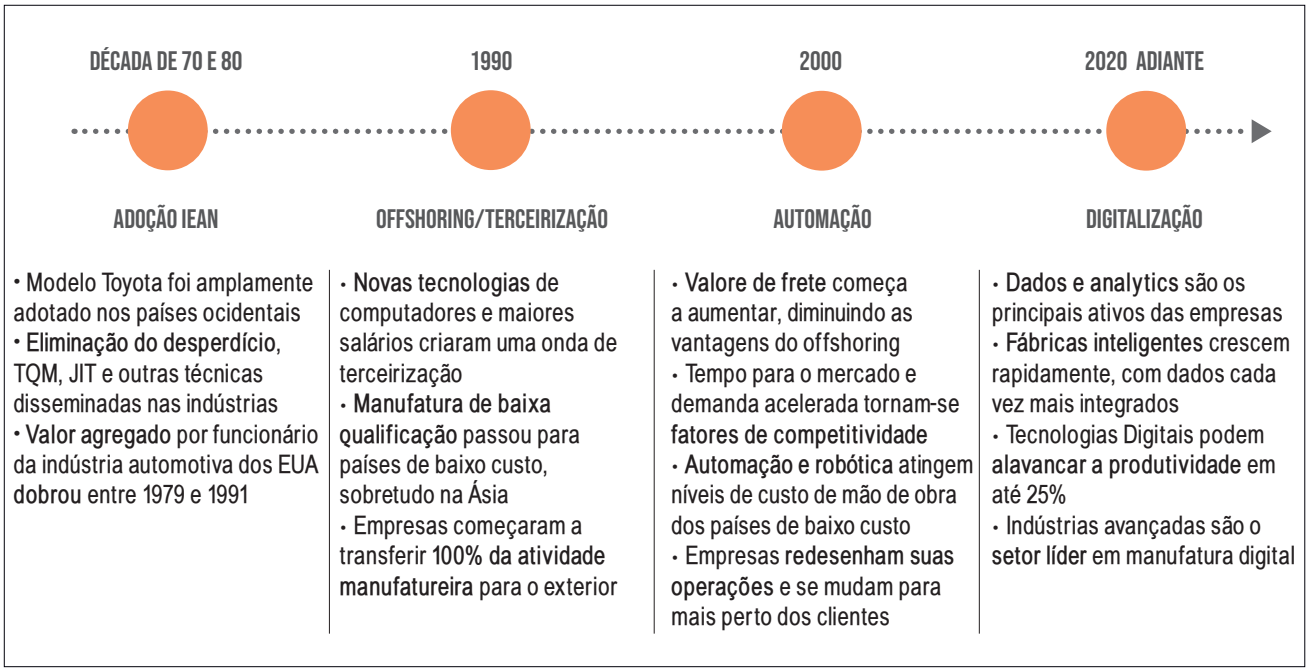

Figura 32: Comparação das lacunas de formação em três horizontes de tempo para as profissões emergentes

*Fonte: Profissões Emergentes na Era Digital: Oportunidades e desafios na qualificação profissional para uma recuperação verde*

Isso evidencia também o déficit do setor de educação em relação à Indústria 4.0, o que não significa que seja uma casualidade, mas sim uma consequência direta de uma política educacional voltada para uma localização cada vez mais periférica do país na DIT.

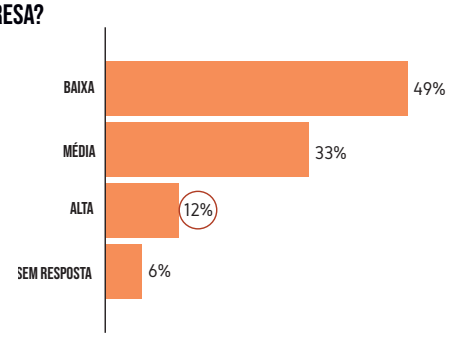
### PANORAMA DA INDÚSTRIA 4.0 NO BRASIL E AS PERSPECTIVAS DO TRABALHO ALTAMENTE ESPECIALIZADO

Classificada como integrante dos países nascentes em termos de novas tecnologias, segundo relatório do Fórum Econômico Mundial,[33] a indústria brasileira está bem distante na corrida para a quarta revolução industrial. Com uma estrutura de produção de baixa complexidade e baixo investimento em inovação, o país apresenta os menores índices de preparo entre as nações do G20.Estudo da Confederação Nacional da Indústria (CNI) aponta que, dos 24 setores industriais do Brasil, 14 estão atrasados na adoção de tecnologias digitais. Esse grupo é responsável por cerca de 40% de toda produção industrial. Ou seja, quase metade de tudo o que a indústria brasileira produz ainda não é impactada pelas tecnologias 4.0.




O país quase não tem relevância em nenhuma das áreas-chave da manufatura avançada, como Big Data, Internet das Coisas e Inteligência Artificial. De acordo com um estudo realizado pela Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (Fiesp),[34] em 2019, apenas 3% das empresas pesquisadas se consideravam "muito preparadas" para lidar com a Indústria 4.0 e 15% consideravam sua infraestrutura de TI adequada para o novo momento, sendo que 1 em cada 4 empresas nunca ouviu falar do tema.

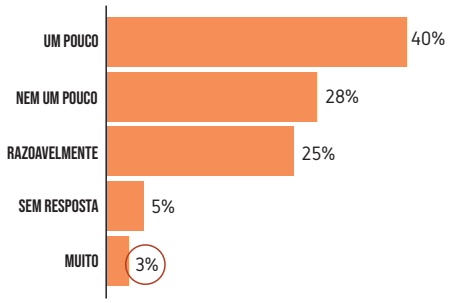
**QUAL O NÍVEL DE PRIORIDADE QUE A INDÚSTRIA 4.0 OCUPA NA ESTRATÉGIA DA EMPRESA?**



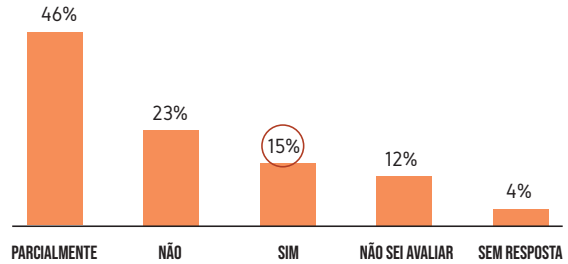

33. Disponível em: http://www3.weforum.org/docs/FOP_Readiness_Report_2018.pdf

34. Disponível em: https://www.sicongel.org.br/br/wp-content/uploads/2019/12/Sondagem-FIESP-de-Indu%CC%81stria-4_0-2-Ed.pdf

**QUÃO PREPARADA ESTÁ SUA EMPRESA PARA OS DESAFIOS DA INDÚSTRIA 4.0?**




**SUA INFRAESTRUTURA DE TI PODE SER CONSIDERADA ADEQUADA PARA SUPORTAR AS TECNOLOGIAS DA INDÚSTRIA 4.0?**

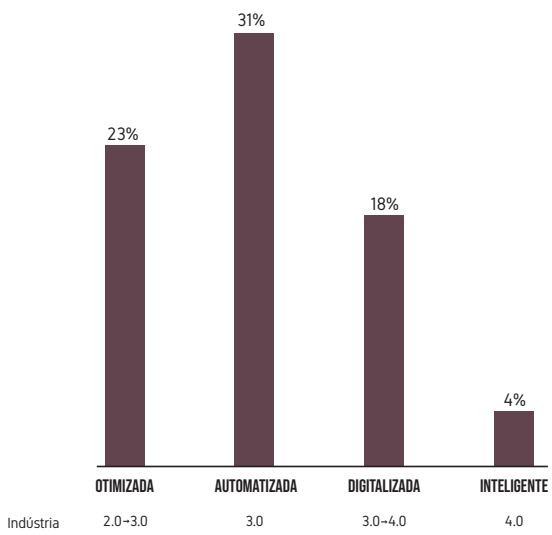



*Fonte: Fiesp*

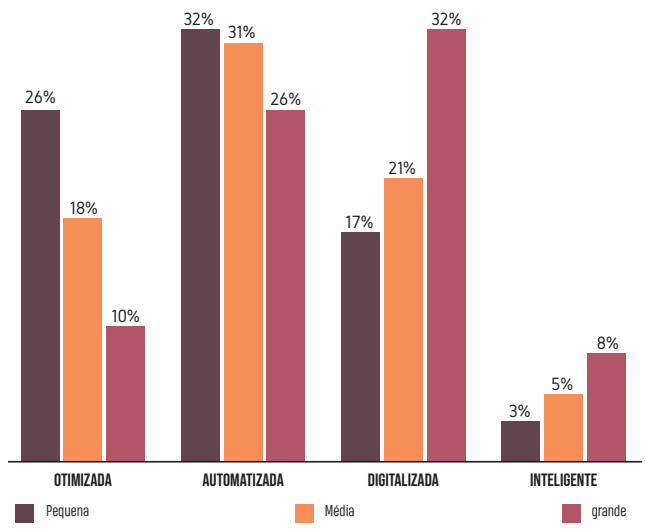
Nos últimos anos, os investimentos empresariais em inovação no Brasil registraram queda. Um estudo do Ipea, com base em dados do IBGE, apontou um recuo destes recursos de 0,58% para 0,50% do PIB entre 2014 e 2017. A sondagem da Fiesp também captou queda. Entre 2017 e 2019, caiu de 30% para 23% as empresas que estão implementando ações na indústria 4.0 e de 35% para 22% as que tem feito progresso substancial nas ações de indústria 4.0.

Em termos de complexidade da estrutura de produção, a maioria das empresas (31%) é considerada Automatizada, na classificação do Serviço Nacional da Indústria (Senai); outras 23% são classificadas como Otimizadas e estão em busca de melhoria nos processos que poderiam ser atendidos pela manufatura enxuta, isto é, em transição da indústria 2.0 para 3.0; 18% são empresas Digitalizadas, que demandam tecnologias mais sofisticadas; e apenas 4% já atingiram o patamar mais elevado da Indústria 4.0. Isso significa que praticamente metade do parque industrial brasileiro não preenche sequer os requisitos mínimos para integrar a quarta revolução industrial.

**TOTAL**




**PORTES**




*Fonte: Fiesp*

Entre as grandes empresas industriais, 73% adotam pelo menos um dos treze tipos de tecnologia digital. Contudo, as tecnologias que permitem linhas mais flexíveis, integradas e autônomas ainda são pouco utilizadas, apenas 23% utilizam *Automação digital com sensores com identificação de produtos e condições operacionais, linhas flexíveis*; 21% utilizam *Coleta, processamento e análise de grandes quantidades de dados (big data) da empresa* e 19% utilizam *Monitoramento e controle remoto da produção com sistemas do tipo MES e SCADA*, conforme mostra a tabela abaixo.

**TABELA 1 – EMPRESAS QUE UTILIZAM TECNOLOGIAS DIGITAIS**
Percentual de resposta do total de empresas respondentes (%)

| FOCO | TECNOLOGIA | UTILIZA |
|---|---|---|
| PRECESSO DE PRODUÇÃO/ GESTÃO DE NEGÓCIOS | automação digital sem sensores, uso de Controlador Lógico Programável (CLP) sem sensores | 30 |
| | Automação digital com sensores para controle do processo | 46 |
| | Automação digital com sensores com identificação de produtos e condições operacionais, linhas flexíveis | 23 |
| | Coleta, processamento e análise de grandes quantidades de dado (big data) da empresa | 21 |
| | Monitoramento e controle remoto da produção com sistemas do tipo MES e SCADA* | 19 |
| | Manufatura aditiva, robôs colaborativos (cobots) | 13 |
| | Sistemas inteligentes de gestão, como comunicação M2M (máquina-máquina), gêmeo digital (Digital Twin) e inteligência artificial (AI) | 9 |
| DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO | Sistemas integrados de engenharia para desenvolvimento e manufatura de produtos | 37 |
| | Prototipagem rápida, impressão 3D e similares | 16 |
| | Simulações/análise de modelos virtuais para projeto e comissionamento (Elementos Finitos, Fluidodinâmica Computacional, etc) | 13 |
| PRODUTO/NOVOS MODELOS DE NEGÓCIO | Coleta, processamento e análise de grandes quantidades de dado (big data) sobre o mercado; monitoramento do uso dos produtos pelos consumidores | 9 |
| | utilização de serviços em nuvem associado ao produto | 16 |
| | incorporação de serviços digitais nos produtos (Internetdas Coisas ou Product Service Systems) | 11 |

Nota: a soma dos percentuais supera 100%devido a possibilidade de múltipla respostas.

*MES - Manufacturing Execution Systems; SCADA - Supervisory Control and Data Acquisition.

*Fonte: CNI*

A dificuldade em integrar a quarta revolução industrial é reveladora do processo de desindustrialização pela qual o país vem passando e é também uma evidência de que o Brasil desceu degraus na DIT. Na indústria manufatureira concentra-se a maior parte das inovações e o maior potencial da Indústria 4.0. A Indústria de Transformação é responsável por 65,4% do investimento empresarial em pesquisa e em desenvolvimento. Uma estrutura econômica na qual as manufaturas possuem peso importante e crescente tende a provocar mais dinamismo econômico.

A participação do Brasil na produção industrial mundial caiu de 1,24%, em 2018, para 1,19% em 2019, atingindo o piso da série histórica que começou em 1990. Desde 2009, a participação brasileira se mantém em queda. Ainda assim, o Brasil conseguiu se manter entre os 10 maiores produtores no ranking mundial até 2014. Em 2019, porém, recuou para a 16ª posição. O desempenho das exportações da Indústria de Transformação brasileira no mundo também ilustra a perda de competitividade do Brasil. A participação do Brasil nas exportações mundiais da Indústria de Transformação recuou de 0,91%, em 2017, para 0,88% em 2018 e 0,82% em 2019, igualando o menor valor da série histórica, registrado em 1999.

Em relação ao mercado interno, enquanto, em 2010, a indústria representava 27,4% do total do PIB nacional, em 2020 esse percentual caiu para 20,4%. No caso da Indústria de Transformação, a redução foi de 15% para 11,3%. A indústria brasileira também perdeu participação de setores de bens de média e alta tecnologia e se tornou mais concentrada entre 2008 e 2018, com maior presença de setores de baixa tecnologia, sendo que a estrutura industrial intensificou um movimento em direção a setores produtores de bens de consumo semiduráveis ou não duráveis, típicos do início do processo de industrialização.

Entre 2008 e 2018, os fabricantes de bens tradicionais, como alimentos e bebidas, que são menos complexos e menos intensivos em inovações, ampliaram sua fatia de 25,6% para 35%. Bens intermediários, como madeira e produtos de minerais não-metálicos, perderam participação, de 49,3% para 44,4%. Já a participação no PIB industrial dos setores produtores de bens de capital e de consumo duráveis, como itens de informática e veículos, caiu de 23,8% para 18,7%, sendo que o setor veículos automotores viu sua presença despencar de 10,84% para 7,4%.

Não se trata apenas de concentração. Na Alemanha e na Coreia do Sul, por exemplo, as estruturas

produtivas são menos diversificadas, mas os setores produtores de bens de capital e de bens duráveis representam mais da metade do valor adicionado da Indústria de Transformação. Na Alemanha, os setores de mais importância na estrutura industrial são: *Veículos automotores; Máquinas e equipamentos; Produtos de metal*; e *Químicos*, que juntos responderam por 52% do valor adicionado da Indústria de transformação. O mesmo ocorre na Coreia do Sul, onde os maiores setores em ordem de valor adicionado são: I*nformática, produtos eletrônicos e ópticos; Máquinas e equipamentos; Veículos automotores;* e *Químicos*, que juntos responderam por 51% da Indústria de transformação sul-coreana.

**TABELA 2 - PARTICIPAÇÃO (%) NO VALOR ADICIONADO (PREÇOS CORRENTES) DA INDÚSTRIA DE TRANSFORMAÇÃO E VARIAÇÃO ENTRE OS BIÊNIOS 2007/18**

| | | 2007/08 | | 2017/18 | | VARIAÇÃO | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CÓDIGO ISIC/CNAE* | SETOR | PART..(%) | RANKING | PART. (%) | RANKING | PONTOS PERCENTUAIS | RANKING |
| TRADICIONAIS (BENS DE CONSUMO NÃO-DURÁVEIS E SEMIDURÁVEIS) | | 25,56 | - | 35,4 | - | 9,48 | - |
| 10 | alimentos | 10,29 | 3º | 17,97 | 1º | 7,68 | 1º |
| 11 | bebidas | 3,02 | 11º | 3,37 | 10º | 0,35 | 9º |
| 12 | fumo | 0,69 | 23º | 0,48 | 23º | -0,21 | 14º |
| 13 | produtos têxteis | 2,02 | 17º | 1,94 | 17º | -0,08 | 11º |
| 14 | vestuário e acessórios | 2,18 | 16º | 2,65 | 15º | 0,47 | 7º |
| 15 | couros e calçados | 1,64 | 19º | 1,89 | 18º | 0,25 | 10º |
| 18 | impressão e reprodução | 1,03 | 22º | 0,85 | 22º | -0,18 | 13º |
| 21 | farmoquímicos e farmacêuticos | 2,48 | 14º | 3,13 | 12º | 0,65 | 4º |
| 31+32 | móveis e produtos diversos | 2,22 | 15º | 2,77 | 13º | 0,55 | 5º |
| BENS INTERMEDIÁRIOS | | 49,28 | - | 44,42 | - | -4,86 | - |
| 16 | madeira | 1,53 | 20º | 1,41 | 21º | -0,12 | 12º |
| 17 | celulose e papel | 3,65 | 8º | 4,62 | 7º | 0,97 | 3º |
| 19 | coque, derivados do petróleo e biocombustíveis | 14,61 | 1º | 11,98 | 2º | -2,63 | 21º |
| 20 | químicos | 7,7 | 5º | 8,75 | 3º | 1,05 | 2º |
| 22 | produtos de borracha e de material plástico | 3,56 | 9º | 3,97 | 8º | 0,41 | 8º |
| 23 | minerais não metálicos | 3,5 | 10º | 3,19 | 11º | -0,31 | 16º |
| 24 | metalurgia | 9,96 | 4º | 6,67 | 5º | -3,29 | 22º |
| 25 | produtos de metal | 4,76 | 7º | 3,84 | 9º | -0,92 | 20º |
| BENS DE CONSUMO DURÁVEIS E BENS CAPITAL | | 23,84 | - | 18,67 | - | -5,17 | - |
| 26 | equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos | 2,65 | 13º | 2,27 | 16º | -0,38 | 17º |
| 27 | máquinas, aparelhos e materiais elétricos | 3,02 | 11º | 2,72 | 14º | -0,3 | 15º |
| 28 | máquinas e equipamentos | 5,43 | 6º | 4,8 | 6º | -0,63 | 19º |
| 29 | veículos automotores | 10,84 | 2º | 7,4 | 4º | -3,44 | 23º |
| 30 | outros equipamentos de transporte | 1,89 | 18º | 1,48 | 20º | -0,41 | 18º |
| NÃO CLASSIFICADO | | 1,32 | - | 1,87 | | 0,55 | |
| 33 | manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos | 1,32 | 21º | 1,87 | 19º | 0,55 | 6º |

Nota: As participações foram calculadas a partir de valores médios nos períodos 2007-2008 e 2017-2018.

*Baseado na ISC Revisão 4 e na CNAE2.0

*Fonte: Elaborado pela CNI, com base em dados da Pesquisa Industrial Anual - PIA do IBGE*

A questão que está colocada é: qual relação desse processo de desindustrialização, e, em especial, a perda da participação da Industria de Transformação na produção industrial com a dinâmica do emprego altamente especializado? Tudo. Esses setores são exatamente aqueles que possuem bens mais sofisticados, com alto valor agregado, que contratam profissionais mais qualificados e que pagam os melhores salários, em geral acima da média nacional. Em 2019, por exemplo, o salário de um profissional com nível superior na Indústria de Transformação foi quase 30% maior que a média nacional.

São também setores que costumam elevar a capacidade tecnológica do país por serem mais intensivos em pesquisa e estimularem o desenvolvimento de novos produtos, criando novos mercados e gerando mais crescimento. Por isso o impacto da perda de participação desses setores na indústria para o mercado de trabalho em geral e, em especial para os trabalhadores altamente especializado, é grande.

### TRANSFORMAÇÕES NA RELAÇÃO ENTRE EMPREGO E EDUCAÇÃO

A literatura sugere que cada ano adicional de escolaridade formal está associado a um aumento de 8-13% nos ganhos por hora. Contudo, as atuais mudanças tecnológicas apontam para uma mudança nos retornos da educação para os trabalhadores qualificados. Entre 1982 e 2001, os salários médios obtidos pelos trabalhadores americanos com diploma de bacharel aumentaram em 31%, enquanto os salários dos trabalhadores com ensino médio não mudaram. Nos 12 anos seguintes, porém, os salários dos trabalhadores com ensino superior caíram mais do que os de seus pares com grau de escolaridade menor.

Esse novo padrão sugere que estamos diante de uma situação em que ainda se tem um estoque de tarefas que exigem um certo nível de qualificação, mas não um fluxo de novas tarefas. A demanda por trabalho que exige habilidades abstratas, que aumentou à medida que a infraestrutura básica da era da TI (computadores, servidores, estações de base e cabos de fibra ótica) estava sendo construída, tende a diminuir com tal tecnologia estabelecida. Desde 2000, a parcela de empregos representada por ocupações altamente especializadas vem caindo nos Estados Unidos. Como resultado, os trabalhadores com formação universitária estão assumindo empregos que são cognitivamente menos exigentes, deslocando para baixo os trabalhadores com grau de instrução menor.

Isso significa que as novas tecnologias avançadas estão atingindo o conjunto dos empregos e não apenas os mais imediatamente sujeitos à padronização rotineira e à automação direta, sendo que trabalhadores qualificados e não qualificados estão sendo atingidos de formas diferentes. Ainda que aqueles com nível de escolaridade maior sigam mais propensos a encontrar emprego, isso não significa que esse seja compatível com seu nível de qualificação. Por outro lado, a competição, inclusive com aqueles com maior escolaridade, faz com que os indivíduos com baixa formação formal sejam empurrados para a informalidade ou para a falta de emprego, compondo o exército industrial de reserva.

É o que estamos vendo no Brasil, onde 40% dos jovens com ensino superior não têm emprego compatível com seu grau de qualificação. São 525 mil trabalhadores, entre 22 e 25 anos, considerados sobre-educados, ou seja, trabalhadores com diploma de curso superior exercendo ocupações que não exigem tal qualificação.

Vale destacar que a proporção de trabalhadores com ensino superior que atuam em cargos de nível médio ou fundamental vem crescendo de modo geral, mas, principalmente, entre homens negros e mulheres negras. Entre 2015 e 2020, o percentual de trabalhadores sobre-educados passou de 27,1% para 31% no total (aumento de 14,3%). Mas enquanto entre homens brancos o crescimento foi de 8,8%, entre as mulheres brancas foi de 11,6%, entre os homens negros de 12,8% e entre as mulheres negras 21,6%. Isso significa quase 38% dos homens negros e mais de 33% das mulheres negras com diploma de ensino superior trabalhando em funções que não exigem tal nível de qualificação, conforme podemos observar na tabela abaixo.

**TABELA 1 ESTATÍSTICAS SOBRE OCUPADOS COM ENSINO SUPERIOR POR GRUPOS DE GÊNERO E COR DE PELE**

| | INDIVÍDUOS COM ENSINO SUPERIOR OCUPADOS | | TRABALHADORES COM ENSINO SUPERIOR OCUPADOS EM CARGOS DE NÍVEL MÉDIO OU FUNDAMENTAL | | PERCENTUAL DE TRABALHADORES COM ENSINO SUPERIOR OCUPADOS EM CARGOS DE NÍVEL MÉDIO OU FUNDAMENTAL | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| | 2015.1 | 2020.1 | 2015.1 | 2020.1 | 2015.1 | 2020.1 |
| HOMEM BRANCO | 4.563,600 | 5449033 | 1239583 | 1611576 | 27,2% | 29,6% |
| HOMEM NEGRO | 1759988 | 2779886 | 591077 | 1053075 | 33,6% | 37,9% |
| MULHER BRANCA | 5650845 | 6890675 | 1407861 | 1913665 | 24,9% | 27,8% |
| MULHER NEGRA | 2578959 | 4043179 | 704546 | 1344315 | 27,3% | 33,2% |
| TOTAL | 14553392 | 19122352 | 3943067 | 5922631 | 27,1% | 31,0% |

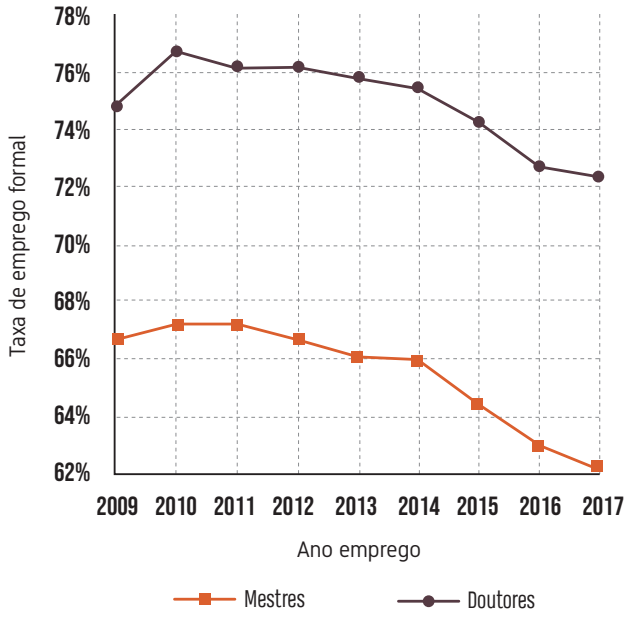
*Fonte: PNDA Continua. Elaboração IDados.*

Vejamos a situação para os trabalhadores altamente especializados. Levantamento da CNI com dados do Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, mostra que o Brasil tem cerca de 7,6 doutores para cada 100 mil habitantes, número bem inferior

ao de países desenvolvidos. Na Inglaterra, são 41 a cada 100 mil. Na Alemanha 34,4 e, na Itália, 17,5. Mas, apesar de ainda serem poucos se comparados com outros países mais desenvolvidos, os doutores enfrentam altas taxas de desemprego no Brasil. De acordo com o mesmo levantamento, enquanto a taxa de desocupação global para mestres e doutores gira em torno de 2%, no Brasil, a média para os doutores é de 25%. Entre os mestres, a situação é ainda pior: 35% não conseguem emprego.

Entre 2009 e 2017, as taxas de emprego formal de mestres e de doutores diminuíram de 67% para 62% e de 75% para 72%, respectivamente. As taxas de emprego formal dos doutores foram cerca de 10% superiores às dos mestres nesse período. Parte dessa diferença pode ser explicada pelo fato de uma proporção dos mestres continuar seus estudos em cursos de doutorado, adiando, com isso, a entrada no mercado de trabalho formal. Entre os anos de 2009-2017, a taxa de emprego formal dos doutores foi maior em 2010 (76,7%), caindo no período seguinte até alcançar 72,3% em 2017. A taxa de emprego dos mestres foi maior em 2011 (67,2%) e também caiu ao longo do tempo, atingindo 62,2%, em 2017.

**MESTRES E DOUTORES: TAXAS DE EMPREGO FORMAL, 2009 - 2017**




*Fontes: Coleta CAPES 1996-2012 e plataforma Sucupira 2013-2017. (CAPES, MEC) e RAIS 2009-2017 (MTE). Elaboração CGEE. Tabelas M. EMP.01 e D. EMP.01*

A distribuição do emprego formal de doutores e mestres pelas diferentes atividades econômicas evidencia o abismo entre a formação de profissionais altamente especializados e a sua absorção pelo mercado. O percentual de doutores e mestres empregados na indústria, por exemplo, é irrisória. Segundo dados da RAIS, dos 520.841 trabalhadores com título de doutor ou mestre empregados no mercado formal em 2019, apenas 17.251 (3,3%) estavam empregados na indústria. Para se ter uma ideia, nos Estados Unidos, a proporção de doutores na indústria chega a 40%.

A Indústria Extrativa Mineral responde por 0,2% do emprego de doutores e 0,5% do emprego de mestres, já a Indústria de Transformação emprega um pouquinho mais: 1,8% dos doutores e 3,0% dos mestres. Contudo, a participação da Indústria de Transformação no emprego de mestres e doutores vem caindo. Em 2010, o setor respondia por 4,5% do emprego formal de trabalhadores com qualificação de mestre e doutor, em 2019, esse percentual foi 2,7%. É provável que essa queda seja expressão do aumento da oferta de trabalhadores altamente qualificados. Em 2019, o Brasil formou 68.877 mestres e 24.280 doutores, ultrapassando a meta do II Plano Nacional de Educação (PNE) de formar 60 mil mestres por ano até 2020 e quase batendo a meta de formar 25 mil doutores/ano.

Interessante notar o percentual de 4,2% de mestres e doutores nas empresas estatais. É um consenso que empresas mais inovadoras demandam mais mão de obra altamente especializada. Embora não se tenha dados muito atualizados, a edição complementar da Pesquisa de Inovação Tecnológica (Pintec) de 2008, realizada pelo IBGE, dá uma pista importante nesse sentido. De acordo com o levantamento denominado Pesquisa de Inovação das Empresas Estatais Federais,[35] as empresas estatais são comparativamente mais inovadoras: 68,1% das empresas estatais federais participantes da pesquisa introduziram inovação de produto ou de processos entre 2005 e 2008, ao passo que a taxa de introdução de inovação das outras empresas pesquisadas foi de 38,6%. Considerando inovações de produto e de processos novos no mercado mundial, mais relevantes para demonstrar a capacitação tecnológica e inovativa, as proporções foram de 6,9% e 9,7%, respectivamente, para inovação de produto e de processos em estatais federais, enquanto, para as outras empresas, foram de 0,3% e 0,1%. Em termos de recursos humanos, enquanto o percentual de pós-graduados

35. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv49186.pdf

nas empresas da Pintec sem as estatais federais foi de 12%, nas estatais federais foi de 27,5%.

O segmento de Educação é o que mais emprega doutores (59,7) e mestres (41,7%). Em segundo lugar, vem a Administração Pública, Defesa e Seguridade Social empregando 25,5% dos doutores e 37,8% dos mestres. Juntos, esses dois setores respondem por 85,2% do emprego formal de doutores e de 79,9% do emprego de mestres no país. Vale destacar que o serviço público é o que mais absorve trabalhadores altamente qualificados. Pouco mais de 1 em cada 4 mestres e menos de 1 em cada 5 doutores são empregados em empresas privadas. Além disso, ao contrário do que se poderia imaginar, é relevante notar que as remunerações do segmento de Educação e Administração Pública são ligeiramente inferiores às médias das remunerações dos totais de mestres e de doutores empregados.

O fato de que a maioria dos profissionais altamente especializados estejam localizados no serviço público, especialmente na educação pública, põe em relevo duas questões. A primeira é o pouco interesse da iniciativa privada brasileira em assumir os custos de inovação e promovê-la.

Dados do *EU industrial R&D investment scoreboard*, relativos às 2.500 empresas que mais investem em P&D[1] no mundo, mostram que, enquanto as empresas norte-americanas e europeias tiveram uma participação, respectivamente, de 38% e 25% P&D mundial em 2019, a participação das empresas brasileiras foi de apenas 0,12%, e com uma tendência declinante, pois, em 2016, esta havia sido de apenas 0,22%. Essa redução se deu tanto por conta da diminuição dos investimentos das empresas brasileiras em P&D como pelo aumento dos investimentos em pesquisa por parte das principais empresas do mundo.

Em termos da relação entre investimento privado e público em P&D, segundo a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), o setor privado lidera os investimentos em P&D no mundo, sendo que, em 2017, os Estados Unidos investiram US$ 548 bilhões em P&D, sendo 62,5% realizado por empresas privadas e 23,1%, pelo setor público. Na Europa, a participação do setor público em relação ao privado é mais ou menos semelhante. Já na China, dos US$ 483,7 bilhões investidos em P&D em 2017, 78,9% vieram do setor privado e 20,4%, do setor público. Não há informações para o Brasil publicadas pela OCDE, mas as informações da Pintec/IBGE indicam que os investimentos empresariais em P&D naquele ano foram de US$ 8,32 bilhões, sendo aproximadamente 33,8% advindos da iniciativa privada e 66,2% do setor público.

Ao mesmo tempo, temos um forte protagonismo das universidades públicas em P&D, sinais evidentes tanto da excelência científica dessas instituições e de seus pesquisadores como da sua importância no desenvolvimento tecnológico. Um recorte com base nos dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), consolidados entre 2014 e 2019, revela que, dos 25 maiores depositantes de patentes residentes no país,, 19 são universidades públicas.

A UFMG lidera o ranking, seguida de perto pelas duas principais instituições paulistas de ensino superior: a Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) e a Universidade de São Paulo (USP). A lista de depositantes residentes abrange todos aqueles que possuem sede no país, portanto, estão incluídas empresas multinacionais que possuem unidades em solo brasileiro. Mas nenhuma delas, contudo, ocupa as primeiras posições. No grupo dos 5 primeiros depositantes de patentes residentes no Brasil, estão ainda a Universidade Federal da Paraíba (UFPB) e a Petrobrás. Não por coincidência, uma estatal.

O setor privado começa a aparecer na lista apenas a partir da sétima posição, com a Whirlpool, do ramo de eletrodomésticos. Apenas mais três empresas aparecem entre as 25 maiores depositantes de patentes no Brasil entre 2014 e 2019: CNH Industrial, Bosch e Vale. Há também duas entidades privadas sem fins lucrativos: o Instituto de Tecnologia e Pesquisa (ITP) e o Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações (CPqD). Ampliando o levantamento para os 40 primeiros, figuram outras empresas como Natura, Randon e Embraer. A patente é um indicador da excelência científica. De um lado, comprova a capacidade de produzir conhecimento original e inovador e, de outro, a competência para protegê-lo.

Vale destacar que, apesar de o Brasil ter subido 4 posições na última edição do Índice de Inovação Global, ele aparece apenas no 62º lugar entre 131 economias. O país é superado por todas as nações do Brics, bloco formado por economias emergente que inclui Rússia, Índia, China e África do Sul, além do Brasil. A mudança não ocorreu, porém, porque o Brasil melhorou, mas porque outros países tiveram desempenho pior. Além disso, o país ainda está 15 posições atrás da 47ª colocação que ocupava em 2011.

Contudo, o país ocupa o 28º lugar no ranking de qualidade de seus pesquisadores e é o 24º na produ-

36. Pesquisa e Desenvolvimento.

ção de artigos e pesquisas citáveis, o que indica um potencial científico, de acordo com o relatório que foi publicado em setembro de 2020 pela Organização Mundial da Propriedade Intelectual (OMPI), entidade vinculada à Organização das Nações Unidas (ONU). O Brasil destina cerca de 1,15% do PIB em P&D, menos que a média mundial, que é de 1,79%. Além disso, o total aplicado em ciência diminuiu quase 16% entre 2014 e 2018, com queda de 50% no orçamento do Ministério de Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTI).

Se, por um lado, tudo isso demonstra o papel das universidades públicas no desenvolvimento brasileiro, por outro, evidencia a necessidade de um projeto de educação conectado com um projeto de país voltado aos interesses da classe trabalhadora e da maioria da população. A dinâmica do país aponta numa perspectiva regressiva. A política do atual governo Bolsonaro vem acelerando o processo, sendo que a localização do Brasil na nova divisão internacional do trabalho, de exportador de matéria-prima, aponta para tendências nada animadoras para os trabalhadores em geral, mas também para os profissionais altamente especializados.

Nosso atraso em relação à quarta revolução industrial é um forte indício nesse sentido. A indústria não vai desaparecer, ainda seguirá subsistindo e é provável ainda que vejamos um avanço no processo de automação e digitalização de parte do parque industrial, em especial na agroindústria, mas isso não significará uma mudança de patamar qualitativa.

Ao contrário, tanto a reversão da tendência negativa para os profissionais altamente especializados como o futuro do ensino superior no Brasil estão condicionados à capacidade da academia e da elite profissional (em termos de qualificação) saber se vincular aos processos de luta da classe operária, que seja capaz de derrotar o governo Bolsonaro e a burguesia em conjunto e implementar um projeto e um programa socialista e revolucionário, único caminho verdadeiramente capaz de modificar os rumos do país.