

**UNIVERSIDADE DE SANTA CRUZ DO SUL  
CURSO DE DIREITO**

Rosemara Daiana da Silva Frantz

**INDÚSTRIA 4.0 E SEUS IMPACTOS NO MUNDO DO TRABALHO**

Santa Cruz do Sul  
2020

Rosemara Daiana da Silva Frantz

## **INDÚSTRIA 4.0 E SEUS IMPACTOS NO MUNDO DO TRABALHO**

Trabalho de Conclusão apresentado ao Curso de Direito da Universidade de Santa Cruz do Sul para a obtenção do título de Bacharel em Direito

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dra. Suzéte da Silva Reis

Santa Cruz do Sul

2020

## **AGRADECIMENTOS**

À minha professora orientadora, Dra. Suzéte da Silva Reis, por transmitir seus conhecimentos e experiências, pela sugestão desse tema tão desafiador, pelo incentivo, encorajamento e atenção dedicada durante o desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus pais, Rosemiro e Mariza, por me proporcionarem duas formações acadêmicas e por, desde a infância, insistirem na importância da educação e do conhecimento, despertando em mim o prazer de pesquisar, descobrir e aprender.

Ao meu esposo, professor particular, exemplo de profissional e melhor amigo, Diogo Frantz, pelas discussões jurídicas em nossa casa, por sanar minhas dúvidas e inseguranças, pelo carinho, paciência e incentivo em todos os momentos.

Aos colegas e amigos que conheci durante a graduação, em especial aos queridos Gabriel de Oliveira e Karina Côrtes da Costa, pela troca de conhecimentos, anseios e experiências, pelas revisões minutos antes das provas, pelas conversas e risadas nos intervalos.

À minha colega, parceira e amiga Andréia Diehl Faleiro. Sou imensamente grata pela sua generosidade, cumplicidade e apoio durante essa jornada e pelo grande exemplo de pessoa, em todas as suas facetas (profissional, aluna, colega, amiga, mãe, esposa), que é para mim.

## RESUMO

O presente trabalho possui como foco os impactos da 4ª Revolução Industrial no mundo do trabalho e objetiva analisar as possíveis transformações que ocorrerão. Diante disso, indaga-se: quais os possíveis impactos que a Indústria 4.0 causará no mundo do trabalho? Para tanto será realizada uma abordagem histórica das Revoluções Industriais anteriores e as mudanças ocasionadas por elas na seara do trabalho. Após, serão explorados o conceito de Indústria 4.0 e as principais ferramentas físicas e digitais que a sustentam. Por fim, serão analisadas as transformações que a 4ª Revolução Industrial acarretará na organização e nas relações de trabalho e os impactos sociais dessas mudanças. O método de abordagem utilizado é o dedutivo e a técnica de pesquisa aplicada é a bibliográfica. O estudo do tema em comento é de fundamental importância, visto que as consequências decorrentes da 4ª Revolução Industrial são inevitáveis, porém essas mudanças ainda não são plenamente conhecidas. Logo, é necessário ampliar e aprofundar o estudo acerca dos impactos dessa nova revolução, em especial sobre o mundo do trabalho.

Palavras-chave: Impactos. Indústria 4.0. 4ª Revolução Industrial. Trabalho.

## **ABSTRACT**

The present work focuses on the impacts of the 4th Industrial Revolution on the world of work and aims to analyze the possible transformations that will occur. Therefore, it is asked: what are the possible impacts that Industry 4.0 will cause in the world of work? For this purpose, a historical approach of the previous Industrial Revolutions and the changes caused by them in the field of work will be carried out. Afterwards, the concept of Industry 4.0 and the main physical and digital tools that support it will be explored. Finally, the transformations that the 4th Industrial Revolution will bring to the organization and working relationships and the social impacts of these changes will be analyzed. The method of approach used is deductive and the applied research technique is bibliographic. The study of the subject in question is of fundamental importance, since the consequences of the 4th Industrial Revolution are inevitable, but these changes are not yet fully known. Therefore, it is necessary to expand and deepen the study on the impacts of this new revolution, especially on the world of work.

Keywords: Impacts. Industry 4.0. 4th Industrial Revolution. Work.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>06</b>
<b>2</b>	<b>AS REVOLUÇÕES INDUSTRIAIS E SUAS CONSEQUÊNCIAS NO TRABALHO .....</b>	<b>08</b>
<b>2.1</b>	<b>A 1ª Revolução Industrial: a mecanização da produção e o surgimento do Direito do Trabalho .....</b>	<b>08</b>
<b>2.2</b>	<b>A 2ª Revolução Industrial: energia elétrica, produção em massa e divisão do trabalho .....</b>	<b>13</b>
<b>2.3</b>	<b>Revolução Digital: a tecnologia da informação e a automação dos meios de produção como pilares da 3ª Revolução Industrial .....</b>	<b>18</b>
<b>3</b>	<b>A 4ª REVOLUÇÃO INDUSTRIAL .....</b>	<b>24</b>
<b>3.1</b>	<b>Compreendendo a Indústria 4.0 .....</b>	<b>24</b>
<b>3.2</b>	<b>Tecnologias físicas: veículos autônomos, impressão em 3D e robótica avançada .....</b>	<b>29</b>
<b>3.3</b>	<b>Ferramentas digitais: internet das coisas, <i>blockchain</i>, simulação e inteligência artificial .....</b>	<b>33</b>
<b>4</b>	<b>OS IMPACTOS DA INDÚSTRIA 4.0 NO ÂMBITO DO TRABALHO .....</b>	<b>39</b>
<b>4.1</b>	<b>A (re)organização do trabalho: profissões à beira da extinção x carreiras emergentes .....</b>	<b>39</b>
<b>4.2</b>	<b>As relações de trabalho do futuro .....</b>	<b>43</b>
<b>4.3</b>	<b>As implicações sociais das mudanças trabalhistas .....</b>	<b>50</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>56</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>58</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A palavra “revolução” exprime a ideia de mudança profunda, abrupta e radical. Em regra, ela nasce com o surgimento e a difusão de novas tecnologias e novas formas de perceber o mundo, provocando alterações significativas no contexto econômico, político, cultural e social.

A Revolução Agrícola, reconhecida como a primeira mudança profunda no modo de viver humano, ocorreu há cerca de 10.000 anos e é uma consequência da domesticação dos animais. A partir da combinação da força dos animais e dos seres humano houve um aprimoramento da produção, do transporte e da comunicação. A produção de alimentos aumentou, o que estimulou o crescimento da população, com assentamentos humanos cada vez maiores, acarretando o surgimento das cidades.

Após a Revolução Agrícola, uma série de revoluções industriais se sucedeu. Essas revoluções estão fundamentadas na evolução da maquinaria, na substituição (ainda que parcial) da força muscular pela energia mecânica, evoluindo até a 4ª Revolução Industrial, caracterizada pelo uso de tecnologias que permitem a fusão do mundo físico, digital e biológico.

O mundo do trabalho vem sofrendo fortes mutações desde a primeira Revolução Industrial. Atualmente vive-se a implementação e a ascensão da Indústria 4.0 ou Quarta Revolução Industrial. Esse fenômeno, que vai além de sistemas e máquinas inteligentes e conectadas, envolve inovações sucessivas e generalizadas que causarão impactos sem precedentes na economia, no trabalho, na sociedade e nos indivíduos. O presente trabalho monográfico objetiva, justamente, analisar os possíveis impactos que a implementação da Indústria 4.0 surtirá no mundo do trabalho.

Assim, partindo da ideia de que as Revoluções Industriais anteriores causaram mudanças significativas na configuração do trabalho e considerando que é inevitável o avanço tecnológico no contexto da Indústria 4.0, a principal questão a ser respondida com o presente trabalho é quais as possíveis implicações da atual 4ª Revolução Industrial no mundo do trabalho?

O método utilizado para a concretização da pesquisa é o dedutivo, a partir do qual se busca analisar os possíveis impactos que serão gerados pela Indústria 4.0 no mundo do trabalho. Já a técnica de pesquisa aplicada é a bibliográfica, tendo

como referência basilar o site oficial do Fórum Econômico Mundial – berço das discussões acerca da Indústria 4.0, além de livros, revistas, artigos e periódicos especializados no tema apresentado.

Dessa forma, no primeiro capítulo, estudar-se-á as três primeiras Revoluções Industriais e suas consequências no âmbito do trabalho. No transcorrer do capítulo serão evidenciados os contextos históricos de cada uma dessas fases, suas principais inovações produtivas e suas implicações na organização, execução e regulamentação do trabalho.

No segundo capítulo, passa-se ao estudo da 4ª Revolução Industrial e das principais ferramentas e tecnologias que a sustentam. Para tanto, são explorados o conceito de Indústria 4.0, seus princípios norteadores e as principais ferramentas físicas e digitais que são utilizadas na produção de bens e serviços, incluindo: veículos autônomos, impressão em 3D, robótica avançada, internet das coisas, *blockchain*, simulação e inteligência artificial.

No terceiro capítulo será abordado como a Indústria 4.0 impactará no mundo do trabalho. Para tanto serão exploradas as transformações na organização do trabalho, incluindo as modificações no mercado de trabalho com a extinção de determinadas funções e o surgimento de novas carreiras, bem como as relações de trabalho do futuro e as implicações sociais dessas mudanças.

O estudo do tema em comento é de fundamental importância, visto que as consequências decorrentes da 4ª Revolução Industrial são inevitáveis, porém a amplitude e a profundidade dessas mudanças ainda não são plenamente conhecidas. É preciso que a sociedade e o Direito estejam preparados para enfrentar tais transformações.

Ainda que pesquisadores de diversas áreas busquem prospectar as possíveis consequências da Indústria 4.0, é escassa a bibliografia sobre o tema. Logo, é necessário ampliar e aprofundar o estudo acerca dos impactos dessa nova revolução, em especial sobre o mundo do trabalho, tendo em vista o contexto jurídico, econômico e social em que está envolvido.

## **2 AS REVOLUÇÕES INDUSTRIAIS E SUAS CONSEQUÊNCIAS NO TRABALHO**

O trabalho é inerente ao ser humano. Ele existe desde os primórdios da humanidade e continuará existindo enquanto houver vida humana. Nascimento, A. M. e Nascimento, S. M. (2014, p. 239) definem o trabalho como “uma mediação entre o homem e a natureza. Mediante o trabalho o homem acrescenta à natureza, transformando-a das condições brutas em que se achava no início da história”.

Contudo, o trabalho primitivo, com suas raízes na descoberta do fogo e no desenvolvimento das primeiras ferramentas, já em nada se assemelha ao trabalho contemporâneo. Para Leite (2018, p. 35), “embora nem sempre coincidam os momentos históricos em todas as regiões do mundo, é possível compreender a história do trabalho por meio da evolução dos modos de produção de bens e serviços”.

No fim da Idade Moderna, a 1ª Revolução Industrial introduziu profundas mudanças nos meios de produção, sendo considerada um marco na história do trabalho. Esse processo mutatório permaneceu – e ainda permanece – durante os séculos XX e XXI, permeado pelas transformações causadas pela 2ª e 3ª Revoluções Industriais, resultando no trabalho como o conhecemos atualmente.

### **2.1 A 1ª Revolução Industrial: a mecanização da produção e o surgimento do Direito do Trabalho**

A 1ª Revolução Industrial foi uma das mais importantes entre todas as revoluções do processo histórico. Isso porque transformou radicalmente a história mundial, sendo considerada o marco de uma nova era. Além de transformar a produção de bens e serviços, foi o estopim de profundas transformações nas estruturas institucionais, culturais, políticas, econômicas e sociais e marcou uma nova etapa de relacionamento entre o capital e a força de trabalho (ARRUDA, 1984; IANNONE, 1993).

Para Arruda (1984, p. 8), a Revolução Industrial, de forma geral, “é a culminância de um processo secular, com suas raízes fundidas na crise do sistema feudal, que consolida o modo de produção capitalista, instaurando um sistema econômico-social, com sua forma peculiar de Estado e ideologia específica”.

Já Rostow (1969 *apud* ARRUDA, 1984, p. 14) identificou a Revolução Industrial como

um período no qual a escala da atividade produtiva alcança um nível crítico e produz mudanças que levam a uma maciça e progressiva transformação estrutural nas economias e nas sociedades das quais fazem parte, mudanças definitivas, mais qualitativas do que quantitativas.

Apesar da palavra revolução, esse fenômeno histórico não foi súbito nem catastrófico, trata-se de um longo processo iniciado em meados do século XVI e que se estendeu até o final do século XVIII e início do século XIX (ARRUDA, 1984). Alguns autores, entre eles Arruda (1984), inclusive, afirmam que o termo correto a ser usado é Evolução Industrial.

Na Inglaterra do século XVI, em virtude do desemprego rural causado pela dissolução do sistema feudal, iniciou-se um intenso processo migratório do campo para as cidades. Logo, uma grande massa de mão-de-obra foi lançada no mercado de trabalho, oportunizando um incremento na produção manufatureira e na mineração (IANNONE, 1993; MARX, 2011; NASCIMENTO, A. M.; NASCIMENTO, S. M., 2014).

A partir de então, até o final do século XVIII, a Inglaterra dominou os mercados em que atuava por meio do artesanato, realizado fundamentalmente de forma doméstica, e da divisão do trabalho. Nesse período o próprio artesão era o dono das ferramentas ou do maquinário, o produtor da matéria-prima e o vendedor do produto final (IANNONE, 1993).

Contudo, chegou-se a um patamar em que a produção, principalmente no setor têxtil – principal atividade industrial britânica - não era mais suficiente para ultrapassar os concorrentes e satisfazer os consumidores, exigindo-se dos artesãos melhores preços e qualidade. Houve então uma intensificação da divisão do trabalho, a qual era facilitada ao se concentrar centenas de trabalhadores, que anteriormente trabalhavam em suas próprias casas, em um único local fábrica (IANNONE, 1993).

A importação de tecidos de algodão da Índia e da China e o aumento do consumo interno alavancado pela urbanização e mercantilização estimularam a produção em massa e a concorrência. Isso levou os ingleses a desenvolverem novos métodos, a melhorarem suas técnicas de produção e aperfeiçoarem seus

equipamentos, possibilitando a produção, com a mesma mão-de-obra e custos menores, de produtos com preços mais baixos (DATHEIN, 2003; FERNANDEZ; YOUSSEF, 2003).

Em 1733, surge, então, o primeiro exemplo de maquinismo na indústria têxtil, a lançadeira volante, multiplicando a produtividade em quatro. Durante toda década de 1730 houve aperfeiçoamentos no tear de tecer, permitindo um processo de fiação com mais rapidez e qualidade. Essa técnica passou a ter um caráter econômico, provocando um grande aumento de produtividade e queda de preços, uma vez que concentrava atividades anteriormente realizadas de forma esparsa. (DATHEIN, 2003).

A evolução do maquinismo, com a substituição da produção hidráulica pelas máquinas a vapor, potencializou o processo de substituição de ferramentas movidas por energia humana por máquinas movidas por energia motriz (NASCIMENTO, A. M.; NASCIMENTO, S. M., 2014). Segundo Marx (2011), esse processo foi a essência da transformação causada pela 1ª Revolução Industrial.

A máquina da qual parte a Revolução Industrial substitui o trabalhador que maneja uma única ferramenta por um mecanismo que opera com uma massa de ferramentas iguais ou semelhantes de uma só vez e é movido por uma única força motriz, qualquer que seja sua forma. [...] O aumento do tamanho da máquina de trabalho e da quantidade de suas ferramentas simultaneamente operantes requer um mecanismo motor mais volumoso, e tal mecanismo, a fim de vencer sua própria resistência, necessita de uma força motriz mais possante do que a humana (MARX, 2011, p. 553).

A partir daí observa-se uma transformação vital nas relações sociais de produção, em que o trabalhador individual da manufatura é substituído pelo trabalhador coletivo no sistema de fábricas, dando origem à classe operária (ARRUDA, 1984).

Com o uso das máquinas, a força física se torna prescindível, sendo possível utilizar trabalhadores com pouca força muscular ou desenvolvimento físico imaturo, mas com membros de maior flexibilidade. Surge, então, a oportunidade de explorar o trabalho feminino e infantil, que para Marx (2011, p. 575) “foi a primeira palavra de ordem da aplicação capitalista da maquinaria!”.

A exploração da mão de obra feminina e de menores ultrapassou o trabalho dos homens. Isso porque crianças e mulheres eram consideradas “meias-forças dóceis”, menos suscetíveis à oposição a salários ínfimos, jornadas desumanas e

condições precárias de higiene, com graves riscos de acidentes (BARROS, 2010; NASCIMENTO, A. M.; NASCIMENTO, S. M., 2014).

A substituição do trabalhador clássico (homem) por mulheres e crianças aumentou o número de assalariados, além de submeter, na maior parte dos casos, todos os membros da família ao comando de um único empregador. Ainda, houve a desvalorização da força de trabalho do homem, uma vez que passou a ser repartida entre sua família inteira. Dessa forma, uma família que anteriormente era mantida pelo trabalho do homem passou a necessitar do trabalho de quase todos os seus membros (MARX, 2011).

Marx (2011), ainda, relaciona a redução do tempo de fabricação de um produto causada pela maquinaria, com a prolongação excessiva da jornada de trabalho, pois a rapidez de produção aguçava ainda mais a voracidade dos empregadores. Além disso, a desvalorização do trabalho, refletida na redução dos salários, levava os operários a se submeterem a jornadas exaustivas, que ultrapassavam o limite natural humano.

Por sua vez, a falta de regulamentação dava total liberdade ao empregador de estabelecer as condições de trabalho, além de extinguir, modificar ou até vitaliciar o contrato (quase sempre verbal) de emprego à sua vontade. Esses abusos eram comuns na indústria escocesa, na qual os trabalhadores eram comprados ou vendidos com os filhos (NASCIMENTO, A. M.; NASCIMENTO, S. M., 2014).

Assim, a soma da desvalorização da força de trabalho, da opressão de trabalhadores mais fracos, da indignidade das condições de trabalho subordinado e da liberdade econômica e normativa da época, de certa forma, gerou uma nova forma de escravidão.

O Estado, inerte, observava os acontecimentos, transformando-se em um instrumento de opressão contra os menos favorecidos. Vigia, à época, a lei de bronze, que considerava o trabalho uma mercadoria, cujo valor era determinado pela concorrência que o considerava custo da produção e, portanto, era o mínimo necessário à subsistência do operário. A partir dessa lei, Marx desenvolveu o princípio da depauperação progressiva do proletariado correlacionado à acumulação do capital. Essa análise despertou nos trabalhadores a consciência coletiva e a sua força extraordinária (BARROS, 2010).

As condições subumanas de trabalho despertaram a indignação da sociedade, principalmente dos operários. Organizações de trabalhadores, a fim de pressionar o

poder público por soluções, realizaram violentas manifestações que incluíam a destruição de máquinas de fábricas, consideradas as causas de sua miserabilidade (PAZZINATO; SENISE, 1995).

A questão social também chamou a atenção da doutrina social da Igreja, que condenava os excessos capitalistas, socialistas e comunistas, de modo que

o Estado deve intervir nas relações de trabalho para assegurar bem comum; a propriedade não é um direito absoluto, e ao dono corresponde, na realidade, uma função de administrador, devendo submeter-se às limitações necessárias, dada a sua função social; o trabalho é título de honra, que toca a dignidade da pessoa humana; o salário deve ser justo e suficiente para manter o trabalhador e sua família de forma decorosa; o descanso deverá permitir-lhe a reposição de forças e o cumprimento dos deveres religiosos; não devem ser exploradas as “meias-forças” (mulheres e crianças”; trabalhadores e empregadores não devem enfrentar luta de classes; a sociedade deve organizar-se corporativamente e as organizações profissionais deverão regular as relações de trabalho; o Estado deve intervir e fixar condições em favor de quem não conta com outra sorte de proteção. (BARROS, 2010, p. 64-65).

Para Leite (2018, p. 36), “a ideia da justiça social preconizada, principalmente, pela Igreja Católica, através das Encíclicas *Rerum Novarum* e *Laborem Exercens*, e o marxismo, preconizando a união do proletariado e a ascensão dos trabalhadores, pela luta de classes, ao poder político” contribuíram de forma decisiva para o nascimento do direito do trabalho.

Somado a isso, o conflito entre o coletivo e o individual ameaçava a estrutura e a estabilidade da sociedade, urgindo a necessidade de um ordenamento jurídico mais justo e equilibrado. O Estado, então, interveio na regulamentação do trabalho, inspirando-se em princípios que lhe atribuem critérios próprios, como o princípio da proteção, que visa garantir condições mínimas de trabalho, e o princípio da irrenunciabilidade (BARROS, 2010).

O Direito do Trabalho surge, portanto, no século XIX, na Europa, como resposta política aos problemas sociais acarretados pela ideologia do capitalismo liberal, reclamando mudanças em seus institutos, a fim de solucionar a crise social posterior à Revolução Industrial.

Nasceu sob o império da máquina, que, ao reduzir o esforço físico e simplificar a atenção mental, facilitou a exploração do trabalho das mulheres e dos menores, considerados “meias forças”, relegando-se o trabalho do homem adulto a um plano secundário. O desgaste prematuro do material humano nos acidentes mecânicos do trabalho, os baixos salários e as excessivas jornadas foram, então, inevitáveis. O Direito Civil já não se

encontrava apto à solução desses problemas, os quais exigiam uma legislação mais de acordo com o momento histórico-social. Isso porque a celebração e o cumprimento do contrato de trabalho disciplinados pela liberdade assegurada às partes no direito clássico, intensificavam a flagrante desigualdade dos interlocutores sociais (BARROS, 2010, p. 84).

Leite (2018) afirma que as primeiras leis trabalhistas foram, quanto à forma, ordinárias e constitucionais e, quanto à matéria, protecionistas aos menores e às mulheres.

Em 1802, entra em vigor na Inglaterra a primeira lei verdadeiramente tutelar quanto ao trabalhador, a chamada *Moral and Health Act* (Ato da Moral e da Saúde), que proibia o trabalho noturno e a jornada diária superior a 12 horas aos menores. Quatro anos após, na França, foram instituídos os *conceils de prud'hommes*, órgãos destinados a dirimir as controvérsias entre operários e fabricantes, sendo apontados como precursores da Justiça do Trabalho. Em 1901, é editado o Código do Trabalho francês (BARROS, 2010; LEITE, 2018).

A Carta Magna Mexicana de 1917 foi a primeira Constituição a prever direitos trabalhistas. Em seu artigo 123 foram protegidos direitos como: "jornada diária máxima de oito horas, jornada noturna de sete horas, proibição do trabalho do menor de 12 anos, limitação da jornada do menor de 16 anos a seis horas, descanso semanal, salário mínimo, igualdade salarial [...]" (LEITE, 2018, p. 36).

A segunda Constituição a tratar da matéria foi a da Alemanha, intitulada de Constituição de Weimar (1919), que possuía característica principiológica e repercutiu amplamente na Europa (LEITE, 2018).

Ainda, têm-se como consequências da primeira Revolução Industrial no Direito do Trabalho: o início da normatização do trabalho infantil e da mulher em 1939 na Alemanha; o Manifesto Comunista de Marx e Engels; a implantação da primeira forma de seguro social em 1883, também na Alemanha; a instituição do salário justo por meio da Encíclica Papal *Rerum Novarum* (coisas novas); e a criação da Organização Internacional do Trabalho (OIT), em 1919 (BARROS, 2010).

## **2.2 A 2ª Revolução Industrial: energia elétrica, produção em massa e divisão do trabalho**

A 2ª Revolução Industrial, iniciada na segunda metade do século XIX, é caracterizada pelas inovações, pela utilização do aço e de novas fontes de energia

(como a energia elétrica e o petróleo), pela produção em massa e pela concentração e centralização do capital em grandes empresas (PAZZINATO; SENISE, 1995).

Tais inovações modificaram a estrutura de produção capitalista, promovendo a passagem do capitalismo industrial para o capitalismo financeiro. Essa transformação ocorreu de forma gradual, atingindo sua plena realização no século XX (PAZZINATO; SENISE, 1995).

O surgimento de um novo material, o aço, levou à substituição do ferro nas ferrovias, na construção naval, nos armamentos e, principalmente, na indústria. Na metalurgia foram introduzidos novos elementos como o tungstênio, o manganês, o cromo e o níquel (DATHEIN, 2003).

Dathein (2003) destaca o papel assumido pela ciência e pelos laboratórios de pesquisa nesse período. A química, que até então havia se desenvolvido para atender às necessidades da indústria têxtil, passa a ter um papel de destaque. Importantes descobertas que formaram as bases das indústrias farmacêuticas e de plásticos ocorreram durante a 2ª Revolução Industrial. Universidades, onde se concentravam os cientistas profissionais e suas pesquisas, começaram a colaborar com indústrias, como a Bayer na Alemanha, para desenvolvimento de novos produtos.

Ainda, ocorreram avanços significativos na produção de explosivos e fertilizantes, no desenvolvimento de matérias-primas e tecidos sintéticos e na expansão da indústria farmacêutica, de cosméticos, perfumaria, inseticidas e material fotográfico (PAZZINATO; SENISE, 1995).

A geração da eletricidade tornou-se possível com a invenção do dínamo, na segunda metade do século XIX. Inicialmente, a energia elétrica foi utilizada nas comunicações, porém foi seu uso na iluminação pública que possibilitou a sua produção em grande escala. Logo, este uso foi ultrapassado pela utilização da eletricidade nos transportes, na indústria eletroquímica e na metalurgia (ALVES; OLIVEIRA, 2015; DATHEIN, 2003).

O surgimento da energia elétrica provocou, ainda, grandes avanços nas comunicações, como a invenção do telefone, do telégrafo, dos cabos submarinos de comunicações e as ondas de rádio (ALVES; OLIVEIRA, 2015; DATHEIN, 2003).

A partir de 1870, a eletricidade passou a ser amplamente utilizada na indústria, substituindo gradualmente a energia a vapor nas fábricas. Com isso, todo o modo de produção foi remodelado, incluindo suas rotinas e processos, levando a um rápido

desenvolvimento tecnológico que acelerou o processo produtivo. Ainda, o uso da eletricidade na indústria ressaltou a necessidade de adaptação das condições de trabalho do operário (NASCIMENTO, A. M.; NASCIMENTO, S. M., 2014, PAZZINATO; SENISE, 1995; SOARES, 2018).

No fim do século XIX, surgiu o petróleo como uma nova e revolucionária fonte de energia. Sua utilização possui várias vantagens sobre o uso do carvão, como o dobro de produção por unidade de peso, a economia de espaço e mão-de-obra e a auto-alimentação com controle automático. Essa fonte de energia era muito usada em navios e foi mundialmente difundida com a criação do automóvel e motores à gasolina (DATHEIN, 2003).

A partir de então o maquinismo iniciado na 1ª Revolução Industrial é intensificado, dando origem à produção em alta escala de bens padronizados. Como consequência desse processo tem-se o surgimento da organização ou administração científica do trabalho e dos processos automatizados. Nos Estados Unidos originou-se um mercado de massas que refletiu em uma nova forma de salário baseada na produtividade (DATHEIN, 2003).

Para Dathein (2003, p. 20), “estas novas fontes de energia, novos materiais e novos processos tecnológicos formaram a base técnica que, juntamente com as mudanças nos processos de trabalho e com o surgimento da grande empresa oligopolista, moldaram a indústria e a civilização do século XX”.

Quanto à organização do trabalho, a 2ª Revolução Industrial é caracterizada pela divisão do trabalho, a especialização e a introdução da “racionalização” do processo de trabalho, conhecida como modelo de produção fordista-taylorista. Tal modelo era baseado na divisão de funções na linha de montagem e na produção em série de bens padronizados (NASCIMENTO, A. M.; NASCIMENTO, S. M., 2014; PATIAS; BELATO; OLEA, 2008; ROIO, 1996).

Taylor introduziu na indústria o conceito de eficácia no processo econômico. Fazendo uso do cronômetro, eliminou do trabalho humano os tempos mortos que o retardam. A tarefa de cada trabalhador é dividida nos menores componentes operacionais visivelmente identificáveis. Cada componente é medido para apurar o menor tempo atingível sobre condições de desempenho ótimas. O trabalho do operário é um trabalho de mera execução. O taylorismo caracteriza-se por uma nítida separação entre concepção (organização) das tarefas e sua execução. O homem não passa de uma engrenagem no sistema complexo dominado pela máquina. A parcelização das tarefas e um estrito controle do trabalho constituem os elementos fundamentais da organização científica do trabalho.

Ford lançou a produção em série e implantou a estandardização das peças que compõem o conjunto. A fim de acelerar o ritmo de trabalho, adotou a esteira móvel, que apresenta ao operário os elementos necessários ao seu trabalho no instante em que são exigidos. As vantagens em ganhos são evidentes, mas os inconvenientes estão à vista: o caráter parcelado do trabalho se acentua e o operário fica sujeito a um ritmo desumano, à fadiga nervosa e aos acidentes e doenças profissionais (ROMITA, 2000, p. 87).

A partir desse novo sistema, o trabalho torna-se cada vez mais especializado, fortemente regulado pelo capital e direcionado à máxima produção. A produtividade do trabalho é levada ao extremo por essa nova forma de gerenciamento do processo de produção, implicando uma exploração do trabalho intensificada (BRAGHINI, 2018; ROIO, 1996).

Esse sistema de produção rigidamente mecanizado e repetitivo empobrece o trabalho. Contudo, segundo Roio (1996, p. 193), “propicia laços de solidariedade derivados das semelhanças de colocação no processo produtivo e nas condições de vida, que ganham expressão organizativa e cultural no sindicato e partido de massa”.

Dessa forma, os operários, de forma reativa e cada vez mais organizados, clamam por seus direitos tentando inverter a lógica do empobrecimento. A principal conquista do movimento operário da época é o Estado assistencial ou Estado de Bem – Estar Social (*welfare state*), caracterizado por melhores salários, direitos sindicais, políticas macroeconômicas direcionadas ao pleno emprego e direitos políticos para engajar-se em políticas nacionais (PATIAS; BELATO; OLEA, 2008; ROIO, 1996).

O Estado de Bem – Estar Social é considerado

uma alternativa para o capitalismo, conquanto não deixe de ser uma estrutura econômica capitalista, porém mesclada com uma preocupação social maior, aspecto que o afasta dos sistemas capitalistas neoliberais puros na medida em que procura valorizar o homem cobrindo -o de uma manta protetora social.[...]

Um dos seus postulados é da maior relevância e repercute no pensamento contemporâneo do direito do trabalho: existem direitos sociais indissociáveis da existência de todo cidadão. Usa a política social como meio de obter eficiência econômica. É uma concepção não redutiva ao direito do trabalho e ingressa nos direitos sociais, em sentido amplo, como área de proteção na qual o Estado está obrigado a dispensar a sua tutela, isto é, nas áreas da educação, saúde, trabalho, moradia, lazer, segurança, previdência e assistência social, proteção à maternidade, à infância, aos desamparados, prestando, portanto, muito mais que a tutela do trabalhador como tal, mas como membro da sociedade numa das situações essenciais para que possa ser um cidadão (NASCIMENTO, A. M.; NASCIMENTO, S. M., 2014, p. 64-65).

Para Leite (2018, p. 653), “as lutas e reivindicações da classe operária, fato que traduz, necessariamente, a ideia de liberdade do indivíduo não só frente ao Estado, mas também frente a outros indivíduos: os detentores do capital e dos meios de produção” foram as precursoras do sindicalismo. Apesar do movimento sindical ter sua origem na 1ª Revolução Industrial, foi na primeira metade do século XX que ganhou força na consciência coletiva da classe trabalhadora

No Brasil, o Direito do Trabalho, como disciplina autônoma, surgiu após a Revolução de Trinta e sofreu influências externas e internas.

Os fatores externos decorreram das transformações que ocorriam na Europa com a proliferação de diplomas legais de proteção ao trabalhador, o ingresso do nosso país na OIT – Organização Internacional do Trabalho, criada pelo Tratado de Versalhes (1919).

Os fatores internos foram basicamente o movimento operário influenciado por imigrantes europeus (final de 1800 e início de 1900), o surto industrial (pós-primeira guerra mundial) e a política de Getúlio Vargas (1930) (LEITE, 2018, p. 37).

A Justiça do Trabalho brasileira foi criada em 1939. Já em 1943, Getúlio Vargas outorgou a Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), que é “o texto legislativo básico do direito do trabalho brasileiro, enriquecido pela legislação complementar e pela Constituição Federal” (LEITE, 2018, p. 38).

Ainda que a doutrina não especifique o surgimento do Direito do Trabalho no Brasil e a sua sedimentação, com a criação da Justiça do Trabalho e a publicação da CLT, como consequências da 2ª Revolução Industrial, é importante destacar que foi dentro desse contexto histórico e social, que teve início após a 1ª Revolução Industrial, que esse processo ocorreu.

Braghini (2018) sustenta que no transcurso da 2ª Revolução Industrial, o trabalho subordinado, reconhecido na 1ª Revolução Industrial, passa a ser delineado pelo seu aspecto subjetivo, ressaltando os poderes de controle e a fiscalização da execução do trabalho, compatível com o modelo de produção centralizada e hierarquizada defendido por Ford. Contudo, a produção de bens – focada no ganho de escala e na produtividade, passa por uma remodelação estrutural, de forma a suprimir os níveis hierárquicos da empresa, promovendo uma maior horizontalização. Dessa forma, os esforços são concentrados no topo da organização, permitindo a constante especialização pela transferência de atividades-meio a outras empresas secundárias, surgindo o conceito de terceirização.

Para Munhoz, Borges e Kimmelmeir (2008), dentre as transformações ocorridas nas relações de trabalho pós-segunda Revolução Industrial merece destaque as mutações ocorridas nas atividades empreendedoras autônomas. Inicialmente, o capital objetivava deter o conhecimento e a técnica das atividades autônomas dos artesãos, a fim de decompô-las em tarefas menores, favorecendo a produção padronizada e em grande escala. Por não possuírem o conhecimento do processo de produção e não conseguirem competir com a alta produtividade industrial, o número de empreendedores autônomos reduziu drasticamente.

No entanto, considerando que os avanços tecnológicos e os novos modelos de gestão – sendo o principal deles a terceirização – passaram a alterar o trabalho, diminuindo o número de empregos, fez-se necessário incentivar novamente o trabalho autônomo empreendedor, principalmente os trabalhadores *free-lancers* e os micro e pequenos empresários (MUNHOZ; BORGES; KEMMELMEIER, 2008).

Importante destacar que, embora Braghini (2018) e Munhoz, Borges e Kimmelmeir (2008) defendam a terceirização e o surgimento do empreendedorismo dentro da classe trabalhadora como consequências da 2ª Revolução Industrial, essas novas formas de trabalho foram mais difundidas no contexto da 3ª Revolução Industrial, como passamos a analisar a seguir.

### **2.3 Revolução Digital: a tecnologia da informação e a automação dos meios de produção como pilares da 3ª Revolução Industrial**

A Revolução Digital, também conhecida como 3ª Revolução Industrial, ocorreu a partir da década de 1960, com o desenvolvimento dos semicondutores, a automatização dos processos produtivos, o surgimento dos computadores e microprocessadores e o uso da internet (SCHWAB, 2016; SOARES, 2018).

É resultante, em grande parte, do estímulo às invenções ocorrido durante a Guerra Fria, estando intimamente ligada aos investimentos, facilitados pelo Estado, realizados após a crise de 1929 com o objetivo principal de vencer a Segunda Guerra Mundial e superar a crise econômica, chegando ao seu apogeu com o fim do regime socialista, ocorrido em 1989/1991 (MEDEIROS; ROCHA, 2004; ROMITA, 2000).

O uso da informática, da telemática, da robotização, bem como o desenvolvimento dos meios de comunicação – principalmente pela disseminação do

uso da internet –, produziram, e continuam a produzir, grande repercussão dentro e fora da empresa (LEITE, 2018).

Por força da terceira revolução, o mundo capitalista, até então assentado sobre a ortodoxia do gerenciamento convencional, sofre em cerca de duas décadas o impacto de descobertas científicas que vão gerar uma verdadeira revolução tecnológica, abrangendo o mais significativo conjunto de mudanças de toda a história e eclipsando todas as experiências anteriores da vida econômica.

Os avanços da revolução tecnológica não permitirão que as instituições permaneçam inalteradas. O capitalismo sofrerá consideráveis transformações, em face da competição que se desenvolverá em níveis internacionais, já que os capitais, a tecnologia e as idéias passarão a fluir com facilidade por cima das fronteiras (ROMITA, 2000, p. 88).

Em meio a esse processo de avanço tecnológico, desenvolveu-se a globalização. Leite (2018, p. 305) considera a globalização como “um fenômeno econômico, resultante do reconhecimento das diversas partes do mundo, devido a uma crise generalizada, de que seria preciso unir esforços para supressão de deficiências locais”.

A globalização tem seu berço nas primeiras trocas comerciais entre países e continentes. Porém, ganhou dimensão econômica, política, social e ideológica em razão da Revolução Digital. O progresso tecnológico e dos sistemas de comunicação facilitou a interligação entre os países, fomentando a circulação de mercadorias, serviços e trabalhadores, o que afetou as relações de trabalho (NASCIMENTO, A. M.; NASCIMENTO, S. M., 2014).

A automação e a tecnologia da informação tornaram a transferência de dados muito mais veloz, proporcionando uma reestruturação organizacional. As novas relações entre empresas e empregados impõem estilos de gestão mais flexíveis e democráticos, amplamente utilizados atualmente, como o trabalho em equipe, jornadas de trabalho flexíveis, novas formas de remuneração e negociações diretas entre empregador e empregado (SILVA, 1998).

Com a Revolução Digital as empresas tiveram que alterar seus modos de operação e utilização dos meios de produção, tendo como base as novas tecnologias informacionais e as técnicas flexibilizadas de obtenção da mão de obra. Além disso, começaram a utilizar o preceito de *lean production* (produção “enxuta”), o qual limita a utilização de mão de obra humana e amplia o maquinário técnico-científico (GORENDER, 1997; PEDROSO, 2013).

Nesse sentido, Fonseca (2007, v. 10) destaca que a 3ª Revolução Industrial promoveu a flexibilização dos fatores produtivos, tais como:

o capital (ascensão de inéditos e preponderantes mercados financeiros); as formas de produção (*just in time*, subcontração em perspectiva internacional, obsolescência programada, entre outras); os padrões gerenciais (empresa enxuta, reengenharia, *downsizing*); a força de trabalho (tendo em vista a precarização e as inúmeras formas temporárias e parciais de contratação, com impactos diretos na organização do trabalho, fragilizando-o); a circulação dos bens e serviços (em razão dos nichos de produção, desovados pela segmentação do consumo, em que o marketing e a propaganda ocupam papel central, reforçando além do mais a ideologia do descartável).

Essas mudanças ocasionaram significativas transformações no mundo do trabalho, sendo a redução do emprego, com a diminuição de pessoal e o desaparecimento de postos de trabalho, uma das mais evidentes. O desemprego estrutural – caracterizado pela permanência e continuidade dos altos níveis de desemprego e pelo aumento do tempo de procura por trabalho – atingiu todas as classes de trabalhadores, independentemente do grau de qualificação técnica (GORENDER, 1997; PEDROSO, 2013).

O setor bancário foi fortemente atingido pela Revolução Digital. Até a década de 80, a profissão bancária era bastante visada, principalmente nas instituições estatais, pela boa remuneração e segurança. A partir do início de 1990, as instituições bancárias investiram fortemente em tecnologia da informação, com a implementação dos caixas automáticos, *internet banking* (em 1998) e, atualmente, os aplicativos para *smartphones*. Com isso, o número de bancários no Brasil diminuiu dois terços (de 900 mil para 300 mil), ilustrando o aumento da produtividade por meio da tecnologia da informação e que ocorrerá nos demais ramos da economia (NEVES, 2007).

Apesar disso, Neves (2007) defende que a mecanização e a automatização do trabalho rotineiro são uma conquista da humanidade e não apenas uma mera destruição de empregos. Na transição para era digital global milhares de profissões, ocupações e empregos serão suprimidos e caberá a cada indivíduo tornar-se mais flexível e reinventar-se para aprender novas qualificações e novas formas de subsistência.

Diferentemente, Nascimento, A. M. e Nascimento, S. M. (2014, p. 54) afirmam que o desemprego estrutural

afetou a sociedade comprometendo princípios que sempre foram consagrados, como o valor social do trabalho, a dignidade da pessoa humana e a erradicação da pobreza com a redução das desigualdades sociais. Estamos diante de nova questão social, a resultante da extinção de postos de trabalho sem perspectivas de reaproveitamento do trabalhador reciclado para novas atribuições, situação iniciada no período pós -1970 e que provoca discussões sobre os fins do direito do trabalho como direito exclusivamente garantístico do empregado ou, além disso, um direito sensível aos imperativos do desenvolvimento econômico e do avanço do processo produtivo.

A fim de conter a automação desenfreada dos meios de produção e proteger o trabalho humano, a Constituição Federal de 1988 introduziu a proteção contra os efeitos da automação no rol dos direitos sociais previstos no art. 7º, ainda que a matéria dependa de regulamentação, “Art. 7º São direitos dos trabalhadores urbanos e rurais, além de outros que visem à melhoria de sua condição social: [...] XXVII - proteção em face da automação, na forma da lei” (BRASIL, 1988, [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm)).

Quanto à falta de regulamentação infraconstitucional sobre a proteção frente à automação, Lima (2018, p. 20) entende que

a obrigatoriedade de regulação por lei infraconstitucional para proteção em face da automação exigida pela CF/1988, atrelada à falta de mecanismos jurídicos que protejam a mão de obra humana diante dos avanços tecnológicos, só cria uma barreira protecionista em favor do empresariado.[...] O Poder Público brasileiro, assim, precisa, quando for criar mecanismos jurídicos para a proteção em face da automação, implementar medidas que permitam evitar o retrocesso social constitucional. Para isso, apoiar instituições educacionais é fundamental, tal como direcionar estudos que possam promover de forma harmônica o trabalho humano com a automação, seja com cursos de aperfeiçoamento ou desenvolvendo softwares que gerem empregos, como acontece no Centro de Estudos Avançados do Recife (CESAR).

Com a disseminação do uso da informática e da internet, também surgiram novas formas de prestação dos serviços, como o teletrabalho ou *home office*, e de controle por parte da empresa, como circuitos internos de televisão nos locais de trabalho, monitoramento de acesso à intranet e ao e-mail institucional, o uso de sensores em revistas e os cartões-ponto magnéticos e biométricos (NASCIMENTO, A. M.; NASCIMENTO, S. M., 2014).

Pedroso (2013) destaca ainda, como consequências da 3ª Revolução Industrial sobre o âmbito do trabalho, a precarização e a perda da qualidade do trabalho,

observadas pelo crescimento das modalidades de empregos flexíveis – terceirização, trabalho por tempo determinado e em regime de tempo parcial, subcontratação e o trabalho autônomo e informal. Isso porque

essas formas de ocupações se vêm precarizadas perante o amparo das leis de proteção trabalhistas, pois fogem ao padrão de trabalho legalmente constituído. Muitas destas estão desamparadas de qualquer regulamentação legal e quando o possui são direitos flexibilizados, cobrindo em partes aquilo que no trabalho tradicional fabril e estável era amplamente assegurado. Dessa forma, os direitos trabalhistas duramente conquistados desde o início da Revolução Industrial, na Inglaterra, passaram a ser flexibilizados, visando dispor de uma mão de obra em função das necessidades imediatas do mercado.

A precarização também atinge a identidade e o poder de representação dos trabalhadores através da destruição, desconfiguração e segmentação dos coletivos de trabalho que ocorre em função do aumento do desemprego, das práticas de ocupações subcontratadas e terceirizadas. Este processo atinge drasticamente a base social que historicamente compôs os movimentos trabalhistas, o que, por sua vez, levou a um enfraquecimento do poder sindical (PEDROSO, 2013, p. 148-149).

Nesse panorama, Silva (2019) destaca o fenômeno da pejetização, que ocorre quando o trabalhador (pessoa física) constitui uma pessoa jurídica para a prestação dos serviços. Essa transformação fraudulenta, muitas vezes imposta como condição pelo empregador, tem o objetivo de descaracterizar a relação de emprego, excluindo o trabalhador da proteção legal, reduzindo os encargos trabalhistas e afastando a responsabilidade do empregador.

Esse novo formato de trabalho com características mais flexíveis, que se desenvolveu fortemente nas últimas duas décadas, não encontrou guarida no direito do trabalho tradicional voltado para a proteção do emprego típico (trabalho assalariado, prestação de serviço habitual, vínculo contratual firme e por tempo indeterminado).

Nesse contexto e com a justificativa de ajustar as normas trabalhistas à realidade fática atual – resultante das dramáticas transformações da economia global e dos avanços tecnológicos –, em 2017, no Brasil, é aprovada a Reforma Trabalhista, com a alteração de mais de cem dispositivos da CLT.

Apesar de regulamentar novas modalidades de trabalho, como o trabalho intermitente e o teletrabalho, até então sem previsão legislativa, a Reforma é considerada um retrocesso para o Direito do Trabalho. Conforme Leite (2018, p. 38),

sob o argumento da necessidade da “modernização” das relações trabalhistas, ela institui três princípios de proteção ao Capital (liberdade, segurança jurídica e simplificação), invertendo os valores, os princípios e as regras de proteção ao trabalhador consagrados em diversas normas internacionais e constitucionais [...].

Da mesma forma, Silva (2019, p. 20) destaca como pontos negativos introduzidos pela Reforma:

prevalência do negociado sobre o legislado; subversão dos princípios do Direito do Trabalho; perda de direitos definidos pela CLT e pela Constituição Federal; limitações impostas à atuação da Justiça do Trabalho; enfraquecimento das entidades sindicais.

Hoje nos encontramos em um momento de transição entre a 3ª e a 4ª Revolução Industrial e não é possível vislumbrar com exatidão o impacto que essa nova revolução terá sobre a seara do trabalho. Assim como nas revoluções anteriores, o conhecimento das características que a constituem, bem como das inovações por ela introduzidas, é fundamental para entendermos as mudanças que estão por vir.

### 3 A 4ª REVOLUÇÃO INDUSTRIAL

A 4ª Revolução Industrial teve início na transição do século XX para o século XXI e fundamenta-se na Revolução Digital. É caracterizada pela internet mais onipresente e móvel, sensores minúsculos, de menor custo e mais eficientes e pela inteligência artificial e aprendizagem automática (SCHWAB, 2016).

Schwab (2016, p. 19) destaca que as tecnologias digitais – computador, software e redes – não são novidades, porém “estão causando rupturas à terceira revolução industrial; estão se tornando mais sofisticadas e integradas e, conseqüentemente, transformando a sociedade e a economia global”.

Ainda, Schwab (2016, p. 19-20) defende que a 4ª Revolução Industrial está muito além de sistemas e máquinas inteligentes interconectadas.

Ondas de novas descobertas ocorrem simultaneamente em áreas que vão desde o sequenciamento genético até a nanotecnologia, das energias renováveis à computação quântica. O que torna a quarta revolução industrial fundamentalmente diferente das anteriores é a fusão dessas tecnologias e a interação entre os domínios físicos, digitais e biológicos. Nessa revolução, as tecnologias emergentes e as inovações generalizadas são difundidas muito mais rápida e amplamente do que nas anteriores, as quais continuam a desdobrar-se em algumas partes do mundo.

Para Fernandez (2020), a 4ª Revolução Industrial se distingue das anteriores, justamente pela natureza inteligente e independente das novas tecnologias, baseada na coleta e análise de dados automática, na comunicação em rede e no aprendizado de máquina.

Difere-se também por ter sido identificada e estudada enquanto está em desenvolvimento. As três Revoluções Industriais anteriores somente foram reconhecidas e estudadas como tal depois que já tinham sido concretizadas. Assim, a fim de melhor entendermos o contexto da 4ª Revolução Industrial, passamos a estudar o conceito de Indústria 4.0 e as principais tecnologias que a integram.

#### 3.1 Compreendendo a Indústria 4.0

O termo “Indústria 4.0” surgiu na Alemanha em 2011, durante a feira de Hannover, em uma ação conjunta entre iniciativa privada, autoridades governamentais e universidades, com o objetivo de aumentar a produtividade e

eficiência industrial do país e descrever como as mudanças introduzidas pela 4ª Revolução Industrial irão revolucionar a organização das cadeias globais de valor (SCHWAB, 2016; SOUZA; CAVALLARI JR.; DELGADO NETO, 2017).

A partir de então, diversos países desenvolveram iniciativas com objetivos semelhantes aos da Indústria 4.0, como a *Advanced Manufacturing* nos Estados Unidos, a *La Nouvelle France Industrielle* na França, o *Made in China 2025* na China e o Rumo à Indústria 4.0 no Brasil (DALENOGARE, 2018).

Para Bahrin *et al.* (2016), a Indústria 4.0 é uma nova área onde a internet das coisas e os sistemas ciber-físicos se interconectam, de maneira que a combinação de software, sensor, processador e tecnologia da comunicação desempenham um grande papel em desenvolver produtos/equipamentos capazes de retroalimentar informações, agregando valor ao processo de fabricação e ampliando a capacidade de resolução de problemas sem interferência humana.

Hermann, Pentek e Otto (2016) definem a Indústria 4.0 como um termo que reúne tecnologias e conceitos da cadeia de valor organizacional. Dentro das fábricas inteligentes, estruturadas no formato da Indústria 4.0, os sistemas ciber-físicos monitoram processos, criam cópias virtuais do mundo físico e tomam decisões descentralizadas. Por meio da internet das coisas (IoT – *Internet of Things*), esses sistemas se comunicam e cooperam uns com os outros e com humanos, tudo em tempo real. Através da intranet e internet os produtos e serviços são oferecidos e utilizados por todos os participantes da cadeia de valor.

Ainda, esses sistemas são conectados verticalmente com os processos de negócios, dando aos tomadores de decisão acesso direto a qualquer etapa ou produto envolvido no processo, e horizontalmente com outras partes dispersas e externas envolvidas, sendo possível gerenciar e controlar todo o processo desde o momento em que um pedido é feito até a logística de entrega (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2016).

Na visão de Moraes e Monteiro (2019, p. 13), a Indústria 4.0 é

um conjunto de modelos de negócios caracterizado pelo crescente uso de processos de digitalização e pela tendência de conectividade e interconexão de produtos; é orientada a serviços, materiais e tecnologia de processamento avançados; caracteriza-se pela existência de redes colaborativas avançadas de manufatura, a chamada *smart production*, e redes de dispositivos avançados de manufatura controlados por computadores, combinando-os em um ambiente físico-digital (ciberfísico) chamado fábrica inteligente ou *smart factory*.

Com o uso das chamadas “fábricas inteligentes”, é possível criar um mundo onde os sistemas físicos e virtuais de produção cooperam de forma global e flexível, permitindo a total personalização de produtos e a criação de novos modelos operacionais. Ainda, serão observadas melhorias na gestão empresarial, com rápidas tomadas de decisão e respostas autônomas dos sistemas de produção. Isso será possível graças à independência dos sistemas, que serão capazes de compreender suas especificações e se comunicar com outros sistemas transferindo informações (SCHWAB, 2016; RODRIGUES; JESUS; SCHUTZER, 2016).

Morais e Monteiro (2019, p. 13) acrescentam que a fábrica inteligente “domina a complexidade dos novos processos, é menos sujeita a interferências externas e aumenta a produtividade, além de propiciar comunicação absolutamente natural entre pessoas, máquinas e recursos, da mesma forma que em uma rede social”.

Em síntese, a Indústria 4.0 visa construir uma plataforma de fabricação aberta e inteligente para ser usada no sistema de informação em rede industrial. Isso permitirá que empresas de todos os portes tenham fácil acesso a tecnologias analíticas e de modelagem que podem ser personalizadas para satisfazer as suas necessidades (BAHRIN *et al.*, 2016).

Nesse sentido, descrevem-se seis princípios basilares da Indústria 4.0:

a) **interoperabilidade** – considerado um facilitador dentro da plataforma da Indústria 4.0, é a capacidade de todos os sistemas ciber-físicos (por exemplo, transportadores de peças, estação de montagem e produtos) se comunicarem entre si – de forma transparente, fluida e permanente – usando a internet e a internet das coisas (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2016). Fernandez (2020) alerta que, para a concretização desse princípio na prática, é fundamental que exista um protocolo comum e unificado para todos os dispositivos conectados ao sistema, pois, do contrário, a interoperabilidade seria nula;

b) **virtualização** – por meio de sensores distribuídos por todas as unidades de produção e conectados a modelos virtuais e de simulação, é possível criar uma cópia virtual do mundo físico. Nesse modelo virtual, que inclui todos os detalhes da linha de produção, podem ser inseridas novas informações (tais como, próximas etapas de trabalho e medidas de segurança) e testadas novas situações para avaliar e prever seu comportamento. Com a virtualização é possível monitorar remotamente todos os processos, evitando possíveis erros, aumentando a confiabilidade do

processo, facilitando a tomada de decisões e reduzindo custos (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2016);

c) **descentralização** – refere-se basicamente à descentralização da tomada de decisões. Esse princípio preconiza que os sistemas sejam capazes de, por conta própria, tomar decisões inteligentes com base nos dados coletados e analisados, sem fazer uso de ações externas, dando maior autonomia à máquina para fazer ajustes necessários sem intervenção humana (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2016). Fernandez (2020, p. 6), exemplifica bem esse princípio: “um sistema embarcado inteligente que, ao receber dados de sensores, decide, através de um mecanismo previamente programado, se deve acelerar ou reduzir a produção”;

d) **capacidade de operação em tempo real** – as informações são coletadas e analisadas instantaneamente, permitindo um controle em tempo real do status de produção. Assim, o sistema pode reagir automaticamente contra algum desvio, sem a necessidade da presença física de um empregado para tomar essa decisão. Um exemplo é o redirecionamento de produtos para outra máquina, após o reconhecimento de falhas na máquina originalmente destinada à produção (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2016);

e) **orientação a serviços** – consiste na criação e desenvolvimento de softwares customizados, com base nas necessidades específicas de cada cliente, direcionados aos serviços da Indústria 4.0. São esses programas que integram as tecnologias, ferramentas e serviços que constituem a fábrica inteligente, que, por sua vez, tem sua planta baseada em uma arquitetura orientada a serviços. Por meio da internet, todos os sistemas ciber-físicos estão disponíveis e podem ser utilizados interna e externamente por todos os participantes do processo (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2016);

f) **modularidade** – os sistemas modulares são capazes de se adaptar a mudanças, como flutuações sazonais e alterações nas características do produto, substituindo ou expandindo módulos individuais com base em interfaces de software e hardware padronizados. Ou seja, há maior flexibilidade no arranjo físico da linha de produção com a retirada ou inserção de módulos produtivos (usando o princípio Plug & Play) de acordo com a demanda, tornando a manufatura mais rápida e dinâmica e com menor custo (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2016).

As primeiras notícias no Brasil sobre o tema Indústria 4.0 foram especialmente voltadas, tão somente, para o ganho empresarial, ou seja, centradas na visão de

estratégia de mercado, competitividade, redução de custos e aumento da lucratividade.

Tais perspectivas, ainda não mudaram, pois, recentemente, o Ministério da Indústria, Comércio e Serviços confirmou tais premissas:

Os impactos da Indústria 4.0 sobre a produtividade, a redução de custos, o controle sobre o processo produtivo, a customização da produção, dentre outros, apontam para uma transformação profunda nas plantas fabris. Segundo levantamento da ABDI, a estimativa anual de redução de custos industriais no Brasil, a partir da migração da indústria para o conceito 4.0, será de, no mínimo, R\$ 73 bilhões/ano (BRASIL, 2019, <http://www.industria40.gov.br/>).

Assim, o Ministério da Indústria, Comércio e Serviços, partindo da premissa da Indústria 4.0, estipulou uma agenda brasileira rumo aos desafios que se apresentarão diante dos novos cenários mercadológicos, porém voltada tão somente para a economia, deixando de lado a principal engrenagem que é o trabalhador. Nesse sentido, sugere os seguintes passos:

- a) Conhecimento: O ponto de partida começa com a compreensão do conceito de Indústria 4.0 pela empresa, buscando avaliar como está hoje e para onde pode ir.
- b) Protótipo: Em seguida, é necessário saber quem são os parceiros tecnológicos e de negócios e como eles podem contribuir nessa jornada para a 4.0.
- c) Requisito: Com um bom time e regras que facilitem a atuação da empresa no mercado, aumentam-se as chances de sucesso no caminho da 4.0.
- d) Incentivos: No fim, o investimento em soluções 4.0 que aumentem a eficiência, a produtividade e a competitividade das empresas é o grande passo para a mudança para novos patamares produtivos.
- e) Alianças Estratégicas: Em um país mais integrado à economia global, a competitividade da indústria dependerá da capacidade do produtor nacional em incorporar as novas tecnologias da Indústria 4.0, permitindo que ele possa competir em igualdade de condições em seu mercado interno e externo. (BRASIL, 2019, <http://www.industria40.gov.br/>).

Por fim, a Indústria 4.0 enfatiza a ideia de digitalização consistente e ligação de todas as unidades produtivas em uma economia. Existem várias áreas tecnológicas que sustentam a Indústria 4.0, tais como veículos autônomos, sistemas verticais e horizontais de integração, internet das coisas, cibersegurança, computação em nuvem, análise de big data, simulação, impressão 3D, *blockchain* e *bitcoin*, realidade aumentada, robótica e inteligência artificial (SCHWAB, 2016; BAHRIN *et al.*, 2016).

Assim, é essencial o conhecimento acerca das principais tecnologias físicas e digitais que prometem modificar drasticamente os meios de produção para entendermos o atual contexto da 4ª Revolução Industrial.

### **3.2 Tecnologias físicas: veículos autônomos, impressão em 3D e robótica avançada**

Os veículos autônomos estão inseridos no conceito de “Mobilidade 4.0”, considerada a mobilidade inteligente da 4ª Revolução Industrial. São fundamentados na completa automatização, na alta dependência de inteligência artificial e em equipamentos de alta tecnologia no comando dos veículos. A partir disso, são capazes de analisar e sentir o ambiente que o cerca e navegar sem a direção humana (PEREIRA; BOTELHO, 2018).

Morais e Monteiro (2019, p. 46) explicam a tecnologia envolvida no funcionamento dessa ferramenta:

um veículo autônomo é constituído por uma unidade de controle eletrônica capaz de armazenar, analisar e processar os dados obtidos pelos sensores do veículo. Entre os sensores, as câmeras capturam imagens do ambiente externo, as quais, quando analisadas pela unidade de controle, permitem decidir pela movimentação ou pela frenagem do veículo. Outros sensores disponíveis nos veículos autônomos são os radares e os sensores ultrassônicos, bem como os sensores a laser. Todo esse conjunto de sensores é responsável por capturar dados de curta e longa distância e enviar à unidade de controle eletrônica. Após o processamento dos dados, a unidade de controle emite sinais aos atuadores do veículo, e o controle eletrônico de estabilidade permite a aceleração e a frenagem do veículo sem a intervenção humana.

Além do transporte de pessoas, os veículos guiados automaticamente (*Automatic Guided Vehicle – AGV*) são amplamente utilizados na indústria, tanto na transferência de materiais ao longo do processo de produção quanto no transporte interno entre os diversos setores (almoxarifado, fábrica, estoque, centro de distribuição), realizando a movimentação precisa de ferramentas, matérias-primas e produtos acabados. Também, estão sendo testados caminhões autônomos para o transporte e frete de cargas, para uso na agricultura (especialmente no processo de colheita) e na mineração, onde sua precisão é fundamental para evitar abalos estruturais nas minas, desmoronamento e acidentes fatais (MORAIS; MONTEIRO, 2019).

Schwab (2016) considera como vantagens do uso de automóveis autônomos os seguintes pontos: maior segurança, menos estresse e agressividade no trânsito, mais tempo disponível para se dedicar ao trabalho e/ou acessar as mídias, efeitos menos danosos sobre o meio ambiente com a utilização de veículos elétricos, maior mobilidade para idosos e pessoas com deficiência.

Em contrapartida, essa ferramenta ocasionará redução de empregos tanto na indústria automobilística como nos transportes (taxistas, Ubers, caminhoneiros), além de ocasionar mudanças drásticas em relação ao seguro e à assistência ao motorista, encarecendo tais serviços. Ainda, o uso de automóveis autônomos exigirá do Estado rodovias adequadas para a circulação e adaptação normativa e ocasionará a redução de receita decorrente de infrações de trânsito (SCHWAB, 2016).

A impressão em três dimensões (3D), também chamada de manufatura ou fabricação aditiva e prototipagem rápida, foi desenvolvida, inicialmente, para facilitar a fabricação de moldes, ferramentas e protótipos de produtos em fase de projeto, em razão de possibilitar a produção de uma única unidade de produto de forma econômica. Ela consiste na construção de um objeto físico tridimensional por impressão a partir de um modelo digital, em que uma camada de material é depositada sobre a outra sucessivamente (MORAIS; MONTEIRO, 2019; SCHWAB, 2016).

Fernandez (2020, p. 80) explica os cinco processos básicos da impressão 3D:

- Criação do modelo 3D do objeto. Isso é feito com design específico ou software de digitalização por meio de engenharia reversa.
- O modelo 3D é convertido em um formato (padrão Triangle-Language) capaz de dividir digitalmente o objeto em camadas.
- Transfira o arquivo STL e execute a configuração da máquina.
- A máquina constrói o modelo camada por camada através do computador.
- O resfriamento do objeto, após a impressão terminar, o objeto requer um tempo de descanso e é removido da máquina.

Atualmente, existem diversos tipos de impressão 3D que diferem entre si na forma de funcionamento, no produto desenvolvido e no material (insumo) utilizado. YÁÑEZ (2017, p. 55-56, tradução nossa) identifica sete tecnologias distintas, a saber:

Fusion Deposition Modeling (FDM): é uma tecnologia que permite a obtenção de peças em plástico ABS ou PLA (polímero biodegradável produzido a partir de material orgânico).

Tecnologias de impressão 3D a laser:

Estereolitografia (SLA): tecnologia baseada na solidificação de resinas fotossensíveis, camada por camada, por meio de um laser de frequência ultravioleta. As peças resultantes são de alta precisão e os materiais podem ter diferentes acabamentos (transparências, metalizados, pintados).

Sinterização seletiva a laser (SLS): utiliza material em pó (poliestireno, materiais cerâmicos, vidro, nylon e materiais metálicos). O laser compacta o pó, fundindo o material que, após, se solidifica (sinterizado).

Outras tecnologias:

Fotopolímero PolyJet: um fotopolímero líquido é ejetado e então solidificado pela luz ultravioleta. Tal como acontece com outras tecnologias 3D, a impressão é feita camada por camada.

Derretimento seletivo a laser (SLM): semelhante ao SLS, porém derrete o material em pó, em vez de apenas fundi-lo em baixa temperatura.

Fusão de feixe de elétrons (EBM): utiliza um feixe de elétrons, em vez de um laser UV, para derreter o pó.

Fabricação de objetos laminados (LOM): onde diferentes camadas de material (papel adesivo, plástico ou folhas de metal) são colocadas uma sobre a outra e coladas com resina/cola e cortadas no formato apropriado com um laser.

Inicialmente a impressão tridimensional era utilizada principalmente nos setores automobilístico e aeroespacial. Hoje, não há limites para sua aplicação: é usada na impressão de próteses e equipamentos médicos, alimentos, vestuário e na construção civil. Há estudos que demonstram que, em um futuro muito próximo, será possível a impressão de partes do corpo humano, como órgãos, vértebras e cartilagens.

Em 2020, a impressora 3D foi uma importante aliada no combate à COVID-19 (*Corona Virus Disease*). Diversas empresas, entre elas a Petrobrás, colocaram seus equipamentos à disposição para a fabricação de máscara de proteção, *face shields* e válvulas para respiradores mecânicos.

Entre os pontos positivos dessa tecnologia podemos citar: redução do ciclo projeto-manufatura, pela rapidez da impressão; surgimento de um novo ramo da indústria para o fornecimento de materiais de impressão; redução drástica de desperdício de material e dos custos de produção e estocagem; democratização do poder de fabricação, já que os produtos podem ser feitos em qualquer lugar que tenha uma impressora, pois os moldes são digitais; elaboração de produtos 100% personalizados; entre outros (FERNANDEZ, 2020; MORAIS; MONTEIRO, 2019).

Quando se trata do uso dessa tecnologia para aplicação na área da saúde, as vantagens são ainda mais impactantes. A impressão 3D de órgãos poderia acabar com as longas filas de espera para transplantes, enquanto que a produção *in loco* de

implantes, marca-passos, próteses, talas e outros materiais médicos raros e que precisam ser personalizados, tornaria os procedimentos mais rápidos e menos custosos, ampliando o acesso aos tratamentos (SCHWAB, 2016).

Entretanto, Schwab (2016) alerta que a impressão 3D pode causar danos ambientais com o aumento de resíduos eliminados, primazia da propriedade intelectual como fonte de valor da produtividade e pirataria. Em relação à área médica, poderão ocorrer a produção desenfreada e sem regulamentação de partes do corpo humano, equipamentos médicos e alimentos (resultando em produtos de baixa qualidade), debates éticos e desincentivo à atenção com a saúde, já que quase tudo poderá ser substituído.

Outro ponto importante é o perigo que a crescente democratização da impressão tridimensional representa. Com uma rápida busca no site de pesquisa Google, é possível encontrar diversos modelos de impressoras 3D para uso doméstico e com valores a partir de R\$ 2.000,00. Essas máquinas de baixo investimento imprimem apenas pequenos objetos e de design simples. Contudo, com os avanços tecnológicos na área, logo serão capazes de criarem produtos mais complexos, como armas. Em 2019, por exemplo, um homem de 26 anos foi declarado culpado no Reino Unido por ter fabricado uma arma de fogo em uma impressora 3D (REVISTA EXAME, 2019).

Outra tecnologia de extrema importância no ambiente 4.0, a robótica faz parte do contexto da automação do processo produtivo desde a 3ª Revolução Industrial. Inicialmente, os robôs industriais eram máquinas programáveis, normalmente em forma de braço mecânico, utilizadas para realizar trabalhos repetitivos. Em razão da sua alta produtividade, elevada precisão, baixo índice de erros, redução de custo em comparação ao trabalho humano e grande flexibilidade em termos de volume e variedade de produção, a sua utilização vem crescendo exponencialmente nas últimas duas décadas (MORAIS; MONTEIRO, 2019; SOUZA; CAVALLARI JR.; DELGADO NETO, 2017).

Por causa dos constantes avanços tecnológicos, os robôs estão se tornando mais autônomos, flexíveis e cooperativos. Isso porque

a concepção estrutural e funcional deles passou a ser inspirada por estruturas biológicas complexas (uma extensão de um processo chamado biomimetismo, pelo qual imitam-se os padrões e as estratégias da natureza). Os avanços dos sensores capacitam os robôs a compreender e responder melhor ao seu ambiente e empenhar-se em tarefas variadas; por

exemplo, as tarefas domésticas. Ao contrário do passado, quando eles precisavam ser programados por uma unidade autônoma, os robôs podem agora acessar informações remotas através da nuvem e assim se conectar a uma rede de outros robôs (SCHWAB, 2016, p. 28).

Os novos robôs inteligentes podem realizar tarefas altamente complexas, pois possuem maior capacidade de processamento e autonomia para tomada de decisões, e se comunicam com outras máquinas. Ainda, são capazes de trabalhar de forma segura ao lado de humanos em tarefas interligadas, por meio de sensores inteligentes de interface entre homem e máquina (BAHRIN *et al.*, 2016).

Segundo, Schwab (2016), um dos principais impactos da robótica é a diminuição dos postos de trabalho pela substituição do trabalho humano, desde o setor produtivo até agricultura, enfermagem e serviços de varejo.

De acordo com a Federação Internacional de Robótica (2020), em 2019 o número de robôs industriais em funcionamento ultrapassou a marca de 2,7 milhões de unidades, sendo que a proporção na indústria de manufatura foi de 113 robôs a cada 10.000 funcionários. Em comparação ao número total de robôs ativos em 2014 (1,47 milhões), o atual volume reflete um aumento de 85% em apenas cinco anos. Na América do Sul, o Brasil é o país com o maior estoque operacional de robôs, com quase 15,3 mil unidades.

### **3.3 Ferramentas digitais: internet das coisas, *blockchain*, simulação e inteligência artificial**

A internet das coisas (IoT – *Internet of Things*) se baseia em uma nova dimensão de conexão pela Internet. Ela possibilita, além da conexão em qualquer lugar e a qualquer tempo, a conexão a qualquer coisa (PEREIRA; BOTELHO, 2018). Essa extensão da atual internet objetiva facilitar a gestão de coisas, de forma remota, pelos próprios interessados nos produtos e serviços (SOARES, 2018).

Galegale *et al.* (2016, p. 437) afirma que a internet das coisas “envolve sensores ou microchips que, conectados à objetos físicos, permitem interação homem-objeto e objeto-objeto, abrindo uma série de aplicações tanto em áreas de saúde, uso pessoal e negócios”.

O objetivo é a conectividade em rede, em que dados são recebidos e enviados de forma independente, interativa e inteligente. A IoT permeia todos os dispositivos

físicos (hardwares) e virtuais (softwares) de um ambiente, inclusive o próprio ambiente, permitindo a comunicação entre eles, constituindo o sistema ciber-físico. Por essa razão a IoT é considerada um dos pilares da Indústria 4.0 (RIBEIRO; ABREU, 2020)

A etiqueta inteligente foi a primeira aplicação da internet das coisas, podendo ser usada para identificar e rastrear produtos, monitorar espécies de animais ameaçadas e até mesmo pessoas. Esse sistema é utilizado pela Disney World para controlar a entrada dos visitantes nos parques temáticos através do uso de uma pulseira, a qual, além de identificar e monitorar a movimentação do usuário, registra as compras efetuadas e os dados de cartão de crédito (SINGER, 2014).

Esses sensores se tornam cada vez menores, mais baratos e inteligentes. Existem bilhões, se não trilhões, de dispositivos espalhados por *smartphones*, *smartwatches*, *smarthomes* (casas inteligentes), carros inteligentes, cidades inteligentes, redes de transportes e energias, além daqueles usados no setor produtivo.

O estudo “Internet das Coisas: um plano de ação para o Brasil”, realizado em 2017 pelo Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações em parceria com o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), estima que o uso da IoT na produtividade brasileira e na melhoria dos serviços críticos do país (saúde, mobilidade, segurança) causará um impacto financeiro de aproximadamente US\$ 200 bilhões, até 2025 (BRASIL, 2017).

Apesar dos promissores usos da internet das coisas, ela abre espaço para problemas como a preservação da privacidade e possíveis ataques cibernéticos. Logo, destaca-se a importância do desenvolvimento de sistemas de segurança na mesma velocidade dos avanços tecnológicos nessa área, a fim de manter a segurança e confiabilidade no uso dessa ferramenta.

Morais e Monteiro (2019, p. 40) definem *blockchain* como

o registro de transações baseado em uma tecnologia de bancos de dados distribuído (banco de dados de transações compartilhado e sincronizado entre vários computadores e locais, sem um controle centralizado), com alto grau de segurança.[...] Os dados são registrados em uma rede par a par, na qual os participantes têm acesso aos dados e podem aceitá-los por meio de algoritmos de consenso. Os dados aprovados entram no banco de dados distribuído e são armazenados em sequência cronológica.

Em outras palavras, essa tecnologia, também conhecida como protocolo de confiança, inclui arquivos descentralizados e compartilhados de registros e informações, com o fim de gerar um indexador universal para as transações de moedas digitais em um negócio específico. O *blockchain* se utiliza da computação em nuvem e busca segurança lógica por meio da desconcentração das ações de seus clientes (SOARES, 2018).

O *bitcoin*, e as demais moedas digitais, utiliza o *blockchain* como livro-razão contábil, onde é mantido um registro das transações de todos *bitcoins* gerados, sempre mostrando sua origem, trajetória e destino. Uma vez gravadas as informações, não é possível alterá-las, pois são assinadas digitalmente. Isso proporciona transparência e credibilidade nas negociações e inova a forma de se fazer contratos, sem a necessidade da intermediação de instituições financeiras (LUCIANO, 2018; SOARES, 2018).

Apesar de originalmente ter sido criado para transações com moedas digitais, essa plataforma pode ser usada para registros de propriedades e negócios, registros civis, pagamentos, licenças e permissões, diplomas escolares, informações médicas empréstimos, contratos, patentes e votos, ou seja, qualquer transação que possa ser convertida em código (MORAIS; MONTEIRO, 2019; SCHWAB, 2016).

Schwab (2016, p. 151) destaca as oportunidades e os desafios sobre o uso dessa ferramenta para os países.

Por um lado, ele não é regulamentado nem possui supervisão de nenhum Banco Central, ou seja, há menos controle sobre a política monetária. Por outro, ele cria a possibilidade de novos mecanismos de tributação que podem ser construídos no próprio *blockchain* (por exemplo, um pequeno imposto sobre as transações).

O *blockchain* tem sido destaque no setor governamental. Zug, na Suíça, desde 2016, aceita o pagamento de seus tributos em *bitcoin*. Já a Estônia, considerada uma nação digital e referência na prestação de serviços públicos, utiliza essa tecnologia na prestação de serviços judiciários, legislativos, policiais e relativos à saúde (MARQUES, 2019).

Outra tecnologia basilar da Indústria 4.0, a simulação é a representação virtual de, todo ou parte de, um sistema/processo físico (real), utilizando um sistema computacional. Por meio dela, é possível conhecer um processo (antes mesmo que

ele seja iniciado), prever e evitar falhas em projetos, no planejamento e no desenvolvimento de produtos (ABREU *et al.*, 2017; TORGA, 2007).

No contexto da 4ª Revolução Industrial,

a simulação computacional pretende utilizar mais amplamente as informações da planta, analisando dados em tempo real, aproximando o mundo físico e virtual. O resultado da captura destas informações é o chamado *digital twin*, em que toda a cadeia de criação de um produto passa a ter seu representante idêntico também no mundo virtual. Isto irá permitir aos operadores testar e aperfeiçoar as configurações das máquinas para o próximo produto na linha de produção virtual, antes de qualquer mudança real, gerando otimização de recursos, melhor performance e mais economia (ABREU *et al.*, 2017, p. 51).

A simulação é utilizada na área médica, militar, de logística, da construção civil, da ergonomia; mas é na manufatura a sua principal aplicação. Apesar do alto custo e complexidade dos seus modelos, o emprego dessa ferramenta nos processos produtivos apresenta diversas vantagens, das quais Morais e Monteiro (2019, p. 41) destacam: “permitir a análise de soluções criativas sem a necessidade de implementá-las; verificar impactos da mudança de variáveis no resultado do sistema; considerar as flutuações do sistema; realizar todas essas atividades a custos baixos”.

Ainda, essa técnica permite a definição da quantidade e da melhor alocação de maquinário e funcionários – reduzindo custos e aumentando a produtividade – e a avaliação de desempenho e dos procedimentos operacionais, aumentando a qualidade dos processos e produtos (SOUZA; CAVALLARI JR.; DELGADO NETO, 2017; TORGA, 2007).

Por fim, a ferramenta mais instigante da 4ª Revolução Industrial: a inteligência artificial (IA). Marvin Minsky, co-fundador do Laboratório de Inteligência Artificial do Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT), define inteligência artificial como “a ciência de fazer que as máquinas façam coisas que exigiriam inteligência se feitas por um ser humano” (MINSKY, 1985, p. 326, tradução nossa).

No contexto da Indústria 4.0, a IA é o cérebro do sistema ciber-físico, agindo de forma autônoma e adaptável. A partir de informações armazenadas no *big data* (grande conjunto de dados volumosos, complexos e diversificados), ou obtidas em tempo real pela internet das coisas, e com o uso de modelos matemáticos e algoritmos, a IA possibilita que o sistema pense, aprenda, tome decisões e aja de forma eficiente e eficaz (RIBEIRO; ABREU, 2020; YÁÑEZ, 2017).

Para isso, pode se utilizar das seguintes técnicas:

- sistemas especialistas: modelam o conhecimento como uma série de regras denominadas base de conhecimento;
- raciocínio baseado em casos: busca casos passados que estão armazenados na memória e aplica a solução a um novo caso semelhante;
- sistema de lógica difusa (fuzzy): trabalha com situações de imprecisão, com regras baseadas em valores aproximados ou subjetivos;
- redes neurais: voltadas para problemas complexos, com grande quantidade de dados, buscando padrões e relações, cujo encontro, de outra forma, seria improvável;
- algoritmos genéticos: procuram reproduzir o processo de evolução de organismos vivos por meio de reprodução, mutação e seleção natural até encontrar soluções que produzam melhores resultados;
- agentes inteligentes: softwares que trabalham na retaguarda, sem intervenção humana, voltados para a execução de decisões em atividades repetitivas e previsíveis a partir de uma base de dados embutida ou aprendida (MORAIS; MONTEIRO, 2019, p. 39).

Apesar do crescente uso dessa tecnologia nos processos produtivos, a inteligência artificial está muito além das fábricas, possuindo aplicações em diversas áreas e setores: saúde, agricultura, varejo online, esporte, mercado financeiro, entretenimento, entre outros. Ela está inserida na rotina das pessoas, sem, muitas vezes, ser reconhecida. É a IA que controla os sistemas de navegação, como o Waze, e sugere músicas e playlists no Spotify. É por meio dela que a Amazon e a Netflix são capazes de prever quais livros, filmes e séries o usuário quer explorar.

No Brasil, a inteligência artificial é a aposta do setor público para otimizar a prestação de serviços. O Tribunal de Contas da União (TCU) e a Controladoria Geral da União (CGU), por exemplo, utilizam a ferramenta ALICE – Análise de Licitações e Editais para fiscalizar editais de licitações e atas de pregão eletrônico. Na advocacia pública, a Procuradoria Geral do Distrito Federal utiliza a Dra. Luiza, IA desenvolvida para gerenciar demandas em massa (ABRAHAM; CATARINO, 2019).

Por sua vez, o Poder Judiciário tem usado essa tecnologia como aliada para sanar e evitar o acúmulo processual. No Supremo Tribunal Federal (STF), VICTOR (IA) analisa se os novos recursos extraordinários interpostos se referem a temas que já foram julgados pela Corte com repercussão geral, os rejeitando ou os devolvendo ao Tribunal de origem em caso positivo (STF, 2018).

Já o Superior Tribunal de Justiça (STJ) conta, atualmente, com três inteligências artificiais em uso: o Sócrates 1.0 (com a versão 2.0 em desenvolvimento), capaz de analisar semanticamente as peças processuais, identificar casos com matérias semelhantes e pesquisar jurisprudências do Tribunal

referentes ao tema; o Sistema Athos que, antes de distribuir os processos, identifica se devem ser julgados pelo rito dos recursos repetitivos; e o e-Juris, utilizado pela Secretaria de Jurisprudência para identificar referências legislativas e jurisprudenciais (STJ, 2020).

Nos últimos anos, a inteligência artificial evoluiu no sentido de tentar recriar sistemas cognitivos, sendo capaz de adquirir e absorver conhecimento e se autocorriger, o que é conhecido como aprendizado de máquina. O objetivo é que a máquina possa aprender melhor e de forma mais rápida e confiável do que o ser humano, além de se autocorriger sem intervenção de pessoas. Sistemas como a Siri (Apple), o Alexa (Amazon) e o Watson (IBM), que já utilizam essa tecnologia, analisam um volume gigantesco de dados, fazem diagnósticos, propõem ações e interagem oralmente com os usuários (MORAIS; MONTEIRO, 2019; YÁÑEZ, 2017).

Após entender o conceito de Indústria 4.0, estudar as principais tecnologias físicas e digitais que a sustentam e conhecer algumas das transformações que estão causando (velozmente) no nosso cotidiano e, de forma mais intensa, nos setores produtivos, fica evidente que estamos em meio a uma revolução.

Ocorre que – além de proporcionar facilidades pro nosso dia a dia e vantagem competitiva para as empresas – a 4ª Revolução Industrial afeta diretamente um dos pilares da vida humana e da sociedade: o trabalho.

## 4 OS IMPACTOS DA INDÚSTRIA 4.0 NO ÂMBITO DO TRABALHO

Em meio ao contexto da Quarta Revolução Industrial, é imprescindível a discussão acerca dos seus impactos, especialmente no mundo do trabalho Schwab (2016) defende que grandes mudanças virão, entretanto, ainda não é possível quantificar a sua extensão, pois se trata de uma revolução transparente, não palpável e nunca vista antes na história.

Dentre os impactos, Cavalcante (2018, p. 809) destaca:

As inovações tecnológicas colaboraram com o surgimento de novos setores da economia, com a extinção de outros (“destruição criativa”), a ampla inclusão do trabalho feminino e de pessoas com deficiência, a eliminação de tarefas penosas e de outras com acentuado grau de risco para a integridade física e mental do trabalhador, com avanços para o sistema de proteção de saúde do trabalhador (“aspectos positivos”). Contudo, também existem os “aspectos negativos” a serem estudados, como a alteração de funções, a intensificação do ritmo de trabalho, o surgimento de novas patologias, a extinção de postos de trabalho (desemprego tecnológico e dispensas coletivas) e ainda a fragmentação dos sindicatos de trabalhadores.

Sobre os efeitos da Indústria 4.0 sobre os empregos, Schwab (2016, p. 45) tece as seguintes considerações:

[...] precisamos entender os dois efeitos concorrentes que a tecnologia exerce sobre os empregos. Primeiro, há um efeito destrutivo que ocorre quando as rupturas alimentadas pela tecnologia e a automação substituem o trabalho por capital, forçando os trabalhadores a ficarem desempregados ou realocar suas habilidades em outros lugares. Em segundo lugar, o efeito destrutivo vem acompanhado por um efeito capitalizador, em que a demanda por novos bens e serviços aumenta e leva à criação de novas profissões, empresas e até mesmo indústrias. Os seres humanos possuem uma incrível capacidade de adaptação e inventividade. Mas o importante aqui é o tempo e o alcance em que o efeito capitalizador consegue suplantar o efeito destruidor e a velocidade dessa substituição.

Assim, passamos a analisar como as novas tecnologias irão impactar no mercado de trabalho, nas futuras relações de trabalho e nas transformações sociais que essas mudanças acarretarão.

### 4.1 A (re)organização do trabalho: profissões à beira da extinção x carreiras emergentes

Ao se analisar a relação entre novas tecnologias e trabalho, em regra, a primeira preocupação que surge é acerca da substituição do trabalho humano pelas máquinas. Essa discussão remonta desde o surgimento das primeiras máquinas no contexto da 1ª Revolução Industrial, porém se intensificou durante a Revolução Digital, quando a automação dos processos produtivos passou a ser vista como uma ameaça aos postos de trabalho.

Inicialmente, o receio de substituição do trabalho humano girava em torno da capacidade de as máquinas desempenharem tarefas repetitivas e pesadas de forma mais rápida, precisa e com menor custo. Contudo, na 4ª Revolução Industrial, essa discussão vai além do “chão de fábrica”, alcançando o trabalho cognitivo, intelectual. Dessa forma, funções em áreas que exijam qualificação, mas que são desenvolvidas de forma rotineira e programável – como medicina, assistência financeira e jurídica, agricultura e logística – também podem estar ameaçadas (BIVAR, 2018).

Isso não significa que todas as funções do futuro serão desempenhadas por máquinas ou ferramentas e sistemas digitais, mas indica que algumas profissões se tornarão obsoletas, enquanto novas carreiras surgirão.

Em 2013, dois pesquisadores da Universidade Oxford quantificaram o efeito da Quarta Revolução Industrial sobre os empregos. Em sua pesquisa, concluíram que em torno de 47% dos empregos dos Estados Unidos estavam em risco, além de escalonarem 702 profissões pelo risco de serem substituídas pela automatização nas próximas duas décadas (FREY; OSBORNE, 2013).

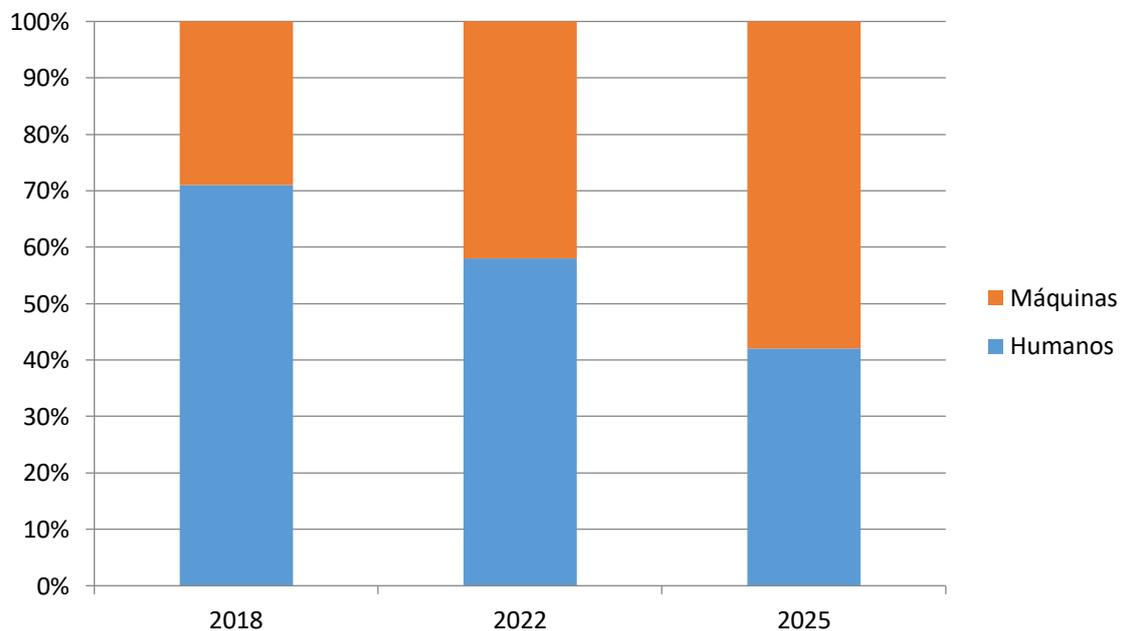
Frey e Osborne (2013) elencam alguns exemplos de profissões mais propensas à automação, as quais seguem em escala decrescente: operadores de telemarketing; responsáveis por cálculos fiscais; avaliadores de seguros; árbitros, juízes e outros profissionais desportivos; secretários jurídicos; corretores de imóveis; mão de obra agrícola; secretários e assistentes administrativos (exceto os jurídicos, médicos e executivo); entregadores e mensageiros.

Da mesma forma, são listadas, de forma crescente, as carreiras menos suscetíveis à automação: assistentes sociais; corógrafos; médicos e cirurgiões; psicólogos; gerentes de recursos humanos; analistas de sistemas de computador; antropólogos e arqueólogos; engenheiros marinhos e arquitetos navais; gerentes de vendas e diretores (FREY; OSBORNE, 2013).

Mais recentemente, em 2018, a fim de melhor informar empresas, governos e sociedade sobre o atual, e provável futuro, cenário do mercado de trabalho, o Fórum

Econômico Mundial elaborou um relatório sobre o futuro do trabalho – *The Future of Jobs Report 2018*. Conforme os dados coletados, naquele ano as pessoas eram responsáveis por 71% das horas trabalhadas, enquanto que nos 29% das horas restantes o trabalho era realizado por máquinas. A projeção para 2025 revela que, em um futuro muito próximo, na maior parte do tempo (58%) quem estarão trabalhando são as máquinas, conforme se verifica no Gráfico 1.

**Gráfico 1 – Taxa de automação: divisão do trabalho com base nas horas trabalhadas (%)**



Fonte: WEF, 2018, [http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_Future\\_of\\_Jobs\\_2018.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_2018.pdf).

Da mesma forma que Frey e Osborne (2013), o relatório de 2018 também definiu as profissões mais suscetíveis ao desaparecimento e aquelas mais promissoras entre 2018 e 2022. Verifica-se que as profissões com tarefas repetitivas, envolvendo alimentação de banco de dados e análises pouco complexas serão substituídas por softwares muito mais rápidos e precisos. Dentre essas profissões destacam-se: atendentes de *call centers*, escriturários, secretários e telefonistas, atendentes ao público, contadores, auditores, bancários, trabalhadores do serviço postal e de transporte, analistas financeiros e gestores de materiais.

Em contrapartida, as carreiras voltadas para as novas tecnologias, como cientistas de dados, especialistas em IA e aprendizado de máquina,

desenvolvedores e analista de softwares e aplicativos e especialistas em big data e em transformação digital, estão em ampla ascensão. Da mesma forma, são consideradas tendências, pelo menos até 2022, os cargos que envolvam competências como comunicação, interação, coordenação, desenvolvimento, gerenciamento, assessoramento e tomada de decisões (WEF, 2018).

Em 2020, o Fórum Econômico Mundial, em parceria com a LinkedIn e a Burning Glass Technologies, identificou os 20 cargos que tiveram maior crescimento nos últimos cinco anos em 96 países, representando 45% da produção econômica global. Estas funções foram agrupadas em sete categorias profissionais que representarão 6,1 milhões de oportunidades de emprego entre 2020 e 2022 (Tabela 1).

**Tabela 1 – Crescimento das oportunidades de emprego dentro das categorias profissionais do futuro entre 2020 e 2022**

Categorias profissionais	Número de oportunidades a cada 10.000 vagas oferecidas	
	2020	2022
Economia de cuidados	193	260
Vendas, marketing e conteúdo	87	125
Dados e inteligência artificial	78	123
Engenharia e computação em nuvem	60	91
Pessoas e Cultura	47	58
Desenvolvimento de produtos	32	44
Economia verde	9	14
<b>Total</b>	<b>506</b>	<b>715</b>

Fonte: WEF, 2020, [http://www3.weforum.org/doc/WEF\\_Jobs\\_of\\_Tomorrow\\_2020.pdf](http://www3.weforum.org/doc/WEF_Jobs_of_Tomorrow_2020.pdf)

Além das carreiras relacionadas às novas tecnologias, já reconhecidas em pesquisas anteriores, o relatório destaca as profissões voltadas para desenvolvimento de produtos, marketing e vendas, pessoas e cultura, economia verde (sustentabilidade) e economia de cuidados. Dentre as profissões emergentes, a categoria de economia de cuidados se destaca, sendo responsável por quase 37% das vagas oferecidas em 2022. Essa categoria inclui funções relacionadas a assistência médica, cuidados pessoais e preparação física (WEF, 2020).

Segundo Davila (2020), também são profissões promissoras as seguintes: bioinformacionista, técnico em telemedicina, conselheiro de aposentadoria, gestor de qualidade de vida, coordenador de desenvolvimento da força de trabalho e advogado societário e tributário.

Schwab (2016) afirma que a história tem mostrado que as inovações tecnológicas extinguem alguns empregos, mas, por outro lado, criam novas oportunidades de trabalho em diferentes e novas áreas. Seguindo essa mesma tendência, o relatório do WEF (2018) estima que a transformação do mercado de trabalho provocada pela Quarta Revolução Industrial pode levar à extinção de cerca de 75 milhões de postos de trabalho, mas também resultará na criação de 133 milhões de novos empregos durante o período de 2018–2022.

Logo, a pesquisa concluiu que o aumento da demanda por novas funções compensará as atividades que serão extintas. No entanto, essa relação positiva implica transformações importantes para milhões de trabalhadores e a necessidade de investimentos no desenvolvimento de estratégias de aprendizagem e requalificação (WEF, 2018).

Diferentes funções exigem diferentes habilidades dos trabalhadores. Destreza manual, força, resistência, precisão, oratória e boa memória não serão diferenciais para um candidato a um novo emprego. A Quarta Revolução Industrial exige do trabalhador as chamadas *soft skills*, que incluem competências como: criatividade e originalidade, flexibilidade, colaboratividade, pensamento analítico e inovador, aprendizagem ativa, inteligência emocional, liderança, empatia, compaixão e influência social (DAVILA, 2020; WEF, 2018).

Assim, além de conhecimento técnico, o profissional do futuro terá que possuir características individuais que o diferencie dos demais e, sobretudo, das máquinas. Ainda, precisará saber trabalhar de forma colaborativa com as novas ferramentas tecnológicas, bem como se adaptar continuamente a novas abordagens e contextos (SCHWAB, 2016).

## **4.2 As relações de trabalho do futuro**

A 4ª Revolução Industrial, além de modificar intensamente o mercado de trabalho nos próximos anos, também é responsável por transformações significativas na dinâmica do trabalho. A Confederação Nacional da Indústria (CNI)

identificou as cinco categorias de impactos e as tecnologias específicas responsáveis por cada uma delas (Tabela 2).

**Tabela 2 – Impactos das tecnologias da Indústria 4.0 na dinâmica do trabalho**

<b>Impactos</b>	<b>Descrição</b>	<b>Tecnologias responsáveis</b>
Deslocamento de mão de obra	Redução e aumento de postos de trabalho em setores e funções específicos, deslocando mão de obra	Robótica avançada Impressão 3D
Flexibilização	Regimes de trabalho mais flexíveis tanto em relação à jornada de trabalho como também à localização	Robótica avançada Computação em nuvem Internet das coisas
Capacitação	Capacitação da força de trabalho devido aos novos campos de conhecimento e tecnologia	Robótica avançada Inteligência artificial Novos materiais Big data
Segurança no trabalho	Melhora nas condições de trabalho através do uso de robôs executando atividades de maior risco	Robótica avançada Inteligência artificial
Plataformas	Aumento no número de plataformas, incluindo <i>crowdworking</i>	Computação em nuvem Internet das coisas

Fonte: CNI, 2017, p. 28.

Dentre as categorias descritas, a flexibilização está estreitamente relacionada ao surgimento de novas relações de trabalho e ela pode ser dividida em três dimensões:

- (i) flexibilização externa: relacionada ao uso de mão de obra externa perpassando pela terceirização até o *crowdsourcing* externo [...];
- (ii) flexibilização interna: relacionada aos regimes de trabalho dos próprios empregados, envolvendo jornadas flexíveis; e
- (iii) flexibilização espacial: relacionada ao local de trabalho, como por exemplo o teletrabalho e o uso de espaços de *coworking* (CNI, 2017, p. 29).

Essas formas de flexibilização dão origem aos chamados empregos atípicos que, por se afastarem do emprego tradicional protegido pelas normas clássicas do Direito do Trabalho, acarretam maior insegurança aos trabalhadores. A Organização Internacional do Trabalho (OIT) (2016) define quatro modalidades de empregos

atípicos: o emprego temporário, o trabalho a tempo parcial, o trabalho através de agências de trabalho temporário e outras relações de trabalho com múltiplas partes e as relações de trabalho dissimulado e trabalho por conta própria economicamente dependente.

Ainda que a flexibilização do trabalho seja uma das principais consequências da Revolução Digital, como visto anteriormente, ela continua sendo apontada como uma forte tendência das relações de trabalho do futuro. Isso porque a flexibilidade na forma de contratação e na maneira que o trabalho é executado (presencial ou à distância, fracionado ou por empreitada, temporários), associada ao uso das novas tecnologias, é o cerne da chamada *gig economy*.

*Gig* é uma gíria em inglês que significa “bicos”, que são trabalhos de curta duração, para atender demandas pontuais e sem vínculo fixo entre o prestador e o tomador ou o requerente do serviço. Também considerada como uma forma de organização do trabalho, a economia-gig é caracterizada pela presença de intermediários entre o requerente e a pessoa que realiza o trabalho (ZIPPERER, 2020a).

A *gig economy* é frequentemente relacionada à 4ª Revolução Industrial por utilizar plataformas digitais como intermediários de contratação. Para Barbosa Jr. (2019), a *gig economy* se utiliza de plataformas digitais baseadas em serviços e sob demanda e envolve duas principais modalidades de trabalho: o *crowdwork* (ou *crowdsourcing*) e o trabalho *on-demand* (sob demanda) por meio de aplicativos ou plataformas de mediação.

Ressalva-se que existe uma certa confusão terminológica na literatura quanto às modalidades modernas de trabalho. Por exemplo, diferentemente de Barbosa Jr. (2019), Signes (2017) e Ortega (2020) classificam o trabalho *on-demand* como uma subdivisão do *crowdwork*, o denominando de *crowdwork offline*. Contudo, há um consenso quanto a existência de 3 elementos essenciais nessas relações, quais sejam:

- i) os “solicitantes”, que são empresas ou indivíduos que solicitam a prestação de um serviço;
- ii) os trabalhadores que prestam os serviços;
- iii) e as plataformas virtuais que utilizam as tecnologias de informação para unir oferta e demanda, e que recebem uma porcentagem por serviço realizado (SIGNES, 2017, p. 31).

No trabalho sob demanda a figura do empregado é substituída pelo trabalhador autônomo para a execução de trabalhos tradicionais, como limpeza e transporte, o qual presta esses serviços quando for solicitado por meio de aplicativos gerenciados por empresas. Nesses casos, ainda que a contratação do serviço tenha sido realizada por meio da plataforma digital, o trabalho é exercido de forma presencial, exigindo que o trabalhador esteja em um local específico no horário determinado (BARBOSA JR., 2019; MACHADO; SILVA, 2020).

Nesse formato de trabalho, Antunes (2020) destaca o *zero hour contract* (contrato de zero hora). Originário do Reino Unido e difundido no mundo todo, ele permite a contratação de trabalhadores das mais diversas áreas – enfermeiros, médicos, motoristas, eletricitas, advogados, entre outros - que ficam à disposição de uma “plataforma”, aguardando serem acionados e, então, serem pagos somente pelo trabalho desempenhado (o tempo à espera não é considerado).

Um dos exemplos mais famosos de trabalho sob demanda é o sistema Uber (advindo do nome da empresa Uber Technologies Inc., especializada em prestação de serviços eletrônicos de transporte privado urbano), que, para Antunes (2020), se diferencia do contrato de zero hora devido ao risco de descredenciamento (“demissão”) dos motoristas, caso recusem as solicitações, tornando evidente a relação de trabalho. Entre outros exemplos estão Airbnb (sistema de hospedagem), Rappi (sistema de entregas), Maria Brasileira (serviços domésticos) e Singu (serviços de beleza).

Para Martins (2020, t. 23) as relações de trabalho no modelo sob demanda são caracterizadas pela precariedade: “os lucros das grandes plataformas que conectam clientes com os prestadores/trabalhadores são imensos, a porcentagem repassada ao trabalhador é irrisória, bem como cabe a este arcar com os riscos da atividade”.

Como uma alternativa à precarização do trabalho autônomo causado pelas empresas gestoras de plataformas digitais de oferta e prestação de serviços, Martins (2020) sugere a criação de cooperativas de plataforma. Essa nova forma de organização do trabalho alia as novas tecnologias ao cooperativismo que, apesar de ser caracterizado pela inexistência de vínculo empregatício entre a cooperativa e os associados e entre estes e os tomadores de serviço, possui autonomia e autogestão, possibilitando melhor renda, qualificação e melhores condições de trabalho.

A segunda modalidade de trabalho que vem sendo cada vez mais usada pelas empresas é o *crowdsourcing* (ou *crowdwork*), em que o trabalho é ofertado de forma aberta e competitiva, por meio de plataformas digitais ou da internet, a um indeterminado número de pessoas (*crowd* – multidão) espalhadas por todo o planeta. Nesse formato, o trabalho que originalmente seria executado por alguém especificamente designado para esta tarefa (um empregado ou um trabalhador autônomo, por exemplo) é descentralizado e fragmentado em micro tarefas (*microwork* ou *microtasks*), nas quais intervêm múltiplos trabalhadores anônimos (*microworkers* e *clickworkers*) que não tem conhecimento sobre o produto final ou o processo produtivo como um todo (FADANELLI, 2020; ORTEGA, 2020).

Dessa forma, o *crowdwork* permite que as pessoas prestem seus serviços de qualquer lugar do mundo, desde que tenham conexão à internet, realizando trabalhos variados que vão desde atividades complexas de programação de computadores, análise de dados ou projetos gráficos, até atividades pequenas e relativamente simples e repetitivas. Um exemplo de micro tarefa extremamente simples é o *clickwork*, que consiste em acessar determinados sítios eletrônicos, fotos de aplicativos ou assistir a vídeos e clicar em "Gostei" ou classificá-los em categorias (ORTEGA, 2020).

De certa forma, o *crowdsourcing* pode ser entendido como uma espécie de leilão eletrônico, em que os trabalhadores concorrem para realizar os trabalhos virtuais e somente aqueles que estiverem dispostos a prestar o serviço a menor preço serão contratados (SIGNES, 2017). Sobre isso, Ortega (2020, t. 30) alerta que

este tipo de descentralização produtiva permite baixar o preço do trabalho através da terceirização da atividade a ser desenvolvida pela multidão, num contexto de competição competitiva que contraria o princípio de que o trabalho não é uma mercadoria, pois é o próprio trabalho que é negociado. As vantagens são inúmeras para as empresas, pois, por um lado, podem reduzir custos e, por outro, podem ter um exército de trabalhadores dispersos geograficamente -mesmo em fusos horários diferentes- que lhes permite cumprir tarefas a qualquer hora do dia e de forma rápida, dividindo a atividade total a ser realizada.

Fadanelli (2020) explica que, após a conclusão da tarefa, a única obrigação da empresa ou da pessoa tomadora do serviço é o pagamento do valor previamente estipulado ao trabalhador que, em regra, é chamado de colaborador, justamente para que não se remeta à ideia de uma possível relação de trabalho.

O exemplo clássico de *crowdsourcing* é a Amazon Mechanical Turk (MTurk), com mais de meio milhão de *crowdworkers*, essa plataforma compartilha mão-de-obra (Turkers) para a realização de tarefas simples para os humanos, mas que os computadores ainda não são capazes de executar.

Entre as suas regras de utilização destacam-se: os solicitantes oferecem tarefas e fixam a retribuição (o valor não é negociável); os solicitantes pode rejeitar a tarefa, sem obrigação de apresentar justificativa ou pagar o trabalhador; somente os trabalhadores são avaliados; a Amazon pode encerrar a conta de um trabalhador; a autodeclaração de autônomo e não empregado da Amazon é condição prévia para integrar a plataforma; a plataforma proíbe que as partes contratantes façam acordos “por fora”, sem sua intermediação, limitando a liberdade contratual; a plataforma determina o preço mínimo pago por tarefa de 1 centavo de dólar; o solicitante pode pagar o trabalhador com créditos na própria Amazon e incluir restrições de uso por categoria de produtos (SIGNES, 2017).

Com base nesse exemplo e no sistema Uber, referido anteriormente, é possível verificar que, ainda que essas formas de trabalho sejam caracterizadas pela independência e falta de subordinação, as plataformas digitais exercem algum tipo de controle, seja econômico ou na dinâmica do trabalho, sobre os trabalhadores.

Nesse sentido Delgado, M. G. e Delgado, G. N. (2017) sugerem a existência de parassubordinação nessas relações. Para os autores essa forma de subordinação consiste em:

uma situação jurídica de relativa autonomia do prestador laborativo em face de seu tomador de serviços, conjugada com relativa dependência econômica perante esse mesmo tomador. Trata, em suma, de um trabalhador formalmente autônomo, mas que em regra permaneça hipossuficiente, eis que economicamente depende de seu tomador de serviços (DELGADO, M. G.; DELGADO, G. N., 2017, p. 24)

Votto (2020) defende a existência de subordinação algorítmica nas relações intermediadas por plataformas digitais. Derivada do conceito clássico de subordinação (elemento fundamental da relação de emprego), a subordinação algorítmica difere daquela pelo poder de comando ser exercido pela presença digital do empregador.

Não há, aqui, um chefe ou um preposto do empregador para dar-lhes ordens, mas um aplicativo — comandado por um algoritmo — que arbitra as normas gerais para a execução do trabalho: passageiro a buscar, valor da

tarifa a incidir, metas a cumprir, entre outras. O não atendimento dessas normas pode acarretar o desligamento do trabalhador da plataforma, de modo que, à semelhança do que ocorre em uma relação típica de emprego, o obreiro possui um dever de obediência — no caso, porém, para com o aplicativo (VOTTO, 2020, t. 121).

Com as relações de *crowdsourcing* surgiu a figura da *umbrella company*, ou seja, uma empresa que serve como "guarda-chuva" (tradução do nome em inglês) entre o trabalhador autônomo e a plataforma digital intermediadora de serviços, afastando a possível formação do vínculo típico de trabalho subordinado entre eles. Dessa forma, é a empresa “guarda-chuva” que mantém o vínculo com o trabalhador, de forma a garantir direitos mínimos a estes (ZIPPERER, 2020b).

Segundo Zipperer (2020b), essas empresas que podem ser criadas com fins específicos – como o reconhecimento de encargos da previdência social – se assemelham, no Direito brasileiro, com as cooperativas de trabalho ou o OGMO – Órgão Gestor de Mão de Obra, que administra o trabalho portuário avulso.

Outra modalidade de trabalho da era da Indústria 4.0 é o *ghost work*. Intimamente associado ao uso da inteligência artificial o *ghost work*, traduzido como emprego fantasma, é conceituado como o trabalho invisível realizado por meio das plataformas digitais. Ainda que a IA tenha avançado exponencialmente nos últimos anos, não há, por enquanto, um padrão ou modelo universal que englobe todas as situações e serviços disponíveis no mundo, sendo necessário que as bases de dados sejam alimentadas e as informações filtradas pelos trabalhadores invisíveis (NAHA, 2020).

Naha (2020) afirma que os trabalhadores fantasmas recebem esse nome em razão de os colaboradores, diretores e demais membros das empresas contratantes não saberem ou nem mesmo se importarem em saber quem realiza esse trabalho. Acrescenta também que, em regra, trabalham em regime de tempo parcial, são conhecidos por *always on* (sempre ligados) e não se sentem vinculados às empresas contratantes, que, por precaução, mantém trabalhadores regulares sob aviso para assumir essas funções caso seja necessário.

Outra tendência de organização do trabalho é o *coworking*. Wolff (2020, t. 25) o define como “um modelo de trabalho que visa incentivar – em um espaço físico compartilhado – a troca de ideias, promoção de networking e colaboração entre diferentes profissionais pertencentes a áreas distintas”. Nesse formato, é possível

locar ou comprar uma estação de trabalho ou uma sala comercial com a infraestrutura necessária para a realização de atividades.

O *coworking* está em ampla expansão, sendo utilizado por terceirizados, *startups*, empreendedores e *freelancers* com intuito de evitar distrações que podem ocorrer no modelo de *home office*. De acordo com a Coworking Brasil (<https://coworkingbrasil.org>), atualmente existem mais de 1200 espaços de *coworking* no Brasil.

Apesar de vantagens como a redução de custos de infraestrutura e aluguel, oportunidade de socialização e participação em uma comunidade, o *coworking* apresenta fragilidades como: a falta de privacidade, colocando em risco a autenticidade e a propriedade intelectual dos projetos; a possível falta de colaboração entre os *coworkers* e a dificuldade de adequação do espaço em razão da demanda variante (WOLFF, 2020).

### **4.3 As implicações sociais das mudanças trabalhistas**

As transformações resultantes da 4ª Revolução Industrial no mundo do trabalho abordadas anteriormente possuem reflexos significativos na sociedade.

Como já visto, a implementação da Indústria 4.0 resultará na perda de muitos empregos e na criação de novas profissões ainda desconhecidas. Aguiar (2018) afirma que a Indústria 4.0 tem como fundamento uma otimização econômica e financeira, visando, tão somente, o lucro e gerando, por consequência, um desemprego imediato e sistêmico. O autor acrescenta que a tecnologia de quarta geração é altamente poupadora da mão de obra, levando à substituição do trabalho humano.

Diferentemente, o relatório apresentado pelo WEF em 2018 sugere que o número de empregos criados pelo uso das novas tecnologias superaria os empregos extintos. No entanto, por mais otimistas que essas estatísticas possam parecer, o desemprego é uma realidade da 4ª Revolução Industrial e atingirá mais intensamente os países em desenvolvimento (WEF, 2018).

Uma das razões é que grande parte das tecnologias são oriundas de países desenvolvidos, os quais concentrarão os novos postos de trabalho referentes a elas. Outro motivo é que essas novas funções exigirão dos candidatos, além de habilidades individuais e qualificação específica, conhecimentos básicos de

informática e internet. Logo, o analfabetismo digital pode se tornar um grande entrave à empregabilidade (CAVALCANTE, 2020).

No Brasil, por exemplo, 79,1% dos domicílios possuíam acesso à internet em 2018, segundo dados do IBGE. Esse número pode até não parecer preocupante, mas quando analisado em razão do nível de instrução dos usuários a situação se torna assustadora: o percentual de pessoas que utilizaram a internet naquele ano foi de 98,3% entre os que possuem nível superior incompleto, 55,5% com fundamental incompleto e apenas 12,1% entre as pessoas sem instrução (IBGE, 2020).

A fim de minimizar a dificuldade de acesso ao mercado de trabalho em razão do analfabetismo digital, o que ocorre especialmente entre as classes C e D, Santos (2020) reforça a importância de políticas públicas de inclusão digital. Apesar de demandarem tempo e investimentos em infraestrutura e treinamentos, essas ações promoveriam inclusão e equiparação de oportunidades a todos os cidadãos.

Outra consequência é que a destruição de empregos atingirá os postos de trabalho rotineiro e que exigem baixa ou média qualificação, enquanto que as novas oportunidades se concentram em funções criativas e cognitivas que demandam alta qualificação técnica. Muitos empregos priorizarão um conjunto limitado de competências técnicas que será privilégio de poucos, que serão altamente valorizados. Por outro lado, uma grande massa de trabalhadores comuns lutará por empregos cada vez mais escassos e de baixa remuneração. Essa disparidade resulta em um mercado de trabalho cada vez mais polarizado e, conseqüentemente, em uma crescente desigualdade social (SCHWAB, 2016; WEF, 2018).

As novas formas de trabalho da atual *gig economy*, baseadas na independência, autonomia, temporalidade efêmera e flexibilidade extrema, trazem algumas preocupações à tona acerca da precariedade do trabalho, impactando na economia e na sociedade em geral.

A primeira delas é quanto à remuneração e à jornada do trabalhador. A grande concorrência no trabalho intermediado por plataformas digitais achata o seu preço ao mínimo da subsistência, fazendo com que os trabalhadores, trabalhem o tempo que for necessário até somarem um valor suficiente para o seu sustento.

A inexistência da garantia de um salário mínimo reduz o poder de consumo desses trabalhadores, gerando um espiral econômico de declínio e desemprego. Ainda, a permissão de pagamento em outras formas que não o dinheiro, como na plataforma da Amazon que permite contraprestação em forma de crédito para ser

usado na loja da própria Amazon, pode acarretar em clientela cativa e monopolização de mercado, uma vez que restringe as opções de compra dos trabalhadores a companhias específicas (SIGNES, 2017).

Já as jornadas excessivas e intensas de trabalho impactam negativamente na saúde do trabalhador, aumentando os gastos em saúde pública. Outra preocupação quanto à temporalidade do trabalho, envolve a dificuldade de equilibrar trabalho e vida pessoal (OIT, 2016).

Também, a falta de estabilidade e a insegurança na percepção dos rendimentos dificultam o acesso ao crédito e à habitação, além de contribuírem para o não enquadramento desses trabalhadores nos sistemas de seguridade social. Da mesma forma, a não vinculação desses trabalhadores a empresas ou categorias profissionais regulamentadas, dificulta a organização sindical e o direito de negociação coletiva. Segundo a OIT (2016, p. 18), esses fatores causam “uma série de resultados negativos que afetam negativamente a satisfação no trabalho, o bem-estar psicológico e mental, e a satisfação geral com a vida”.

Mais especificamente quanto ao *crowdsourcing*, duas questões de suma importância são a qualidade das tarefas e a invisibilidade desses trabalhadores. Em relação à primeira, tem-se que as tarefas podem ser divididas, limitadas e repetitivas a livre critério do solicitador. No *clickwork*, por exemplo, o serviço pode ser unicamente clicar incontáveis vezes em um link dentro de um período determinado, resumindo o trabalho a um movimento voluntário simplório e sem dignificação (ORTEGA, 2020).

Em relação à invisibilidade dos *crowdworkers*, ainda que haja um cadastramento prévio dos prestadores de serviços *on-line* às plataformas digitais, é impossível saber quem efetivamente executa o trabalho. Logo, a exploração do trabalho infantil pode ser uma séria consequência das novas formas de trabalho, à qual devemos estar atentos.

Além disso, as mudanças no mercado de trabalho, com a extinção e o surgimento de funções e a valorização de certas habilidades, também terão consequências sobre a lacuna de gênero.

Como visto anteriormente, profissões com tarefas programáveis e repetitivas são mais suscetíveis de serem automatizadas. Muitas dessas funções são em áreas dominadas por homens, como manufatura, manutenção, construção, transporte e

montagem. Roncati, Silva e Madeira (2018) afirmam que os homens com níveis mais baixos de qualificação são os que mais sofrerão com a automação.

Por outro lado, a inteligência artificial coloca em risco muitos empregos na indústria de serviços, incluindo atendentes de *call centers*, funções administrativas e no varejo. Segundo Schwab (2016), a maior parte desses cargos são ocupados por jovens mulheres e mulheres de classe média baixa, equilibrando a taxa de desemprego em razão da obsolescência de funções entre os gêneros.

No entanto, Schwab (2016, p. 52) alerta que

o efeito cumulativo de perdas significativas em categorias inteiras de trabalho que, tradicionalmente, ofereceram acesso ao mercado de trabalho para as mulheres é causa para uma severa preocupação. Especificamente, isso colocará em risco as famílias com um único rendimento chefiadas por mulheres pouco qualificadas, achatará os ganhos totais das famílias com dois rendimentos e aumentará as já preocupantes lacunas de gênero em todo o mundo.

Quanto às novas oportunidades de trabalho da 4ª Revolução Industrial, há dois pontos a serem analisados: o grande número de novas profissões nas áreas referentes às inovações tecnológicas e as funções que ainda não podem ser desempenhada pelas máquinas e que demandam habilidades sociais.

Quanto ao primeiro, o surgimento de inúmeras oportunidades de emprego nas áreas envolvendo conhecimentos de tecnologia da informação e engenharia pode resultar em um aumento da desigualdade de gênero, considerando que os homens tendem a dominar esse nicho. Por outro lado, o crescimento da economia de cuidados e a valorização das habilidades sociais, como empatia e compaixão, favorecem as mulheres, tendo em vista a sua maior concentração nessas áreas, tais como psicologia, enfermagem e acompanhantes de idosos (RONCATI; SILVA; MADEIRA, 2018; SCHWAB, 2016).

Sob essa ótica, inicialmente, pode-se presumir que tanto homens como mulheres se beneficiarão das profissões emergentes. Ocorre que, tradicionalmente, as funções envolvendo habilidades técnicas são mais bem remuneradas e há o risco de que as profissões predominantemente femininas continuem a serem desvalorizadas.

Se isso acontecer, a quarta revolução industrial poderá causar maior divergência entre os papéis de homens e mulheres. Isso seria um resultado negativo da quarta revolução industrial, pois a desigualdade mundial e a

lacuna de gênero aumentariam tanto, a ponto de tornar mais difícil a alavancagem dos talentos femininos no mercado de trabalho do futuro. Além disso, colocaria em risco o valor criado pela maior diversidade e pelos conhecidos ganhos em maior criatividade e eficiência das empresas que possuem, em todos os níveis, equipes equilibradas em relação ao gênero. Muitas das características e capacidades tradicionalmente associadas às mulheres e às profissões femininas serão muito mais necessárias no período da quarta revolução industrial (SCHWAB, 2016, p. 53).

Além disso, a informalidade, característica das relações de trabalho extremamente flexíveis da 4ª Revolução Industrial, também deve ser considerada. Segundo a OIT (2016), as mulheres, assim como jovens e imigrantes, acabam recorrendo aos empregos atípicos informais em razão das maiores dificuldades que possuem em ingressar e permanecer no mercado de trabalho. Especialmente quanto às mulheres, as trabalhadoras informais auferem rendas menores em relação aos informais do sexo masculino, “estão mais expostas aos riscos e encontram-se em posições de maior vulnerabilidade, como sendo trabalhadoras domésticas ou contribuintes familiares” (SILVEIRA *et al.*, 2020, p.101-102).

Em relação aos impactos da Indústria 4.0 em homens e mulheres, Schwab (2016, p. 53) afirma que apesar de não ser possível prevê-los “deveríamos aproveitar a oportunidade de uma economia em transformação para redesenhar as políticas laborais e as práticas comerciais para garantir que homens e mulheres sejam totalmente empoderados”.

Schwab (2019) afirma que a governança da tecnologia não acompanhou a inovação na maioria dos países e que os governos devem agir a fim de mitigar os impactos negativos resultantes dos avanços tecnológicos da 4ª Revolução Industrial. Para tanto, o autor defende um maior investimento em capital humano para a adaptação dos talentos, bem como ações que protejam os trabalhadores ao invés dos empregos.

Da mesma forma, o Direito não progride na mesma velocidade dos avanços tecnológicos e das adaptações da sociedade a eles, alargando ainda mais a lacuna normativa já existente. Como exemplo, tem-se que

o inciso XXVII do art. 7º da Constituição Federativa do Brasil trata da “proteção do trabalhador em face da automação, na forma da lei”, a questão está em que perante a inteligência artificial e a robótica essa proteção não existe, porque a Constituição não tem como proteger o trabalhador em face da sua substituição por robôs e softwares inteligentes, a menos que se criem cotas para trabalhadores humanos nas empresas, que em sua maioria estarão em breve cheias de máquinas inteligentes, mas para que

isso aconteça deverá haver uma compensação financeira, caso contrário será difícil evitar esta situação, ou seja, os avanços dentro da inteligência artificial não se importarão com a Carta Magna, pois a inteligência artificial é autônoma, se reproduz sozinha e se aperfeiçoa o tempo todo de forma independente, além disso, o Congresso Nacional não tem e nem terá condições de criar leis protetivas ao trabalhador perante esta realidade, pois quando estas surgem, já estão desatualizadas (ESTRADA, 2020, p.117-118).

Por fim, para se evitar, ou ao menos minimizar, um cenário indesejável de escassez de talentos, desemprego em massa e crescente desigualdade, é imprescindível fomentar a educação profissional. Para isso, é fundamental que as empresas tenham um papel ativo no apoio à força de trabalho existente por meio da requalificação, que os empregados adotem uma abordagem proativa de aprendizagem contínua e que os governos criem um ambiente propício, de forma rápida e criativa, para auxiliar nesses esforços (WEF, 2018).

## 5 CONCLUSÃO

Diante do exposto, verifica-se que o mundo do trabalho não é estático. Muito pelo contrário, desde a 1ª Revolução Industrial, com o surgimento da primeira máquina de tear, o trabalho sofreu transformações na sua organização, na forma que é executado e no seu regramento. A partir do estudo das Revoluções Industriais anteriores pode-se observar que a modernização dos métodos de produção de bens e serviços são os principais impulsionadores dessas mudanças.

Em síntese, as duas primeiras Revoluções Industriais se caracterizam pelo maquinismo e pela exploração abusiva da força de trabalho, voltados para máxima produção. Isso resultou no surgimento do Direito do Trabalho e em uma normatização protetora do trabalhador.

Já na Revolução Digital a informática e a automação dos processos produtivos deram fim a muitos postos de trabalho, gerando desemprego, novas relações de trabalho e crescente informalidade. Dessa vez, as transformações legislativas foram marcadas pela flexibilização e relativização dos direitos anteriormente conquistados, com o intuito de proteger os empregos frente às novas tecnologias.

Da mesma forma, a 4ª Revolução Industrial ocasionará mudanças drásticas na organização do trabalho. Como já visto, muitos postos de trabalhos serão eliminados em substituição à automação e à inteligência artificial. Em contrapartida, muitas novas profissões surgirão em razão das novas tecnologias. Ocorre que essas novas funções não serão exercidas pelos mesmos trabalhadores que perderão seus empregos, tendo em vista que exigirão competências específicas diferentes. Como resultado dessa equação teremos uma lacuna de talentos, um mercado de trabalho polarizado, desemprego e aumento da desigualdade social.

Ainda que alguns poucos acreditem no fim do trabalho humano pela sua total substituição por sistemas e máquinas inteligentes, esse futuro não está próximo. O ser humano se adaptará, assim como já fez no passado, e aprenderá a trabalhar em cooperação com as novas tecnologias. Além disso, em um mundo digital, as habilidades genuinamente humanas, como compaixão e empatia, serão muito valorizadas.

Ressalta-se a existência de controvérsia na literatura acerca do impacto da 4ª Revolução Industrial sobre a extinção de postos de trabalho e o surgimento de novas oportunidades. As publicações nas áreas de economia, engenharia e

administração apresentam uma visão otimista da Indústria 4.0, enquanto que sociólogos, antropólogos e juristas receiam pelos impactos negativos sobre os empregos.

Outro impacto das novas tecnologias é o surgimento das novas relações de trabalho, baseadas na autonomia, independência das partes, invisibilidade e inexistência de vínculo entre o trabalhador, o tomador do serviço e a plataforma digital intermediadora. De certa forma, esse novo formato de trabalho possui algumas características semelhantes ao trabalho da 1ª Revolução Industrial, como a instabilidade, remuneração baixa e variável, jornadas excessivas de trabalho, trabalho sem dignificação e uso de mão de obra infantil (já que não se conhece quem efetivamente realiza as tarefas).

Por fim, considerando que estamos vivenciando a 4ª Revolução Industrial, muitos de seus impactos no mundo do trabalho já estão se concretizando. Logo, a fim de minimizar os impactos negativos no trabalho e, conseqüentemente, na sociedade, é preciso uma ação imediata, e não apenas reativa como ocorreu nas Revoluções Industriais anteriores. Para isso, Estado, sociedade, empresas e instituições de ensino e pesquisa devem atuar de forma conjunta a fim de sanar as lacunas normativas, reforçar a proteção social dos trabalhadores e fomentar a educação e requalificação profissional.

## REFERÊNCIAS

- ABRAHAM, M.; CATARINO, J. R. O uso da inteligência artificial na aplicação do direito público – o caso especial da cobrança dos créditos tributários – um estudo objetivado nos casos brasileiro e português. *Revista Eletrônica de Direito Público*, Lisboa, v. 6, n. 2, set. 2019. Disponível em: [http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2183-184X2019000200010&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt#\\_ftn8](http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2183-184X2019000200010&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt#_ftn8). Acesso em: 12 set. 2020.
- ABREU, C. E. M. *et al.* Indústria 4.0: Como as Empresas Estão Utilizando a Simulação para se Preparar para o Futuro. *Revista de Ciências Exatas e Tecnologia*, v. 12, n. 12, p. 49-53, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.17921/1890-1793.2017v12n12p49-53>. Acesso em 18 abr. 2020.
- AGUIAR, Antônio Carlos. *Direito do Trabalho 2.0: Digital e Disruptivo*. São Paulo: Ltr, 2018.
- ALVES, A.; OLIVEIRA, L. F. de. *História: conexões com a história*. Parte III. 2. ed. São Paulo: Moderna, 2015.
- ANTUNES, Ricardo. *O Privilégio da Servidão: o novo proletariado de serviços na era digital*. São Paulo. Boitempo. 2018.
- ANTUNES, Ricardo. Trabalho intermitente e uberização do trabalho no limiar da Indústria 4.0. In: ANTUNES, Ricardo (org.). *Uberização, trabalho digital e Indústria 4.0*. São Paulo: Boitempo, 2020, t. 1. *E-book*.
- ARRUDA, José Jobson de Andrade. *Revolução Industrial e Capitalismo*. São Paulo: Brasiliense, 1984.
- BAHRIN, M. *et al.* Industry 4.0: A review on industrial automation and robotic. *Journal Teknologi*, v. 78, n. 6-13, p.137–143, 2016.
- BARBOSA JR, Francisco de Assis. *Gig Economy e Contrato de Emprego: aplicabilidade da legislação trabalhista aos vínculos de trabalho da nova economia*. São Paulo: LTr, 2019. *E-book*.
- BARROS, Alice Monteiro de. *Curso de Direito do Trabalho*. 6. ed. São Paulo: LTr, 2010.
- BIVAR, Wasmália. Novas Formas de Trabalho e o Desafio da Governança - o papel dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. In: ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO TRABALHO (OIT). *Futuro do Trabalho no Brasil: Perspectivas e Diálogos Tripartites*. [S.l.]: OIT, 2018. p. 74-76. Disponível em: [https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---americas/---ro-lima/---ilo-brasil/---documents/publication/wcms\\_626908.pdf](https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---americas/---ro-lima/---ilo-brasil/---documents/publication/wcms_626908.pdf). Acesso em: 12 out. 2020.
- BRAGHINI, Marcelo. Flexibilização das normas trabalhistas, no contexto da quarta revolução industrial. *Revista Jurídica Uniaraxá*, v. 22, n. 21, 2018. Disponível em:

<https://www.uniaraxa.edu.br/ojs/index.php/juridica/article/view/619>. Acesso em 28 abr. 2019.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 5 out. 1988. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm). Acesso em 06 abr. 2019.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações; Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES). *Internet das coisas: um plano de ação para o Brasil*, 2018. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/wcm/connect/site/d22e7598-55f5-4ed5-b9e5-543d1e5c6dec/produto-9A-relatorio-final-estudo-de-iot.pdf?MOD=AJPERES&CVID=m5WVll>. Acesso em: 21 set. 2020.

BRASIL. Ministério da Indústria, Comércio e Serviços. *Indústria 4.0*. 2019. Disponível em: <http://www.industria40.gov.br>. Acesso em: 14 set. 2020.

CAVALCANTE, Jouberto de Quadros P. Desemprego Estrutural. In: FITA, F. *et al.* (coord.) *Direito do Trabalho, Tecnologia, Fraternidade e OIT: Compilação de verbetes*. São Paulo: Thomson Reuters Brasil, 2020, t. 37. *E-book*.

CAVALCANTE, Jouberto de Quadros P. A sociedade, a tecnologia e seus impactos nos meios de produção: uma discussão sobre o desemprego tecnológico. *Revista LTr*, São Paulo, v. 82, n. 7, p. 796-812, jul. 2018.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA – CNI. *Relações Trabalhistas no Contexto da Indústria 4.0*. Brasília: CNI, 2017. Disponível em: <https://conexaotrabalho.portaldaindustria.com.br/publicacoes/detalhe/trabalhista/modernizacao-e-desburocrizacao-trabalhista/relacoes-trabalhistas-no-contexto-da-industria-40/>. Acesso em: 16 out. 2020.

COWORKINGBRASIL. *O que é Coworking?* [online]. Disponível em: <https://coworkingbrasil.org/como-funciona-coworking/>. Acesso em: 18 out. 2020.

DATHEIN, Ricardo. *Inovação e Revoluções Industriais: uma apresentação das mudanças tecnológicas determinantes nos séculos XVIII e XIX*. Porto Alegre: DECON, 2003.

DALENOGARE, Lucas Santos. *A Indústria 4.0 no Brasil: um estudo dos benefícios esperados e tecnologias habilitadoras*. 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/185799>. Acesso em: 09 maio 2019.

DAVILA, Priscila. *Profissões do futuro: você está no caminho certo para escolher sua profissão?* [S.l.: s.n.], 2020. *E-book*.

DELGADO, M. G.; DELGADO, G. N. O Direito do Trabalho na Contemporaneidade: clássicas funções e novos desafios. In: LEME, A. C. P.; RODRIGUES, B. A.;

CHAVES JR., J. E. de R. (coord.). *Tecnologias Disruptivas e a Exploração do Trabalho Humano: A intermediação de mão de obra a partir das plataformas eletrônicas e seus efeitos jurídicos e sociais*. São Paulo: LTr, 2017, p.17-27. *E-book*.

ESTRADA, Manuel Martín Pino Estrada. *O fim dos empregos pela inteligência artificial e a robótica*. São Paulo: Escola Superior de Advocacia OAB SP, 2020. *E-book*.

FADANELLI, Isadora Costi. Crowdsourcing. In: FITA, F. et al. (coord.) *Direito do Trabalho, Tecnologia, Fraternidade e OIT: Compilação de verbetes*. São Paulo: Thomson Reuters Brasil, 2020, t. 28. *E-book*.

FEDERAÇÃO INTERNACIONAL DE ROBÓTICA. *Executive Summary World Robotics 2020*. Frankfurt, IFR, 2020. Disponível em: <https://ifr.org/ifr-press-releases>. Acesso em: 24 set. 2020.

FERNANDEZ, Mario. *Indústria 4.0: tecnologias e gestão na transformação digital da indústria*. [S.l.: s.n.], 2020. *E-book*.

FERNANDEZ, V. P.; YOUSSEF, A. N. *Informática e sociedade*. 2. ed. São Paulo: Ática, 2003.

FONSECA, Francisco. Democracia e participação no Brasil: descentralização e cidadania face ao capitalismo contemporâneo. *Katálysis*, Florianópolis, v. 10, n. 2, jul./dez. 2007.

FREY, C. B.; OSBORNE, M. A. *The future of employment: how susceptible are Jobs to computerisation?* Oxford: Oxford Martin Programme on the Impacts of Future Technology, 2013. Disponível em: [https://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/The\\_Future\\_of\\_Employment.pdf](https://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/The_Future_of_Employment.pdf). Acesso em: 30 set. 2020.

GALEGALE, G. P. *et al.* Internet das coisas aplicada a negócios – um estudo bibliométrico. *JISTEM - Journal of Information Systems and Technology Management*, São Paulo, v. 13, n. 3, p. 423-438, set./out, 2016. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1807-17752016000300423&lang=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1807-17752016000300423&lang=pt). Acesso em: 07 maio 2019.

GORENDER, Jacob. Globalização, tecnologia e relações de trabalho. *Estudos Avançados*, São Paulo, v. 11, n. 29, jan./abr., 1997. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-40141997000100017](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40141997000100017). Acesso em: 12 mar. 2019.

HERMANN, M.; PENTEK, T.; OTTO, B. Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios. In: HAWAII INTERNATIONAL CONFERENCE ON SYSTEM SCIENCES (HICSS), 2016, Koloa. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7427673>. Acesso em: 19 set. 2020.

HOMEM é condenado no Reino Unido por fabricar arma com impressora 3D. *Revista Exame [online]*, 19 jun. 2019. Disponível em: <https://exame.com/mundo/homem-e->

condenado-no-reino-unido-por-fabricar-arma-com-impressora-3d/. Acesso em: 20 set. 2020.

IANNONE, Roberto Antonio. *A revolução industrial*. 2. ed. São Paulo: Moderna, 1993.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. PNAD Contínua TIC 2018: Internet chega a 79,1% dos domicílios do país. *Agência IBGE Notícias [online]*, 29 abr. 2020. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/27515-pnad-continua-tic-2018-internet-chega-a-79-1-dos-domicilios-do-pais>. Acesso em: 15 out. 2020.

LEITE, Carlos Henrique Bezerra. *Curso de Direito do Trabalho*. 9 ed. São Paulo: Saraiva Educação, 2018.

LIMA, Wilson de Oliveira. *A proteção em face da automação no ordenamento jurídico brasileiro e a garantia de postos de trabalho no âmbito do setor de check-in e embarque aeroportuário*. 2018. Monografia (Curso de Direito) - Faculdade Damas da Instrução Cristã, Recife, 2018.

LUCIANO, Romulo Benites de Souza. Aplicação da Smart Contract nos Contratos de Gás Natural: Uma Análise Exploratória. *Revista de Administração Contemporânea*, Curitiba, v. 22, n.6, p. 903-921, nov./dez., 2018. Disponível em: <https://rac.anpad.org.br/index.php/rac/article/view/1306/1325>. Acesso em: 12 maio 2019.

MACHADO, A.; SILVA, P. H. da. Trabalho independente: uma análise para ocupações industriais. In: AFONSO, Jose Roberto (coord.). *Trabalho 4.0*. São Paulo: Almedina, 2020. *E-book*. p. 140-158.

MARQUES, Diego. Mundo: Estônia, Malta e Suíça estão entre os países líderes em blockchai. *Guia do Bitcoin [online]*. 15 jun. 2019. Disponível em: <https://guiadobitcoin.com.br/noticias/estonia-malta-suica-paises-lideres-blockchain/>. Acesso em: 19 set. 2020.

MARTINS, Renata Duval. Cooperativas + cooperativismo de plataforma. In: FITA, F. et al. (coord.) *Direito do Trabalho, Tecnologia, Fraternidade e OIT: Compilação de verbetes*. São Paulo: Thomson Reuters Brasil, 2020, t. 23. *E-book*.

MARX, Karl. *O capital*. Livro 1. Tradução de Rubens Ederle. 2. ed. São Paulo: Boitempo, 2011.

MEDEIROS, S. M; ROCHA, S. M. M. Considerações sobre a terceira revolução industrial e a força de trabalho em saúde em Natal. *Ciência e Saúde Coletiva*, Rio de Janeiro, v. 9, n.2, abr./jun. 2004. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-81232004000200016&lang=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-81232004000200016&lang=pt). Acesso em: 24 abr. 2019.

MINSKY, Marvin. *The Society of Mind*. Nova Iorque: Simon & Schuster, 1985.

MORAIS, R. R de; MONTEIRO, R. *Indústria 4.0: impactos na gestão de operações e logística*. São Paulo: Mackenzie, 2019. *E-book*.

MUNHOZ, G. S.; BORGES, W. A.; KEMMELMEIER, C. S. O empreendedorismo no contexto das mutações do mundo do trabalho. *Acta Scientiarum – Human And Social Sciences*, Maringá, v. 30, n. 2, p. 155-163, 2008. Disponível em: <http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciHumanSocSci/article/view/297>. Acesso em 02 maio 2019.

NAHA, Thereza Cristina. Ghost work. In: FITA, F. et al. (coord.) *Direito do Trabalho, Tecnologia, Fraternidade e OIT: Compilação de verbetes*. São Paulo: Thomson Reuters Brasil, 2020, t. 59. *E-book*.

NASCIMENTO, A. M.; NASCIMENTO, S. M. *Curso de direito do trabalho*. 29. ed. São Paulo: Saraiva, 2014.

NEVES, Ricardo. *O novo mundo digital: você já está nele*. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 2007.

ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO TRABALHO - OIT. *O emprego atípico no mundo: desafios e perspectivas*. Genebra: OIT, 2016. Disponível em: [https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---dgreports/---dcomm/---publ/documents/publication/wcms\\_626383.pdf](https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---dgreports/---dcomm/---publ/documents/publication/wcms_626383.pdf). Acesso em: 16 out. 2020.

ORTEGA, Fernando Fita. Crowd-work, Click-work, Micro-work (Micro-task), Crowdsourcing. In: FITA, F. et al. (coord.) *Direito do Trabalho, Tecnologia, Fraternidade e OIT: Compilação de verbetes*. São Paulo: Thomson Reuters Brasil, 2020, t. 30. *E-book*.

PATIAS, T. Z.; BELATO, D.; OLEA, P. M. Percepções de um grupo de trabalhadores sobre as transformações no mundo do trabalho. *Pretexto*, Belo Horizonte, v. 9, n. 1, p. 63-80, jan./mar. 2008. Disponível em: <https://doaj.org/article/d2ac82e6ab5b455e88d502a7d4efddfb?frbrVersion=2>. Acesso em: 02 maio 2020.

PAZZINATO, A. L.; SENISE, M. H. V. *História Moderna e Contemporânea*. 9. ed. São Paulo: Ática, 1995.

PEDROSO, Marcia Naiar Cerdote. *O trabalho e suas transformações: uma análise sobre o Brasil no final do século 20*. 2003. Dissertação (Curso de Pós-Graduação em Desenvolvimento). Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2013.

PEREIRA, S. B.; BOTELHO, R. D. Design de Interação: fatores humanos e os veículos autônomos. *Design e Tecnologia*, Porto Alegre, v. 8, n. 16, p. 69-86, 2018. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/det/index.php/det/article/view/523/247>. Acesso em: 10 maio 2019.

RIBEIRO, R. E. W.; ABREU, C. R. S. de. *Inovação em sistemas de produção na era da indústria 4.0*. Teresina: Kindle Direct Publishing, 2020. *E-book*.

RODRIGUES, L. F.; JESUS, R. A. de; SCHUTZER, K. Indústria 4.0: uma revisão da literatura. *Anais. XXIII SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO: Gestão de Operações em Serviços e seus Impactos Sociais*, 2016, Bauru. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/311990879\\_Industria\\_40\\_-\\_Uma\\_Revisao\\_da\\_Literatura](https://www.researchgate.net/publication/311990879_Industria_40_-_Uma_Revisao_da_Literatura). Acesso em: 04 set. 2020.

ROIO, Marco Del. A crise do movimento operário. *In: FREITAS, Marcos Cezar de (Org.). A reinvenção do futuro*. São Paulo: Cortez, 1996.

ROMITA, Airon Sayão. O impacto da globalização no contrato de trabalho. *Revista do Tribunal Superior do Trabalho*, Brasília, v. 66, n. 4, p. 84-91, out./dez. 2000. Disponível em: <https://juslaboris.tst.jus.br/handle/20.500.12178/85748>. Acesso em 14 set. 2020.

RONCATI, J.; SILVA, A. T. A.; MADEIRA, F. O Desafio dos Empregos na Quarta Revolução Industrial. *In: SILVA, E. B. et al. (Org.). Automação & Sociedade: Quarta Revolução Industrial, um olhar para o Brasil*. São Paulo: Brasport, v. 4, 2018. *E-book*. p. 34-52.

SANTOS, Eduardo Ribeiro Choairi dos. Analfabetismo digital. *In: FITA, F. et al. (coord.) Direito do Trabalho, Tecnologia, Fraternidade e OIT: Compilação de verbetes*. São Paulo: Thomson Reuters Brasil, 2020, t. 3. *E-book*.

SCHWAB, Klaus. *A quarta revolução industrial*. Tradução de Daniel Moreira Miranda. São Paulo: Edipro, 2016.

SIGNES, Adrián Todolí. O Mercado de Trabalho no Século XXI: on-demandeconomy, crowdsourcing e outras formas de descentralização produtiva que atomizam o mercado de trabalho. Tradução de Ana Carolina Reis Paes Leme e Carolina Rodrigues Carsalade. *In: LEME, A. C. P.; RODRIGUES, B. A.; CHAVES JR., J. E. de R. (coord.). Tecnologias Disruptivas e a Exploração do Trabalho Humano: A intermediação de mão de obra a partir das plataformas eletrônicas e seus efeitos jurídicos e sociais*. São Paulo: LTr, 2017. *E-book*. p.28-43.

SILVA, Anielson Barbosa da. *A flexibilização das relações trabalhistas na percepção dos dirigentes de empresas comerciais*. 1998. Disponível em: <http://www.anpad.org.br/admin/pdf/enanpad1998-rh-10.pdf>. Acesso em: 13 mar. 2019.

SILVA, Fernando Teixeira. Reforma trabalhista: emprego, tempo e história. *In: SPERANZA, Clarice Gontarski (Org.). História do trabalho: entre debates, caminhos e encruzilhadas*. Jundiaí: Paco Editorial, 2019, p-16-54. *E-book*.

SILVEIRA, F. et al. Mudanças na sociedade e no setor produtivo decorrentes da revolução digital. *In: AFONSO, Jose Roberto (coord.). Trabalho 4.0*. São Paulo: Almedina, 2020. *E-book*. p. 79-139.

SINGER, Talyta. *Internet das Coisas: controvérsias nas notícias e redes temáticas*. 2014. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Comunicação e Cultura Contemporâneas - Mestrado em Comunicação) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/ri/bitstream/ri/24287/1/Talyta%20Louise%20Todescat%20Singer%20-%20Disserta%C3%A7%C3%A3o.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2010.

SOARES, Matias Gonsales. *A Quarta Revolução Industrial e seus possíveis efeitos no direito, economia e política*. Universidade Autónoma de Lisboa, Lisboa, 2018. Disponível em: <https://www.boletimjuridico.com.br/doutrina/24/direito-economico>. Acesso em: 12 mar. 2019.

SOUZA, P. H. M. de; CAVALLARI JR. J.; DELGADO NETO, G. G. Indústria 4.0: contribuições para setor produtivo moderno. In: XXXVII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO: A Engenharia de Produção e as novas tecnologias produtivas: indústria 4.0, manufatura aditiva e outras abordagens avançadas de produção, Joinville, 2017. Disponível em: [http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN\\_WIC\\_238\\_384\\_34537.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_WIC_238_384_34537.pdf). Acesso em: 21 ago. 2020.

SUPERIOR TRIBUNAL DE JUSTIÇA - STJ. *Revolução tecnológica e desafios da pandemia marcaram gestão do ministro Noronha na presidência do STJ*. STJ, Brasília, 23 ago. 2020. Disponível em: <http://www.stj.jus.br/sites/portalp/Paginas/Comunicacao/Noticias/23082020-Revolucao-tecnologica-e-desafios-da-pandemia-marcaram-gestao-do-ministro-Noronha-na-presidencia-do-STJ.aspx>. Acesso em: 20 set. 2020.

SUPREMO TRIBUNAL FEDERAL - STF. *Inteligência artificial vai agilizar a tramitação de processos no STF*. STF, Brasília, 30 maio 2018. Disponível em: <http://www.stf.jus.br/portal/cms/verNoticiaDetalhe.asp?idConteudo=380038>. Acesso em: 22 set. 2020.

TORGA, Bruno Lopes Mendes. *Modelagem, Simulação e Otimização em Sistemas Puxados de Manufatura*. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2007. Disponível em: <https://saturno.unifei.edu.br/bim/0030880.pdf>. Acesso em: 09 set. 2020.

VOTTO, Victória Razig. Subordinação algorítmica. In: FITA, F. et al. (coord.) *Direito do Trabalho, Tecnologia, Fraternidade e OIT*: Compilação de verbetes. São Paulo: Thomson Reuters Brasil, 2020, t. 121. *E-book*.

WOLFF, Maria Eduarda Godoy. Coworking. In: FITA, F. et al. (coord.) *Direito do Trabalho, Tecnologia, Fraternidade e OIT*: Compilação de verbetes. São Paulo: Thomson Reuters Brasil, 2020, t. 25. *E-book*.

WORLD ECONOMIC FORUM - WEF. *Jobs of Tomorrow*. Mapping Opportunity in the New Economy. Genebra: World Economic Forum Editor, 2020. Disponível em: [http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_Jobs\\_of\\_Tomorrow\\_2020.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_Jobs_of_Tomorrow_2020.pdf). Acesso em: 02 out. 2020.

WORLD ECONOMIC FORUM - WEF. *The Future of Jobs Report. 2018*. Genebra: World Economic Forum Editor, 2018. Disponível em: [http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_Future\\_of\\_Jobs\\_2018.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_2018.pdf). Acesso em: 02 out. 2020. Centre for the New Economy and Society

YÁÑEZ, Fran. *Las 20 tecnologías clave de la Industria 4.0: El camino hacia la Fábrica del Futuro*. [S.l.:s.n.], 2017. *E-book*.

ZIPPERER, André Gonçalves. Gig-Economy. *In: FITA, F. et al. (coord.) Direito do Trabalho, Tecnologia, Fraternidade e OIT: Compilação de verbetes*. São Paulo: Thomson Reuters Brasil, 2020a, t. 60. *E-book*.

ZIPPERER, André Gonçalves. Umbrella company (empresa guarda-chuva). *In: FITA, F. et al. (coord.) Direito do Trabalho, Tecnologia, Fraternidade e OIT: Compilação de verbetes*. São Paulo: Thomson Reuters Brasil, 2020b, t. 137. *E-book*.