

**PERSPECTIVAS PARA O MERCADO DE TRABALHO NA INDÚSTRIA 4.0:
NOTAS SOBRE O CASO BRASILEIRO**Pedro Vianna Durante¹
Leandro Pereira Morais²

RESUMO: Durante o decorrer da última década, a tecnologia vem avançando de maneira abrangente e inovadora, principalmente no campo da digitalização, transformando de maneira disruptiva o sistema produtivo global, com destaque para a maneira conjunta e integrativa que estas vêm sendo implementadas. Tais mudanças, ainda que recentes, já dão sinais de profundos efeitos sobre o emprego. Nesse sentido, torna-se de grande relevância e pertinência refletir sobre os impactos no mercado de trabalho e na geração e destruição de empregos; tema este que ganha crescente curiosidade, sejam nas universidades, em institutos de pesquisa, nas agências multilaterais, em consultorias especializadas, em organismos públicos etc. Nesta perspectiva, o objetivo do presente trabalho é refletir sobre alguns potenciais impactos da indústria 4.0 no mercado de trabalho, com destaque para a análise do caso brasileiro, de 2008 a 2018. Metodologicamente, a revisão bibliográfica permitiu selecionar um conjunto de ocupações que podem ser afetadas positivamente com a emergência da indústria 4.0, para, a seguir, avaliar o comportamento dessas ocupações no Brasil via dados da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS), para o estudo do caso brasileiro. Nota-se que o percentual de ocupações potencialmente demandadas pela indústria 4.0 e às associadas à P&D vis-à-vis ao total das ocupações, ainda é bastante reduzido no mercado de trabalho brasileiro, além de pouco ter crescido ao longo da década estudada, dando sinais que o país não está preparado, em termos de capital humano, para participar dessa nova onda inovativa.

Palavras – chave: Indústria 4.0; Tecnologia; Ocupações; Emprego; Transformação e Reorganização.

Introdução

No decorrer da última década, a digitalização vem avançando de maneira abrangente e inovadora, com destaque para as novas formas de interação e fusão entre as diferentes tecnologias desse conjunto. O uso da internet se dá em de diversas maneiras, principalmente como plataformas de intercâmbio de informação chamado de *IoT (Internet of Things)*.

¹ Universidade Estadual Paulista (Unesp), Araraquara – SP – Brasil. Bacharel e Mestre em Ciências Econômicas. pedrovianna16@hotmail.com.

² Universidade Estadual Paulista (Unesp), Araraquara – SP – Brasil. Professor Doutor e pesquisador do Departamento de Ciências Econômicas. Membro da força tarefa de Economia Social das Nações Unidas. Prof. Membro do NEPESC (Núcleo de Extensão e Pesquisa em Economia Solidária, Criativa e Cidadania/UNESP). leandro.morais@unesp.br.

Nesse contexto de intensificação inovativa, foi criado o conceito de Indústria 4.0, sendo esta uma das “soluções” que englobam, para alguns³, a 4ª Revolução Industrial. Assim, além das tecnologias que caracterizam a Indústria 4.0 (sistemas ciber-físicos (CPS), internet das coisas (IoT), *smart factories*, manufatura aditiva etc.) - que serão discutidas adiante -, a 4ª Revolução engloba a bio e nanotecnologia (UNIDO, 2019). Essa nova fase da indústria é marcada por algumas principais tecnologias, incluindo, a já mencionada, *IoT*, robótica avançada, computação em nuvem, inteligência artificial, *big data*, novos materiais, manufaturas híbridas e as novas tecnologias de manufaturas aditivas (CNI, 2016). Assim, essas tecnologias se expandem e são marcadas pela flexibilidade do processo de fabricação de forma integrada e, futuramente, autônoma e pela maior integração entre os elos da cadeia produtiva, o que irá impactar o setor industrial muito além do aumento da produtividade.

Os impactos no mercado de trabalho e na geração de empregos estão sendo estudados e analisados por diversos setores, tanto dentro das universidades e academias, como pelas indústrias e consultorias especializadas. Assim, esse elemento será o foco de discussão deste presente trabalho, mostrando autores que sustentam uma visão “positiva”, afirmando que a interação entre as novas tecnologias e os postos de trabalho criará empregos e que, as mudanças tecnológicas gerarão postos de trabalho adicionais através da demanda por novas tecnologias e alta competitividade (ARNTZ; GREGORY; ZIERAHN, 2016). E, por outro lado, autores que têm uma visão “negativa”, alertando para a destruição de várias profissões e falta de capacidade dessa nova organização da produção de absorver esses trabalhadores, mostrando que há razões para se esperar que os efeitos líquidos serão ainda mais assimétricos (FREY; OSBORNE, 2013).

Nesta perspectiva, este trabalho está organizado em três partes, além desta Introdução. A primeira apresentará alguns conceitos e tecnologias que caracterizam a Indústria 4.0. A segunda terá como intuito realizar uma revisão bibliográfica acerca de estudos sobre o tema e seus impactos no mercado de trabalho, a partir de diferentes visões entre os autores que se debruçaram nesta discussão. A terceira parte pretenderá analisar a evolução das ocupações com tendência de crescimento

³ Existe uma ampla discussão na literatura sobre a caracterização desse movimento como uma nova Revolução Industrial ou apenas uma continuidade do paradigma que já estamos a partir da ampliação das capacidades e funcionalidades destas novas tecnologias, porém não será discutido aqui devido ao escopo do trabalho.

no contexto da Indústria 4.0, selecionadas a partir da literatura especializada, e às atividades de P&D no Brasil entre 2008 e 2018 via dados coletados na Relação Anual de Informações Sociais (RAIS). Na sequência, as considerações finais e as referências bibliográficas.

Breves considerações sobre a Indústria 4.0

No decorrer do século XXI, ocorreram, em âmbito mundial, grandes avanços no que diz respeito à inserção e ao uso da alta tecnologia em diversas frentes e setores. A digitalização se expandiu e ganhou novos horizontes de aplicação, tanto para a vida cotidiana dos indivíduos, como para os processos produtivos e comerciais das empresas. As TICs (tecnologias de informação e comunicação) têm modificado de maneira paradigmática o desenvolvimento das cadeias de produção e de agregação de valor, com um grande potencial disruptivo.

Devido a magnitude das transformações no âmbito produtivo que estão acontecendo e que, potencialmente, irão acontecer é que a denominamos “Indústria 4.0”. Esse termo, Indústria 4.0, refere-se a uma gama diversa de novas tecnologias que vem sendo introduzidas no meio industrial. O uso da internet ligada a redes globais de captação e troca de dados são umas das principais bases que tornaram possível essas novas associações.

Dessa maneira, a Indústria 4.0 é caracterizada pela integração e controle da produção com o uso de dados em tempo real que são captados por sensores que interligam a atividade industrial com o mundo virtual, criando verdadeiros sistemas de gerenciamento e captação de informações que dinamizam e tornam o processo produtivo mais eficiente (CNI, 2016). Além do que, tornam possível um mundo em que sistemas produtivos, virtuais e físicos, cooperam entre si em escala global, possibilitando a customização de produtos e a criação de novos modelos operacionais (SCHWAB, 2016).

As tecnologias digitais como softwares e a própria internet não são novas tecnologias que caracterizam unicamente a nova revolução, mas sim a maneira como se sofisticaram e que estão sendo integradas na produção. Dentre essas novas tecnologias que formam a base da Indústria 4.0, chamadas habilitadoras, podem-se destacar sinteticamente (CNI, 2016):

- a) Internet das coisas (*IoT*): termo utilizado para referir-se à utilização da internet como plataforma de informação e comunicação entre o mundo real e diversos aparelhos eletrônicos;
- b) *Big data*: um enorme conjunto de diversos tipos de dados gerados constantemente que permite acesso a informações em grande velocidade;
- c) Computação em nuvem: refere-se ao armazenamento de dados em redes online flexíveis e de baixo custo;
- d) Inteligência Artificial: confere as máquinas a capacidade de aprender, fazer tarefas e raciocinar, se assemelhando a mente humana, tendo uma vasta gama de aplicações
- e) Novos materiais: utilização e criação de novos materiais mais leves, resistentes etc. na fabricação de bens
- f) Manufatura aditiva: produção a partir, por exemplo, de impressoras 3D de partes e componentes específicos e customizados
- g) Robótica avançada: utilização de robôs mais modernos e habilidosos que performam atividades codificáveis cada vez mais complexas, ampliando seu grau de automatização.

As aplicações de tais inovações nas cadeias produtivas dinamizarão e flexibilizarão todo o processo de fabricação, distribuição, gerenciamento e vendas da nova indústria. A conexão do *IoT* com as plataformas de dados torna possível a troca de informação em tempo real entre setores como compra e venda de mercadorias e estoques, fazendo com que atividades de logística e gerenciamento tenham seus custos reduzidos e otimizados. Tais processos englobam a cadeia produtiva desde a matéria prima, até a produção, a distribuição e a comercialização.

Essa conexão do mundo real e virtual, em tempo real, via *IoT*, combinado as demais novas tecnologias, essencialmente a inteligência artificial, formam os sistemas ciber-físicos que caracterizam a Indústria 4.0 (ANDREONI, 2019). A partir desse fluxo contínuo de informações e da combinação de tecnologias é possível a otimização do uso do chão de fábrica, reduzindo custos como energia, estoque e planejamento.

Adicionalmente, a análise de dados permite que todo o sistema produtivo seja mais integrado, facilitando a identificação de falhas ou processos que ainda podem ser melhores. Além destas aplicações diretas na produção da manufatura, o

tratamento de dados torna possível a aproximação com clientes, sistematizando características do perfil de consumo, gerando feedbacks em tempo real que podem facilitar a melhoria do produto, e atendimento pós-venda, o que gera uma maior integração entre os elos da cadeia produtiva e de comercialização.

Além do que, a fusão da inteligência artificial com as novas capacidades de processamento e captação de informações irá proporcionar capacidade cognitiva das máquinas, conhecido como *machine learning*, estimulando processos automatizados e empregando a tecnologia mais rapidamente. A flexibilização também proporciona a possibilidade de customização em massa (CNI, 2016), possibilitando modificação de manufaturas de acordo com as preferências dos diferentes consumidores, sem afetar negativamente o sistema de produção.

Nesta perspectiva, entende-se que tal onda inovativa trará impactos acentuados e permanentes nos padrões de produção, comercialização, gestão e sociabilidade. Dessa maneira, estudiosos desse fenômeno chamam de “segunda era das máquinas”, baseado na automação de tarefas cognitivas, diferente da “primeira era das máquinas” na qual a automação tomava lugar de tarefas físicas e manuais por meio da mecanização (ILO, 2017).

Além dos impactos no setor manufatureiro, outros estudos, como do Instituto McKinsey (BUGHIN *et al.*, 2017), apontam para a grande transformação que potencialmente ocorrerá no setor de serviços. Atividades intensivas em trabalho, características do setor de serviços, como processamento de vendas e transações, serviços alimentícios, coleta e processamento de dados, setor de saúde, entre outros, são alguns dos exemplos que podem ter grande parte dos seus processos automatizados (BUGHIN *et al.*, 2017).

Além disso, durante todos os anos 2000, podemos observar um grande avanço no chamado processamento de línguas e assistência inteligente, como a Siri, software de assistência pessoal dos celulares Iphone da empresa Apple e o Google Translate, sistema de tradução automático da empresa Google (ILO, 2017). No entanto, ainda há atividades relacionadas à dimensão social e emocional, juntamente com atividades cognitivas não rotineiras que essas novas tecnologias ainda não estão prontas para realizar (ARNTZ; GREGORY; ZIERAHN, 2016).

Devido a essas características mencionadas do novo processo de transformação tecnológica, a demanda por trabalho também se transformará, no sentido de aumentar a procura por dois tipos de ocupações: i) as relacionadas ao

uso de tecnologia, principalmente, cientistas, analista de dados, especialistas em mídias sociais, e-commerce e desenvolvedores de software e de ocupações relacionadas a tecnologias como blockchain e robótica e ii) ocupações relacionadas diretamente com interação pessoal e cultural, como customizador de serviços, profissional de venda e marketing, treinamento, entre outras (LEOPOLD; RATCHEVA; ZAHIDI, 2018).

De acordo com ILO (2017), as atividades que definem quase todas as ocupações podem ser divididas em cinco conjuntos, sendo eles, atividades manuais, percepção sensorial, capacidade cognitiva, processamento de linguagem e capacidades emocionais e sociais. Os computadores de alta tecnologia já desempenham eficientemente as três primeiras e já contam com um processo avançado relacionado ao quarto tipo de atividades. Nesse sentido, acredita-se relevante e pertinente entender melhor os potenciais impactos que esta nova onda tecnológica trará (e já vem trazendo) ao mercado de trabalho; tema este que será tratado no próximo tópico.

Transformações tecnológicas e impactos no mercado de trabalho: alguns elementos para a reflexão

Com o avanço das novas tecnologias relacionadas à Indústria 4.0, tem se discutido muito a respeito dos seus efeitos no mercado de trabalho, como consequentes impactos da automação e da digitalização da cadeia produtiva como um todo e, também, do setor de serviços. Com esse avanço e sua incorporação gradual nos diversos setores, muitos estudos somam esforços para analisar até que ponto tais tecnologias irão destruir e/ou criar postos de trabalho tradicionais. Entretanto, tais estudos têm chegado a resultados diferentes sobre o tema. Nesse sentido, sugere-se a necessária ampliação desta discussão, de modo a apresentar algumas abordagens encontradas ao longo da revisão bibliográfica realizada neste tema.

Interessante notar que esta revisão bibliográfica nos revelou estudos com diferentes abordagens e resultados distintos, o que nos permite afirmar que, dentre os diversos estudos sobre o tema, não se pode caminhar em uma única direção, como, por exemplo, que os impactos da tecnologia serão negativos para o mercado de trabalho, uma vez que apenas destruirão os empregos. Há, assim, dois principais

grupos de autores e estudos, a saber, os que apontam uma visão “negativa” e, por outro lado, os que propugnam os efeitos “positivos” desta onda tecnológica. Seguem algumas destas visões.

O estudo pioneiro de Frey e Osborne

Um estudo pioneiro e utilizado como principal referência para diversos outros no meio acadêmico é o realizado por Frey e Osborne (2013). Os autores estimaram a suscetibilidade das ocupações nos EUA, classificando as ocupações com base na análise de especialistas sobre o potencial tecnológico de automação em breve.

Como resultado principal do estudo, cerca de 47% de todos os postos de trabalho nos Estados Unidos apresentaram alto risco de serem ocupados por máquinas em um futuro de dez a vinte anos. Os dados coletados que possibilitaram chegar a esse resultado têm como base as informações das atividades realizadas em 903 ocupações nos EUA, a partir do *Labour Department's Standard Occupational Classification (SOC)*. Adicionalmente, os autores concluem que o processo de automação continuará, a médio prazo, para além dos trabalhos mais propensos. As três maiores categorias agregadas que correm maior risco de automação são: vendas, serviços e suporte administrativo.

Os autores chegaram à conclusão de que algumas ocupações não sofrem ameaça da automação por estarem relacionadas a atividades que no futuro próximo as máquinas ainda não serão capazes de realizar. Tais atividades estão relacionadas à manipulação e à capacidade de lidar com desafios ou falhas não previstas, criatividade e interação social, destreza manual, originalidade, entre outras que os autores classificam como “*engineering bottlenecks*” (“gargalos de engenharia”).

A crítica de Arntz

Algumas críticas foram feitas por estudos posteriores ao método de estimação do trabalho de Frey e Osborne (2013). Uma delas é relacionada à escolha das ocupações para a análise, pois de acordo com Arntz, Gregory, Zierahn (2016), a automação ocorre em atividades específicas, mais do que em ocupações como um todo. Como uma ocupação normalmente abrange diversos tipos de atividades, cada uma destas pode ser afetada de forma diferente pela introdução das novas tecnologias (ARNTZ; GREGORY; ZIERAHN, 2016).

Uma segunda crítica, também apontada por Arntz, Gregory, Zierahn (2016), está relacionada a diferença entre potencial de automação e desemprego, na implementação efetiva da tecnologia. Em muitos casos existem barreiras para a implementação de algumas tecnologias, como obstáculos legais e éticos, ou mesmo não ser economicamente viável (ARNTZ; GREGORY; ZIERAHN, 2016).

Com base nessas duas críticas, Arntz, Gregory, Zierahn (2016) propõem um método, baseado no trabalho de Frey e Osborne (2013) com algumas alterações. Dessa maneira, os autores chamam esse estudo de “*task-base approach*” (abordagem baseada em tarefas), ou seja, em vez de usar ocupações como variáveis de estimação, o trabalho tem como concepção de que a automação do trabalho depende das tarefas realizadas por cada trabalhador em suas específicas ocupações, usando dados em nível individual (ARNTZ; GREGORY; ZIERAHN, 2016).

Assim, apresentam como resultado que 9% de toda a população dos EUA tem alto risco de automações dos postos de trabalho. Como resultado, os autores concluem também que a possibilidade de automação é menor em ocupações que exigem alto nível de escolaridade e trabalhos que demandam maior interação e cooperação entre o grupo de trabalhadores (ARNTZ; GREGORY; ZIERAHN, 2016).

Com a mesma abordagem de *task-base approach*, o estudo estima resultados para os 21 países da Organização de Cooperação e de Desenvolvimento Econômico (OCDE). Tal pesquisa leva em conta as diferenças das atividades realizadas pelos trabalhadores dos diferentes países nas mesmas indústrias e ocupações e os diferentes níveis de escolaridade associados a atividades mais propensas a automação que, de acordo com o estudo, causam a maior diferença entre os resultados de alto risco. Adicionalmente também considera os diferentes níveis de investimentos em tecnologias relacionadas a automação.

Durante o estudo, os autores dão grande importância para o fato da transformação de vários postos trabalho. Arntz, Gregory, Zierahn (2016) apontam que ao introduzir essas novas tecnologias, a maioria das ocupações irão se modificar no sentido de que tarefas rotineiras e repetitivas se extinguirão, mas que aos trabalhadores caberão atividades que complementarão às realizadas pelas máquinas. Além do que, como corolário destas transformações, os autores entendem que novos postos de trabalho – ainda desconhecidos no momento – surgirão.

Em outros termos, para os autores, a criação e a implementação das novas tecnologias, demandarão algumas ocupações novas. A própria demanda por tecnologias poupadoras de trabalho irá criar uma demanda por trabalhadores nesse setor, que historicamente cria uma parcela significativa de empregos nos países da OCDE (ARNTZ; GREGORY; ZIERAHN, 2016). Porém, existem algumas dúvidas, principalmente a respeito da capacidade de se criar esses empregos face a eliminação de outros e de quais habilidades envolvidas, mas também as diferentes condições de cada país/região para se beneficiar desse processo e sua capacidade de direcionar sua mão de obra rumo as habilidades emergentes.

Nesta direção, com a adoção dessas novas tecnologias, as firmas terão ganho de produtividade, tornando-as mais competitivas, assim, com custos e preços mais baixos, o que poderá levar ao aumento de demanda por seus produtos e, conseqüentemente, ao aumento das contratações para expansão da sua produção (ARNTZ; GREGORY; ZIERAHN, 2016). Com tal aumento de produtividade das firmas, é provável que haja aumento dos níveis salariais e com essa elevação da renda haverá uma maior demanda por bens e serviços, aumentando a demanda por trabalho nas empresas. Todavia, esse movimento depende do nível de aumento dessa demanda que puxará a expansão da produção, além da necessidade de superar a eliminação daquelas ocupações automatizadas para um saldo positivo sobre o nível de emprego.

O clássico estudo do Instituto McKinsey

Um estudo que utiliza da abordagem com foco nas atividades, como o de Arntz, Gregory, Zierahn (2016), é o realizado pelo Instituto McKinsey. Analisando dados do Banco Mundial, o estudo cobre 800 ocupações e 2000 atividades de 46 países, correspondendo mais de 80% da economia global.

Com a ajuda de especialistas e de pesquisas acadêmicas, foram classificados o potencial técnico de 18 capacidades sintéticas, previamente selecionadas que cobrem cinco áreas: percepção sensorial, capacidade cognitiva, processamento de linguagem, capacidade social e emocional e capacidade física. Para cada uma das 18 capacidades, foram definidos quatro níveis de utilização: não requerido, pouco requerido, moderadamente requerido e muito requerido. Dessa maneira, as 2000

atividades foram classificadas em relação as 18 capacidades por meio de um algoritmo.

Levando em conta a viabilidade técnica, tempo de adoção e viabilidade econômica, o estudo conclui que cerca de menos de 5% das ocupações globais serão completamente automatizadas, enquanto 60% de todas as ocupações têm ao menos 30% de atividades passíveis de automação, somando cerca de 49% de todas as atividades. Ou seja, de acordo com o estudo, os resultados mostram que poucos postos de trabalho deixarão de existir, mesmo que uma porcentagem grande das atividades sejam automatizadas.

Assim, o movimento que será predominante será a transformação das ocupações, o homem deixará de efetuar diversas atividades como atividades físicas repetitivas, coleta e processamento de dados, entre outras atividades rotineiras que não exigem capacidades cognitivas subjetivas, interação social, ou soluções de problemas não previsíveis, por exemplo. Dessa maneira, o trabalhador irá desempenhar funções complementares a das máquinas, assim como as máquinas complementarão as atividades dos trabalhadores, trazendo uma nova dinâmica ao processo produtivo.

Outro fator relevante que o estudo leva em conta é que, assim como em outros momentos de ruptura tecnológica, a Indústria 4.0 criará ocupações que ainda não somos capazes de enxergar. Por exemplo, nos EUA a porcentagem de trabalhadores no setor manufatureiro caiu de 40% em 1950 para 10% em 2010. Nos últimos 25 anos, 1/3 das novas ocupações criados nos EUA não existiam.

No entanto, exigirá ações de diversos componentes da economia. Os empresários precisarão desenvolver novos modelos de negócios que dinamizem a produção e modernizem a gestão de recursos e insumos. Governos terão que criar políticas que facilitem e fomentem a inclusão da automação e pensar em como dará suporte para a massa de trabalhadores que perderão os empregos, além de políticas que incentivem as empresas em treinar e capacitar seus trabalhadores já contratados e maneiras de garantir que os salários sejam altos o suficiente para prevenir à contínua queda da participação dos salários no PIB que vem caindo desde 1970.

O estudo do Fórum Econômico Mundial

Outro importante estudo é o conduzido por Leopold, Ratcheva e Zahidi (2018), para subsidiar as discussões do Fórum Econômico Mundial de 2018. Diferente dos outros trabalhos citados, este aborda especificamente uma projeção relacionada a quatro modalidades tecnológicas específicas: internet móvel de alta velocidade, inteligência artificial, uso generalizado de análise de *big data* e computação em nuvem. Além disso, trabalha em um horizonte delimitado de tempo, de 2018 até 2022.

A pesquisa é fundada em três partes interligadas. A primeira refere-se a um mapeamento sobre as tendências positivas e negativas do impacto no mercado de trabalho. A segunda parte tratou das ocupações, atividades e habilidades que poderão passar por queda, aumento ou estabilidade de demanda, baseado em pesquisas com empregadores. Na terceira parte há uma pesquisa com os empregadores que participaram da pesquisa anterior sobre seus planos para 2022 no que se refere à solução de gaps tecnológicos em suas empresas (LEOPOLD; RATCHEVA; ZAHIDI, 2018).

Dessa maneira, essa pesquisa realizada com os empregadores foi destinada a montar uma base de dados com estratégias, projeções e estimativas sobre o ambiente de negócios global, focado em empresas multinacionais com grande absorção de mão de obra e de produção em larga escala. Após o refinamento dos dados, o estudo partiu de uma base de 12 *clusters* industriais e para as estimativas regionais utilizaram-se 20 países, representando mais de 70% do PIB mundial.

De acordo com os cálculos do estudo, a expectativa é de que em 2022, 59% dos empregos sofram uma significativa mudança no que diz respeito a produção e distribuição como resultado das transformações das cadeias de valores. Além do que, 50% terão mudanças na sua base de operações (geograficamente falando) para localizações onde se concentram grande número de trabalhadores altamente qualificados ou “locais inovativos”.

Adicionalmente, projetam que 50% das empresas esperam redução do número de trabalhadores em tempo integral até 2022. No entanto, 38% esperam expandir a força de trabalho para novos níveis de produtividade e mais de 25% esperam criar papéis/atividades para os trabalhadores na empresa. Uma análise das indústrias citadas acima apontava que, em 2018, cerca de 72% das horas de trabalho seriam feitas por humanos e 29% pelas máquinas. Para 2022, a expectativa

é que essa divisão chegará a 58% das horas de trabalho realizadas por humanos e 42% pelas máquinas.

No que diz respeito à demanda por trabalho, ocupações relacionadas ao uso de tecnologia, principalmente, analista de dados, cientistas, desenvolvedores de software e especialistas em *e-commerce* e mídias sociais, bem como em ocupações com tarefas humanas distintas como customizador de serviço, profissional de venda e marketing, treinamento e desenvolvimento, e tarefas relacionadas diretamente ao tratamento de pessoas, culturas e mais subjetivas tendem a crescer, assim como ocupações que surgirão diretamente relacionadas as novas tecnologias como *blockchain* e engenharia robótica. Tal estimativa calcula que 75 milhões de postos de trabalho podem deixar de existir, mas cerca de 133 milhões poderão ser criados.

Isto aponta, assim como ressaltado em outras pesquisas, para um mercado de trabalho mais intensivo em qualificação e uma maior automatização de empregos menos qualificados em breve. Ademais, também mostra que a automatização não é exclusiva de um setor e será diferenciada de acordo com a atividade econômica, abrangendo tanto a indústria como os serviços e setor primário, porém a literatura não é unânime sobre qual setor será mais afetado, sendo, naturalmente, a industrial a principal candidata devido a sua dinâmica produtiva. Entretanto, o estudo já citado do Instituto McKinsey, por exemplo, resalta os efeitos sobre os serviços e traz os serviços de alimentação e acomodação como mais propensão à automação.

A contribuição do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea)

Para que se possa ter uma visão mais específica desta temática em relação ao caso brasileiro, entende-se como importante mencionar o estudo do IPEA, conduzido por Albuquerque *et al.* (2019). Este estudo se utilizou dos dados da RAIS, que cobre 97% dos trabalhadores formais do Brasil, além de outros dados como renda, escolaridade e outras variáveis regionais.

Usando um método de análise parecido com o utilizado por Frey e Osborne (2013), que classifica as ocupações com o auxílio de especialistas na área e aplicando um processo gaussiano⁴, o estudo chega a uma probabilidade média de

⁴ Na teoria das probabilidades e estatísticas, um processo Gaussiano é um processo estocástico (uma coleção de variáveis aleatórias indexadas por tempo ou espaço), de modo que cada coleção finita dessas variáveis aleatórias tem uma distribuição normal multivariada, ou seja, cada combinação linear finita delas é normalmente

automação de empregos de 54,45%, ou seja, aproximadamente 30 milhões de empregos estariam em risco até 2026 (ALBUQUERQUE *et al.*, 2019). Por outro lado, ocupações relacionadas a “valores humanos e empatia”, “cuidado (babás)” e “interpretações subjetivas” devem permanecer com nenhuma ou baixa probabilidade de serem automatizados no médio prazo, e ocupações com atividades predominantemente rotineiras e não cognitivas devem ser automatizadas.

O estudo ainda recomenda, apesar de pouco aprofundado, que as políticas públicas devem ser orientadas para investimentos em ocupações de baixa propensão a automação e com tendências de expansão da demanda. Isso pode contribuir para o processo de catching-up a partir da criação de capital humano direcionado as atividades emergentes, sendo que a falta de profissionais qualificados apontada como o principal gargalo brasileiro no contexto da Indústria 4.0 (LEOPOLD; RATCHEVA; ZAHIDI, 2018).

A revisão bibliográfica realizada acima sobre os impactos da automação no emprego, nos mostra que ainda há muito a ser pesquisado para que possamos compreender melhor como esse processo evoluirá no decorrer do tempo. Constatase que os estudos chegam a estimativas diversas a respeito da dimensão da substituição do trabalho humano pelo trabalho automatizado oriundo das suas diferentes abordagens e metodologias, porém unânimas sobre sua ocorrência. No entanto, chegam a análises similares no que diz respeito às modalidades de ocupações e de atividades que serão mais afetadas.

Com o intuito de sistematizar os principais aspectos tratados acima pelos estudos, segue-se um quadro com os principais resultados e apontamentos. Este quadro sintético serve como registro das diferenças entre cada um dos estudos, tanto em sua metodologia, quanto em suas conclusões. Entende-se que tais divergências e elementos analíticos diferenciados, nos permite, a partir de uma abordagem mais plural, compreender melhor a evolução dessas transformações em curso.

distribuída. A distribuição de um processo gaussiano é a distribuição conjunta de todas aquelas variáveis infinitamente aleatórias e, como tal, é uma distribuição sobre funções com um domínio contínuo, por ex. tempo ou espaço.

Quadro 1 - Principais resultados da revisão bibliográfica

Estudo	Unidade de análise	País / Fonte dos dados	Resultados
Frey e Osborne (2013)	Ocupações	EUA / O*NET US Bureau of Labor Statistics	Analisou 702 ocupações dos EUA, chegando a um resultado de cerca de 47% dessas ocupações tem alto risco de automação nas próximas duas décadas. Posteriormente, o mesmo método foi usado para calcular este número para os países da OCDE, chegando a 57%.
Amztz, Gregory e Zierahn (2016)	Atividades	21 países da OCDE / PIAAC	Analisam a partir das atividades realizadas dentro de cada ocupação. Calculou o resultado para 21 países da OCDE, levando em consideração as diferenças entre as atividades realizadas em cada país da mesma ocupação, escolaridade e investimento em tecnologia relacionadas a automação. Chegou ao resultado de que 9% das ocupações dos EUA correm alto risco de automação.
Manyika et al. (2017)	Atividades	46 países / O*NET US Bureau of Labor Statistics e Banco Mundial	Estudo realizado pelo Instituto McKinsey, utilizando uma metodologia similar a utilizada por Amztz, Gregory e Zierahn (<i>task base approach</i>). Analisou cerca de 2000 atividades, as classificando entre 18 capacidades. Levaram em consideração fatores que irão influenciar o tempo de adoção da automação, calculando dois cenários possíveis. Resultou que menos de 5% das ocupações do mundo todo podem ser completamente automatizadas.
Leopold, Ratchevas e Zahidi (2018)	Não se aplica	Empresas / Entrevistas e Questionários	Realizado pelo Fórum Econômico Mundial, calculou o potencial de automação até 2022 de quatro tecnologias específicas. A pesquisa foi realizada com um número limitado de empresas que cobrem cerca de 70% do PIB mundial. Diferente dos outros estudos, tem uma análise mais abrangente e calcula o potencial de automação para diversos países e <i>cluster</i> industriais. Cerca de 50% das empresas esperam diminuir o número de trabalhadores, 38% esperam expandir a força de trabalho para novos níveis produtivos, entre outras estatísticas. Foca na transformação do trabalho e sua criação, visão mais otimista.
Albuquerque et al. (2019)	Ocupações	Brasil / RAIS	Estudo realizado pelo Ipea, utilizando a metodologia de Frey e Osborne. Chegou ao resultado de 54,4% das ocupações brasileiras correm alto risco de automação. Ocupações que performam predominantemente rotineiras e não cognitivas devem ser as mais afetadas.

Fonte: Elaboração própria.

Após a realização desta revisão bibliográfica que nos permitiu uma visão de algumas abordagens que refletem sobre os impactos da indústria 4.0 no mercado de trabalho, o tópico a seguir terá como objetivo analisar a realidade do mercado de trabalho brasileiro, para os anos de 2008 a 2018, com base nos dados da RAIS.

Aspectos metodológicos

Após o levantamento bibliográfico de alguns estudos importantes a respeito dos potenciais impactos da indústria 4.0 no mercado de trabalho, notou-se que não existe um consenso acerca de seus principais resultados, bem como que se refere a um tema que necessita de estudos complementares.

Apesar de diferentes metodologias e resultados, já discutidos no tópico anterior, os estudos aqui mencionados identificaram, de um lado, certas ocupações e atividades que irão se transformar e/ou se tornarão obsoletas, e, por outro, quais poderão ser demandadas pela nova onda tecnológica.

Assim, será discutido qual a situação das ocupações, não necessariamente alocadas no setor industrial, que serão demandadas pela indústria 4.0 no mercado de trabalho brasileiro. No intuito de tornar a análise mais ampliada, optou-se por incluir também ocupações relacionadas a P&D (pesquisa e desenvolvimento), exploradas na pesquisa de Araújo, Cavalcante e Alves (2009), pois entende-se que estas atividades são de extrema importância para que o país possa incorporar essas novas tecnologias.

Do ponto de vista metodológico, é mister mencionar que se utilizou a base de dados da RAIS que abarca uma série de informações para o mercado de trabalho formal, tais como faixa etária, de renda, nível educacional, classificação brasileira de ocupações etc. A seleção das ocupações, se deu, inicialmente, inspirada pelos elementos trazidos pela revisão bibliográfica, que nos permitiram depreender quais as ocupações de maior importância neste contexto, bem como a disponibilidade de dados por setores e segmentos na RAIS.

Nesse sentido, as ocupações selecionadas foram: desenvolvedor de softwares (LEOPOLD; RATCHEVA; ZAHIDI, 2018; MANYIKA *et al.*, 2017), diretores e chefes-executivos (LEOPOLD; RATCHEVA; ZAHIDI, 2018; MANYIKA *et al.*, 2017; FREY; OSBORNE 2013), analistas de dados (LEOPOLD; RATCHEVA; ZAHIDI, 2018; MANYIKA *et al.*, 2017), cientistas (FREY; OSBORNE, 2013), profissionais de venda e marketing (LEOPOLD; RATCHEVA; ZAHIDI, 2018; MANYIKA *et al.*, 2017), gerentes operacionais (LEOPOLD; RATCHEVA; ZAHIDI, 2018), representantes de vendas (LEOPOLD; RATCHEVA; ZAHIDI, 2018; FREY; OSBORNE 2013), especialistas em recursos humanos (LEOPOLD; RATCHEVA; ZAHIDI, 2018; MANYIKA *et al.*, 2017), analistas financeiros (LEOPOLD; RATCHEVA; ZAHIDI, 2018; MANYIKA *et al.*, 2017), pesquisadores (ARAÚJO; CAVALCANTE; ALVES, 2009; FREY; OSBORNE, 2013), professores de ensino superior (ARAÚJO; CAVALCANTE; ALVES, 2009), engenheiros (ARAÚJO; CAVALCANTE; ALVES, 2009; FREY; OSBORNE, 2013), biotecnologistas (ARAÚJO; CAVALCANTE; ALVES, 2009), matemáticos (ARAÚJO; CAVALCANTE; ALVES, 2009), estatísticos (ARAÚJO; CAVALCANTE; ALVES, 2009), profissionais de informática (LEOPOLD;

RATCHEVA; ZAHIDI, 2018; ARAÚJO; CAVALCANTE; ALVES, 2009), físicos e químicos (ARAÚJO; CAVALCANTE; ALVES, 2009). Considerando a natureza digital desse processo e os apontamentos da literatura, dentre estas ocupações, desenvolvedor de softwares e profissionais de informática ganham certo destaque justamente por serem profissões ligadas diretamente ao setor digital e tratamento de dados que irá permear grande parte das atividades no futuro próximo, assim como engenheiros pois são profissionais altamente qualificados e que atuam na área de tecnologia, pesquisa e na produção de alto valor agregado, muita das vezes também ligados as TICs, robótica, eletrônica, além de ocuparem cargos de maior escalão nas empresas, sendo responsáveis por atividades chaves dentro das organizações produtivas.

A partir desta seleção, buscou-se entender a evolução da situação ocupacional através da estatística descritiva de 2008 a 2018, pelo cruzamento destes dados com as respectivas ocupações. Esta periodização foi escolhida devido a recente emergência dessas novas tecnologias, selecionando o ano mais recente disponível e um horizonte de uma década na tentativa de avaliar se o mercado de trabalho já vem respondendo ao desenvolvimento e implementação destas inovações⁵.

Com as ocupações elencadas, é possível observar, a partir da tipologia criada pela *International Standard Classification of Occupations* (ISCO) para classificar as ocupações de acordo com o nível de habilidades exigidas⁶, que todas estão em subgrupos de maior nível (4), correspondendo a ocupações de maior qualificação e apenas uma delas (representante de vendas) está em um subgrupo de mais baixa qualificação (2). Isso aponta o viés de valorização de ocupações com maior exigência de qualificação no contexto da Indústria 4.0, sendo este apontamento já ressaltado pela literatura (AUTOR, 2015).

Como estas ocupações não são relatadas nas pesquisas baseadas na nomenclatura da RAIS, obviamente por analisarem outros países, nem literalmente como consta nas bases de dados utilizadas por elas, os termos em inglês foram

⁵ Embora esse período coincida com a crise brasileira iniciada em 2014/2015 da qual ainda não nos recuperamos plenamente, o objetivo do estudo não é tratar essa questão específica, embora ela possa impactar nesse tema em geral. Além disso, o forte ritmo de desenvolvimento e até mesmo o surgimento do tema Indústria 4.0 são algo recente, assim como nossa crise, o que dificulta isolar os efeitos de cada movimento.

⁶ A tipologia criada pela ISCO é baseada na *International Standard Classification of Education* (ISCE-97) (UNESCO, 2003) e cria quatro categoria de níveis de habilidades de acordo com a qualificação que as habilidades de uma certa ocupação exigem para serem executadas. Disponível em: <https://www.ilo.org/public/english/bureau/stat/isco/isco08/index.htm>. Acesso em: 18 ago. 2022.

traduzidos livremente e foi realizado uma tentativa de englobar as ocupações da RAIS com nomenclatura parecida ou pertencente ao escopo do termo traduzido. Sendo assim, com pode ser visto nos quadros abaixo, cada uma das ocupações citadas acima corresponde a um conjunto de ocupações da RAIS.

Para a análise dos dados das ocupações potencialmente demandadas pela indústria 4.0 e relacionadas a P&D, foram obtidos os números de trabalhadores por ocupação a 4 dígitos. Assim, calculou-se a variação do número total de trabalhadores entre 2008 e 2018, ou seja, o aumento do número de indivíduos trabalhando, resultando em um crescimento aproximado de 17%. Esse dado serviu como parâmetro para a análise da evolução da ocupação ao longo do período deste trabalho, visando deduzir o crescimento geral no que tange à progressão dessas ocupações na tentativa de realizar uma análise com fôca mais estrutural.

O mercado de trabalho no Brasil com o advento da Indústria 4.0

As primeiras ocupações analisadas foram às relacionadas à diretoria e chefes-executivos. Estas apresentaram, no geral, um crescimento positivo e bem expressivo em alguns setores. Apesar do crescimento pífio de diretores gerais, outros diretores de subsetores chaves para o processo de incorporação da indústria 4.0 (como diretores de recursos humanos, marketing e comercialização, serviços de informática e de pesquisa e desenvolvimento) apresentaram um crescimento relativamente alto.

O crescimento de diretores em P&D se torna relevante, assim como os relacionados à informática, pois esse subsetor é responsável pelo contínuo avanço e melhoria das tecnologias. Dado que historicamente pouco se inova no país, isso pode representar um movimento das empresas de estruturar atividades inovativas. Para países como o Brasil, que ainda apresentam uma certa distância desta atual fronteira tecnológica, entende-se que o crescimento destas atividades seja relevante para que as empresas possam diminuir esse gap tecnológico.

Ainda se mostra relevante o crescimento no setor de serviços, em atividades de recursos humanos e marketing; ocupações que, conforme nos apontou a revisão bibliográfica (MANYIKA *et al.*, 2017), ao demandarem habilidades de interação social que não podem ser executadas por máquinas, constituem-se profissões que ganharão relevância nos próximos anos. Outros como diretores de suprimentos, de

serviços de intermediação financeira, de turismo e da construção civil e obras públicas também apresentaram um crescimento importante ao longo deste período de análise.

Diretores de operações comerciais, serviços de saúde e de empresas agropecuárias, pesqueiras, aquícolas e florestal apresentaram um crescimento baixo e apenas dois apresentaram uma pequena redução, sendo eles: diretores de produção e operações em empresas da indústria extrativa, transformação e de serviços de utilidade pública e diretores de produção e operações de serviços de armazenamento, transporte e comunicação.

Quadro 2 - Variação das ocupações relacionadas a diretoria e chefes-executivos – Brasil, 2008-2018

Ocupações	Ano				Variação
	2008		2018		
	Nº de trabalhadores	% em relação ao total	Nº de trabalhadores	% em relação ao total	
Diretores Gerais	22012	0,000650	25839	0,000654	17,4
Diretores de produção e operações em empresas agropecuárias, pesqueiras, aquícola e florestal	476	0,000014	591	0,000015	24,1
Diretores de produção e operações em empresas da indústria extrativa, transformação e de serviços de utilidade pública	1546	0,000046	1506	0,000038	-2,6
Diretores de produção e operações de construção civil e obras públicas	1368	0,000041	2574	0,000065	88,1
Diretores de produção e operações do comércio	1011	0,000030	1301	0,000033	28,6
Diretores de produção e operações de serviços de turismo, alojamento e alimentação	501	0,000015	1137	0,000029	126,9
Diretores de produção e operações de serviços de armazenamento, transporte e comunicação	2532	0,000075	2326	0,000059	-8,1
Diretores de produção e operações de serviços de intermediação financeira, imobiliários e às empresas	1169	0,000035	1929	0,000049	65
Diretores de RH e relações de trabalho	1734	0,000051	2931	0,000074	69
Diretores de marketing, comercialização e vendas	7898	0,000234	12776	0,000323	61,7
Diretores de suprimento e afins	920	0,000027	2124	0,000054	130,8
Diretores de serviços de Informática	1525	0,000045	2826	0,000072	85,3
Diretores de pesquisa e desenvolvimento	836	0,000025	1388	0,000035	66
Diretores de manutenção	1218	0,000036	1696	0,000043	39,2
Diretores e gerentes de serviços pessoais, sociais e culturais	12078	0,000358	17823	0,000451	47,5
Diretores e gerentes de operações em empresas de serviços de saúde	21100	0,000625	26064	0,000660	23,5
Diretores e gerentes de serviços educacionais - Domínio C	40733	0,001207	49708	0,001258	22
Total	118657	0,003515	154539	0,003912	30,2

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da RAIS.

Ao analisar as ocupações relacionadas aos analistas de dados, selecionaram-se ocupações como profissionais em pesquisa e análise econômica (34,2%), profissionais em pesquisa e análise histórica e geográfica (34%) e profissionais em pesquisa e análise antropológica e sociológica (-54,2%). As duas primeiras apresentaram um crescimento relativamente considerável, porém analistas e pesquisadores nas áreas de sociologia e antropologia que - apesar de não estarem diretamente relacionados a produção, podem ser importantes para análises socioeconômicas mais complexas que podem ser úteis para vários setores -, apresentaram uma drástica queda.

Profissionais relacionados a vendas e marketing – supervisores de vendas e prestação de serviços (46,8%) e técnico em exportação e importação (39,1%) -

apresentaram um crescimento interessante. Essas categorias mostram um sinal positivo no avanço do setor de serviços, pois essas ocupações exigem muitas atividades que demandam maiores habilidades cognitivas, interação social e problemas não previstos que são de extrema importância, pois são habilidades que as máquinas não são capazes de realizar, como vimos no tópico anterior. No entanto, profissionais de relações-públicas, publicidade, mercado e negócios tiveram uma drástica queda (-51,5%), dando sinais de que o setor pode não estar preparado para os novos desafios da indústria 4.0.

As ocupações relacionadas à gerente-geral e operacional apresentaram uma evolução similar às das ocupações de diretores. Gerentes relacionados ao setor de serviços apresentaram um alto crescimento, principalmente gerentes operacionais de empresas de transporte, comunicação e logística, assim como gerentes de marketing e vendas. Outros que apresentaram um crescimento expressivo foram gerentes de P&D e, principalmente, gerentes de tecnologia de informação que chegaram a mais do que o dobro do ano de 2008. Os demais apresentaram crescimento pequeno ou abaixo de 10% com redução do número de ocupações apenas de gerentes de operações comerciais e de reparação.

Na tabela abaixo, estão incluídos os profissionais de recursos humanos, que chegaram muito próximo de dobrar a quantidade em relação a 2008, sendo um sinal bem positivo devido a relevância de profissões que performam atividades relacionadas à gestão de pessoas no contexto da indústria 4.0.

Quadro 3 - Variação das ocupações relacionadas a gerente geral e operacional – Brasil, 2008-2018

Ocupações	Ano				Variação
	2008		2018		
	Nº de trabalhadores	% em relação ao total	Nº de trabalhadores	% em relação ao total	
Gerentes de produção e operações em empresas agropecuária, pesqueiras, aquícolas e florestal	12417	0,000368	15789	0,000400	27,1
Gerentes de produção e operações em empresas da indústria extrativa, transformação e de serviços de utilidade pública	53391	0,001582	65846	0,001667	23,3
Gerentes de produção e operações de construção civil e obras públicas	7208	0,000214	9959	0,000252	38,1
Gerentes de operações comerciais e reparação	229784	0,006807	204568	0,005179	-10,9
Gerentes de operações de turismo, alojamento e alimentação	44677	0,001323	68210	0,001727	52,7
Gerentes de operações de serviços em empresas de transporte, de comunicação e de logística	24430	0,000724	49090	0,001243	100,9
Gerentes de operações de serviços em instituições de intermediação financeira	27036	0,000801	34637	0,000877	28,1
Gerentes administrativos, financeiros e de risco	244673	0,007248	378963	0,009593	54,9
Gerentes de RH e relações do trabalho	34955	0,001035	48701	0,001233	39,3
Gerentes de marketing, comercialização e vendas	204208	0,006049	402075	0,010178	96,9
Gerentes de suprimentos e afins	18809	0,000557	28264	0,000715	50,2
Gerentes de tecnologia da informação	17251	0,000511	41998	0,001063	143,4
Gerentes de pesquisa e desenvolvimento	9835	0,000291	17985	0,000455	82,9
Gerentes de manutenção	13869	0,000411	25252	0,000639	82,1
Profissionais de recursos humanos	37972	0,001125	82387	0,002086	116,9
Total	980515	0,029045	1473724	0,037307	50,3

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da RAIS.

No caso de ocupações relacionadas à análise financeira e operadores de mercado financeiro (11,6%) e supervisores de serviços financeiros (16%), estas apresentaram um crescimento pequeno, apesar das intensas mudanças pelas quais o setor vem passando. No entanto, profissionais de administração econômico-financeira apresentaram um crescimento bem expressivo (73%). Isso mostra que é necessária a formação de mais profissionais qualificados nessa área, pois a análise e manipulação de dados, não apenas financeiros, em níveis micro, estão sendo utilizadas de diversas maneiras, a fim de aproximar os clientes do produto, disponibilizando bens cada vez mais customizados para cada nicho específico.

Apesar de à primeira vista parecer um dado conflitante com a realidade do país, a ocupação de pesquisador apresentou crescimento em áreas centrais da indústria 4.0, como podemos ver na tabela abaixo. Esse crescimento provavelmente está relacionado à expansão do ensino superior ocorrido na primeira década dos anos 2000. Pesquisadores nas áreas de engenharia e tecnologia (170,4%), assim como pesquisadores nas áreas de ciências naturais e exatas (132,5%) mais que dobraram, o que é um bom sinal, pois estão muito relacionados a P&D de novas tecnologias para a indústria de transformação. Pesquisadores de outras áreas também apresentaram crescimento – ciências médicas (31,5%), ciências da agricultura (37,6%) - no entanto, não tanto quanto os dois já citados, sendo destaque, pesquisadores de ciências sociais e humanas (60,3%). Único grupo que não apresentou um bom resultado foram os pesquisadores da área de biológicas, o que pode ser um problema, pois são importantes para a indústria farmacêutica, por exemplo, que é uma indústria de alto valor agregado e conteúdo tecnológico.

Seguindo uma linha de evolução parecida com a dos pesquisadores, professores de ensino superior das áreas de ciências naturais e engenharia apresentaram um crescimento expressivo, todavia, a ocupação de professor de ensino superior sofreu redução em diversas áreas específicas, em número de ocupações. Professores da área de exatas, ciências humanas, informática e ciências econômicas e administrativas tiveram uma redução superior a 20%.

Uma ocupação que também é importante ser analisada é a de engenheiro devido ao seu grande conhecimento aplicável em processos produtivos e, além disso, muitas vezes esses engenheiros ocuparam cargos importantes dentro das

empresas, sendo não apenas empregados de alta qualificação, mas coordenadores de processos produtivos, entre outros cargos administrativos. Entretanto, podemos observar uma redução do número de engenheiros em modalidades, sendo elas: engenheiros civis, eletroeletrônicos, químicos, metalúrgicos e agrimensores. Além disso, engenheiros mecânicos cresceram abaixo do crescimento total do emprego, diferentemente dos engenheiros de computação que apresentaram performance mais positiva, o que se revela um bom sinal pois esta ocupação está muito relacionada às tecnologias de informação e comunicação (TIC's) e a todas as novas tecnologias computacionais, porém, o desempenho dos engenheiro eletroeletrônicos vai na contramão desse movimento, podendo ser um sinal preocupante devida a extrema relevância dessa ocupação, assim como aponta para a deficiência em relação ao paradigma da 3ª revolução industrial, sendo este uma obstáculo para a adoção das novas tecnologias.

Outras ocupações que se relacionam a P&D foram também analisadas. Os especialistas de informática (67%) e os profissionais de matemática tiveram um crescimento importante (42,9%), porém, outros profissionais, como biotecnologistas (24%), estatísticos (22,4%) e físicos (17,8%) apresentaram um crescimento menor, com destaque aos químicos (7,5%). Mais uma vez, esses resultados mostram que as ocupações relacionadas a P&D, um braço vital para que o país possa se aproximar da fronteira tecnológica, estão apresentando, em geral, um modesto crescimento.

Como podemos ver ao analisar esses dados, algumas ocupações importantes apresentaram um certo nível de crescimento, principalmente no setor de informática, um setor de extrema importância para que a indústria 4.0 possa se desenvolver e ser implementada tanto na indústria quanto no setor de serviços. Apesar desse crescimento estar mais associado a incorporação de tecnologias ainda da terceira revolução industrial, pode ser um primeiro passo para que esse setor possa se desenvolver.

Pode-se observar, também, que ocupações de diretores e gerentes apresentaram, no geral, um desempenho fraco, com exceção de algumas modalidades. Um dado positivo observado foi o crescimento do número de pesquisadores em áreas relevantes para a indústria 4.0. No entanto, professores de ensino superior, responsáveis pela formação de profissionais altamente qualificados e ligados a pesquisa e produção científica das universidades, no geral,

apresentaram queda, sendo um grave sinal para o futuro da formação educacional e para a pesquisa e desenvolvimento do país.

Analisando a RAIS de uma maneira geral, não apenas as ocupações demandadas pela indústria 4.0 e relacionados a P&D, os dados apontam para um crescimento das ocupações no setor de serviços, tais como nutricionistas (78,3), terapeutas (74,4%), psicólogos (62,3), mordomos e governantas (65,4), etc. Isso mostra que a estrutura ocupacional do país continua avançando em setores com menor valor agregado e que não são relevantes no contexto da indústria 4.0, sendo, inclusive, muitos deles passíveis de ampla automatização.

Quadro 4 - Variação das ocupações relacionadas a professores de ensino superior – Brasil, 2008 - 2018

Ocupações	Ano				Variação
	2008		2018		
	Nº de trabalhadores	% em relação ao total	Nº de trabalhadores	% em relação ao total	
Professores de matemática, estatística e informática do ensino superior	16045	0,000475	11388	0,000288	-29
Professores de ciências físicas, químicas e afins do ensino superior	2462	0,000073	4686	0,000119	90,3
Professores de engenharia, arquitetura e geologia do ensino superior	8764	0,000260	17374	0,000440	98,2
Professores de ciências biológicas e médica do ensino superior	36589	0,001084	47231	0,001196	29,1
Professores na área de formação pedagógica do ensino superior	135966	0,004028	202693	0,005131	49,1
Professores nas áreas de língua e literatura do ensino superior	39646	0,001174	56207	0,001423	41,8
Professores de ciências humanas do ensino superior	38581	0,001143	30615	0,000775	-20,6
Professores de ciências econômicas, administrativas e contábeis do ensino superior	31127	0,000922	23529	0,000596	-24,4
Total	309180	0,009159	393723	0,009967	27,3

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da RAIS.

Outras ocupações que estão em setores chaves como mecatrônica (78%), mecânica veicular (60,5%) e eletromecânica (59,6%), apresentaram crescimento nas ocupações técnicas. Entretanto, são ocupações mais relacionadas a atividades ligadas a 2ª revolução industrial e com certo grau de atividades repetitivas e manuais.

Quadro 5 - Variação das ocupações relacionadas à engenharia

Ocupações	Ano				Variação
	2008		2018		
	Nº de trabalhadores	% em relação ao total	Nº de trabalhadores	% em relação ao total	
Engenheiros mecatrônicos	318	0,00009	2819	0,00071	786,5
Engenheiros em computação	3029	0,00089	6800	0,00172	124,5
Engenheiros ambientais e afins	0	0	4367	0,00111	0
Engenheiros civis e afins	62794	0,00186	62135	0,001572	-1
Engenheiros eletroeletrônicos e afins	32068	0,000949	29652	0,000751	-7,5
Engenheiros mecânicos	25373	0,000751	25867	0,000654	1,9
Engenheiros químicos	9918	0,000296	8393	0,000212	-15,4
Engenheiros metalurgistas e de materiais	3647	0,000108	3055	0,000077	-16,2
Engenheiros de minas	2641	0,000078	3405	0,000086	28,9
Engenheiros agrimensores e engenheiros cartógrafos	796	0,000023	791	0,000021	-0,6
Engenheiros industriais, de produção e segurança	26707	0,000791	39986	0,001012	49,7
Engenheiros agrossilvicultores	20109	0,000595	22974	0,000581	14,2
Engenheiros de alimentos e afins	0	0	866	0,000022	0
Total	187400	0,005551	211110	0,005344	12,6

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados coletados na RAIS.

Por outro lado, já se percebe – assim como antecipado pela literatura - a queda em ocupações no setor metalúrgico de baixa qualificação e atividades manuais e repetitivas, tais como trabalhadores de forjamento de metais, fundição de metais, tratamento térmico, diversos tipos de montadores, entre outros. Porém, devemos ponderar que a competição internacional, em especial a China, também pode estar relacionada a esse movimento.

Outro dado interessante de se mencionar refere-se à relação entre trabalhadores que estão empregados em ocupações que serão demandadas pela indústria 4.0 e ocupações relacionadas a P&D e o total de trabalhadores da economia. Para se ter uma ideia, no ano de 2018, o percentual mencionado é de aproximadamente 8,4% (para um valor de 7% em 2008). Esse dado nos mostra que a participação das ocupações demandadas pela indústria 4.0 ainda é pequena quando se considera o total de trabalhadores na economia, assim como tenha evoluído pouco em uma década. Ou seja, esse é outro indício de que temos um longo caminho a percorrer para que possamos aumentar a participação dessas ocupações no total de trabalhadores e estarmos preparados para que o país possa absorver a amplitude e complexidade da indústria 4.0. Vale salientar que essa situação é agravada pela queda da participação da indústria no total do emprego do país que apresentou uma queda de quase 4% em 10 anos - de 24,1% em 2008 para 20,2% em 2018⁷ –, porém, esse processo provavelmente está mais relacionado ao

⁷ Disponível em: <https://industriabrasileira.portaldaindustria.com.br/grafico/total/mercado-trabalho/#/industria-total>. Acesso em: 18 ago. 2022.

processo de desindustrialização do país do que com reflexos do desenvolvimento inovativo recente.

Considerações finais

No contexto da discussão aqui proposta, de fusão inovadora dessas tecnologias com a digitalização, é que resulta no conceito da “indústria 4.0”. Essa nova fase da indústria é marcada pela absorção e incorporação de algumas principais tecnologias, incluindo, a já mencionada, *IoT*, robótica avançada, computação em nuvem, inteligência artificial, *big data*, novos materiais, manufaturas híbridas e as novas tecnologias de manufaturas aditivas.

Os impactos no mercado de trabalho e na geração de empregos estão sendo estudados e analisados por diversos setores, tanto dentro das universidades e academias, como pelas indústrias e consultorias especializadas. De modo geral, pode-se dizer que, face à heterogeneidade de interpretações e de estudos na literatura especializada, de um lado, existem os autores que sustentam uma visão “positiva”, afirmando que a interação entre as novas tecnologias e os postos de trabalho criará empregos e que as mudanças tecnológicas gerarão postos de trabalho adicionais através da demanda por novas tecnologias e alta competitividade. Por outro lado, aparecem autores que têm uma visão “negativa”, alertando para a destruição de várias profissões e falta de capacidade desse novo mercado de absorver esses trabalhadores, mostrando que há razões para se esperar que os efeitos líquidos serão ainda mais assimétricos.

A revisão bibliográfica realizada neste trabalho acerca dos impactos da automação no emprego, nos mostrou que ainda há muito a ser pesquisado para que possamos compreender melhor como esse processo evoluirá no decorrer do tempo. Como já mencionado, nota-se que os estudos chegam a estimativas diversas a respeito da substituição do trabalho humano pelo trabalho automatizado oriundo das suas diferentes abordagens e metodologias. No entanto, chegam a análises similares no que diz respeito às modalidades de ocupações e de atividades que serão mais afetadas.

Para a análise do caso brasileiro, que compreendeu, para os anos de 2008 a 2018, a evolução das ocupações demandadas pela indústria 4.0 e por atividades relacionadas a P&D, observou-se que algumas ocupações apresentaram certo nível

de crescimento ao longo da década estudada, como no caso de serviços de informática, diretores e gerentes relacionados a P&D, entre outros. Destaca-se a evolução dos pesquisadores que apresentaram um crescimento acima de 100% nas áreas de engenharia e tecnologia e ciências naturais e exatas, sendo elas muito relevantes para o avanço da P&D em áreas importantes para o desenvolvimento inovativo, assim como os engenheiros de mecatrônica e computação. Porém, quando olhamos para os demais engenheiros apresentam um dos resultados mais negativo no geral, podendo sinalizar uma deterioração de ocupações de campos relevantes como eletroeletrônica e química, que não por coincidência são setores que vem sofrendo com a desindustrialização e que já não apresentavam bom desempenho dentro da economia doméstica. No entanto, por outro lado, a maior parte das ocupações relacionadas ao que se chamou de “indústria 4.0” apresentou baixo crescimento e até mesmo queda no número de trabalhadores.

Ressalta-se a importância do direcionamento da nossa atenção para este tema, para que o mercado de trabalho no Brasil possa absorver as necessidades - seja de oferta, seja de demanda – impostas pelas novas tecnologias que emergirão nos próximos anos, para que não fiquemos, mais uma vez, à margem do desenvolvimento industrial global.

INDUSTRY 4.0 AND LABOR MARKET: NOTES ABOUT THE BRAZILIAN CASE

ABSTRACT: *During the past decade, technology and digitalization have been advancing in a comprehensive and innovative way, with regard to both the creation of new technologies and new interactions between existing technologies, and, especially, in relation to the junction of technologies inserted in the production chains with digitalization and the internet. In this sense, it is of great relevance and pertinence to reflect on the impacts on the labor market and on the generation and destruction of jobs; this theme is gaining increasing curiosity, whether in universities, research institutes, multilateral agencies, specialized consultancies, public bodies, etc. In this perspective, the objective of the present work is to reflect on some potential impacts of industry 4.0 on the labor market, with emphasis on the analysis of the Brazilian case, from 2008 to 2018. Methodologically, the work will be guided by the international bibliographic review on the theme and analysis of data from the Annual List of Social Information (RAIS), for the study of the Brazilian case. It is noted that the percentage of occupations potentially demanded by industry 4.0 and those associated with R&D vis-à-vis the total number of occupations, is still quite low in the Brazilian labor market, in addition to having little growth over the studied decade.*

KEYWORDS: *Industry 4.0; Technology; Occupation; Employment; Transformation and Reorganization.*

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, P.; SAAVEDRA, C.; MORAIS, R.; ALVES, P.; YAOHAO, P. **Na era das máquinas, o emprego é de quem?**: Estimação da probabilidade de automação de ocupações no Brasil. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, mar. 2019. Texto para Discussão nº 2457.

ANDREONI, A. **A revolution in the making?**: Challenges and opportunities of digital production technologies for developing countries. Vienna: United Nations Industrial Development Organization, 2019.

ARAÚJO, B. C.; CAVALCANTE, L. R.; ALVES, P. Variáveis proxy para os gastos empresariais em inovação com base no pessoal ocupado técnico-científico disponível na Relação Anual de Informações Sociais (Rais). **Radar: Tecnologia, Produção e Comércio Exterior**, Rio de Janeiro, n. 5, p. 16-21, dez. 2009.

ARNTZ, M.; GREGORY, T.; ZIERAHN, U. The Risk of Automation for Jobs in OECD Countries: A Comparative Analysis. **OECD Social, Employment and Migration Working Papers**, Paris, n.189, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1787/5jlz9h56dvq7-en>. Acesso em: 13 maio 2022.

AUTOR, D. Why Are There Still So Many Jobs?: The History and Future of Workplace Automation. **Journal of Economic Perspectives**, Nashville, v. 29, n. 3, p. 3-20, 2015.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA [CNI]. **Desafios para a Indústria 4.0 no Brasil**. Brasília: CNI, 2016.

FREY, C. B.; OSBORNE, M. **The Future of Employment: How Susceptible are Jobs to Computerisation?**. Oxford: University of Oxford Press, 2013.

INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION [ILO]. **Social and Solidarity Economy and the Future of Work**. Geneva: ILO, 2017. Disponível em: https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_emp/---emp_ent/---coop/documents/publication/wcms_573160.pdf. Acesso em: 13 maio 2022.

LEOPOLD, T.; RATCHEVA S. V.; ZAHIDI, S. **The future of jobs Report**. Geneva: World Economic Forum, set. 2018.

MANYIKA, J. *et al.* **A Future that Works: Automation, Employment, and Productivity**. [S.l.]: Mckinsey Global Institute, jan. 2017.

SCHWAB, K. **The fourth industrial revolution**. Genova: World Economic Forum, 2016.

UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION [UNESCO]. International Standard Classification of Education, ISCED 1997. *In*: HOFFMEYER-ZLOTNIK, J.H.P.; WOLF, C. (ed.). **Advances in Cross-National Comparison**. Boston, MA: Springer, 2003. p.195-220.

UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION [UNIDO].
Industrial Development Report 2020: Industrializing in the digital age. Vienna,
2019.