

AS REVOLUÇÕES INDUSTRIAIS: UMA ABORDAGEM CONCEITUAL

Nilton Cesar Pasquini¹

DOI: 10.47283/244670492020080129

Resumo

A tecnologia cresce exponencialmente afetando ritmo dos negócios e a vida da população mundial, seja de modo bom ou ruim. Até o momento passamos por 4 Revolução Industrial onde a primeira Revolução Industrial (1780) durou quase 200 anos e revelou os motores a vapor inicialmente utilizados na produção de tecidos. A segunda Revolução Industrial iniciou 100 anos depois e ficou fortemente marcada pelo processo de linha de produção contínua. Já a terceira Revolução Industrial no final da década de 1960, ficou conhecida por revelar o primeiro controlador lógico programável que permitiu a programação digital de sistemas de automação. A Revolução Industrial 4.0 provoca mudança macro para resolver no âmbito econômico, social, ambiental e político. O presente artigo trata-se de uma pesquisa bibliográfica, de abordagem qualitativa, acerca das 4 Revoluções Industriais. A pesquisa bibliográfica abrange toda bibliografia tornada pública em relação ao tema de estudo, como livros, revistas, teses, dissertações, anais de eventos científicos, disponíveis por meio eletrônico e impresso.

Palavras-chave: Revolução Industrial. Inovação. Fábricas inteligentes.

Abstract

Technology grows exponentially, affecting the pace of business and the lives of the world's population, whether in a good or bad way. So far we have gone through 4 Industrial Revolution where the first Industrial Revolution (1780) lasted almost 200 years and revealed the steam engines initially used in the production of fabrics. The second Industrial Revolution started 100 years later and was strongly marked by the continuous production line process. The third Industrial Revolution in the late 1960s, however, was known for revealing the first programmable logic controller that allowed the digital programming of automation systems. The Industrial Revolution 4.0 causes macro change to resolve in the economic, social, environmental and political spheres. This article is a bibliographic research, with a qualitative approach, about the 4 Industrial Revolutions. Bibliographic research covers all bibliography made public in relation to the subject of study, such as books, magazines, theses, dissertations, annals of scientific events, available through electronic and printed media.

Keywords: Industrial Revolution. Innovation. Smart manufacturing.

Introdução.

O conceito da Revolução Industrial se tornou presente na humanidade, Dorigati e Luz (2019) cita que a própria etimologia da palavra Revolução fornece elementos para tal interpretação, pois deriva do latim *revolutione*, que expressa o ato ou efeito de revolucionar. As revoluções presentes na história da humanidade comprovam as profundas transformações da sociedade, nos contextos político, econômico, cultural, social, religioso, etc.

A Revolução Industrial vai além da ideia de grande desenvolvimento dos mecanismos tecnológica aplicados à produção, na medida em que: consolidou o capitalismo; aumentou de

¹ Fatec Americana. E-mail: niltoncesar.cesar@yahoo.com.br

forma rapidíssima a produtividade do trabalho; originou novos comportamentos sociais, novas formas de acumulação de capital, novos modelos políticos e uma nova visão do mundo; e talvez o mais importante, contribuiu de maneira decisiva para dividir a imensa maioria das sociedades humanas em duas classes sociais opostas e antagônicas: a burguesia capitalista e o proletariado (CAVALCANTI, SILVA, 2011).

É importante salientar que a Revolução Industrial foi um precedente para a passagem do capitalismo comercial para o capitalismo Industrial. Essa evolução do capitalismo simbolizou o movimento caracterizado pela aceleração da história, algo que não ocorrera anteriormente ao longo da história, sendo decorrente do poderio econômico. Nesse sentido, o capitalismo possui um caráter revolucionário ao transformar o meio social e suas relações existentes (MARX e ENGELS, 1998).

Drath e Horch (2014) fazem uma reflexão das revoluções industriais, onde lembra que a primeira Revolução Industrial (1780) durou quase 200 anos e revelou os motores a vapor inicialmente utilizados na produção de tecidos. A segunda Revolução Industrial iniciou 100 anos depois e ficou fortemente marcada pelo processo de linha de produção contínua. Já a terceira Revolução Industrial no final da década de 1960, ficou conhecida por revelar o primeiro controlador lógico programável que permitiu a programação digital de sistemas de automação.

O presente artigo trata-se de uma pesquisa bibliográfica, de abordagem qualitativa, acerca das 4 Revoluções Industriais. A pesquisa bibliográfica abrange toda bibliografia tornada pública em relação ao tema de estudo, como livros, revistas, teses, dissertações, anais de eventos científicos, disponíveis por meio eletrônico e impresso (GIL, 2010). A principal vantagem em realizar uma pesquisa bibliográfica reside no fato de permitir ao investigador a cobertura de uma gama de fenômenos muito mais ampla do que aquela que poderia pesquisar diretamente. Sendo também indispensável nos estudos históricos, pois não há outra maneira de conhecer os fatos passados se não com base em dados bibliográficos (GIL, 2010). A pesquisa qualitativa ajuda a identificar questões e entender porque elas são importantes, revela áreas de consenso, tanto positivo quanto negativo, sobre determinado fenômeno. Além disso, é especialmente útil em situações que envolvem o desenvolvimento e aperfeiçoamento de novas ideias (GIL, 2010).

Assim, a metodologia segue os preceitos de Bhattacharjee (2012), na qual utiliza e envolve uma abordagem indutiva, à medida que permite expandir uma teoria existente. Através dessa metodologia é possível observar fenômenos particulares, identificar as regularidades existentes entre eles, e generalizar o objeto investigado. Adotando uma abordagem que pode ainda ser classificada como exploratória, uma vez que visa proporcionar maior familiaridade com o tema e torná-lo evidente. Esse é um tipo de abordagem frequentemente utilizado em novas áreas de investigação, onde, por exemplo, os objetivos poderiam ser: determinar a magnitude ou extensão de um fenômeno, problema ou comportamento específico, gerar ideias iniciais sobre o fenômeno ou testar a viabilidade de forma a realizar um estudo mais extenso sobre o fenômeno.

Apesar das limitações impostas pela utilização de dados que foram recolhidos e tratados por outras fontes, de acordo com BHATTACHERJEE (2012), a análise de dados secundários pode ser um meio efetivo onde a recolha de dados primários é muito dispendiosa ou inviável e os dados secundários estão disponíveis a um nível de análise adequado para alcançar os objetivos da investigação (SANTOS et al., 2018).

1 A Primeira Revolução Industrial

A Primeira Revolução Industrial ocorreu na Inglaterra, no século XVIII (1780-1830). A Inglaterra foi o primeiro país a passar por esta Revolução. A primeira Revolução Industrial transformou a vida dos homens a ponto de torná-los irreconhecíveis, destruindo seus antigos estilos de vida, deixando-os livres para descobrir ou criar novos modos de viver, se soubessem ou pudessem (HOBSBAWN, 1983, 74).

Segundo Decicino (2011) o evento da Revolução Industrial iniciou na Inglaterra, por volta de 1760, adiantou sua Industrialização, em relação ao continente europeu, e assumiu uma posição pioneira na expansão colonial. Essa Revolução foi caracterizada pelo uso de novas fontes de energia, pela utilização de máquinas movidas a vapor, pelo desenvolvimento dos meios de comunicação (telégrafo) e pela divisão e especialização do trabalho. Estas alterações fizeram com que os artesãos perdessem sua autonomia.

Para Lima e Neto (2017) o século XVIII, foi uma sucessão de invenções que deu origem ao modo de produção fabril, no qual uma série de melhorias no processo produtivo contribuiu para o prelúdio da Revolução Industrial. Tal Revolução transformou a capacidade produtiva inglesa. De modo geral, foi além do aparecimento de novas máquinas e fábricas, aumento de produtividade e do nível de renda. Na verdade, foi uma Revolução que transformou a Inglaterra e o continente europeu de uma forma brilhante, com consequências enraizadas nas relações sociais.

Segundo Wilson (2014) as revoluções nascem de necessidades, recursos por explorar e mudanças rápidas. O setor Industrial na Inglaterra, no século XVIII, transformou de forma rápida a vida e o modo de fabricar mercadorias (WILSON, 2014). A denominada Revolução Industrial 1.0 é pensada nos motores a vapor, com processos que até essa data eram feitos de modo artesanal, levando as pessoas a praticarem o êxodo rural, na procura de melhores condições de vida oferecidas nos grandes centros (TREW, 2014).

Para Cavalcanti (2019), dentre essas tecnologias, a criação do motor a vapor do engenheiro mecânico, James Watt, foi de grande importância, pois impulsionou e caracterizou a primeira Revolução Industrial, dinamizando as relações de tempo e espaço conhecidas até então. O motor a vapor se baseia na transformação de energia térmica proveniente da queima de carvão em energia mecânica que realizará o trabalho necessário para determinada situação, que poderia substituir os antigos meios de realização de trabalho como animal, humana ou proveniente da força da água.

Soares (2001) relata que para Hobsbawm (1983), a Revolução Industrial ou a constituição da “primeira economia Industrial de vulto” deu-se de modo bastante empírico, não planejado e acidental. Sobre essas invenções, Hobsbawm (1983) afirmou enfaticamente:

Felizmente poucos refinamentos intelectuais foram necessários para se fazer a Revolução Industrial. Suas invenções técnicas foram bastante modestas, e sob hipótese alguma estavam além dos limites de artesãos que trabalhavam em suas oficinas ou das capacidades construtivas de carpinteiros, moleiros e serralheiros: a lançadeira, o tear, a fiadeira automática. Nem mesmo sua máquina cientificamente mais sofisticada, a máquina a vapor rotativa de James Watt (1784), necessitava de mais conhecimentos de física do que os disponíveis então há quase um século - a teoria adequada das máquinas a vapor só foi desenvolvida ex post facto pelo francês Carnot na década de 1820 - e podia contar com várias gerações de utilização, prática de máquinas a vapor, principalmente nas minas. Dadas as condições adequadas, as inovações técnicas da

Revolução Industrial praticamente se fizeram por si mesmas, exceto talvez na indústria química. Isto não significa que os primeiros industriais não estivessem constantemente interessados na ciência e em busca de seus benefícios práticos (HOBSBAWM, 1983 *apud* SOARES, 2001, p. 84).

Conforme Lima e Neto (2017) relatam, o ponto fundamental de tal Revolução se encontra nas mudanças tecnológicas. Os avanços materiais ocorreram em três esferas: 1) na substituição das habilidades humanas por máquinas; 2) no domínio da energia de fonte inanimada perante a força humana e animal; 3) na melhora acentuada de métodos de extração e transformação das matérias primas. Além dessas mudanças dos equipamentos e processos, apareceram novas formas de organização Industrial. As unidades produtoras aumentaram o tamanho, onde a fábrica tornou-se mais do que um local de trabalho com maiores proporções, vindo a tornar-se numa estrutura de produção com definição clara de responsabilidades e funções dos atores envolvidos no sistema de produção.

2 A Segunda Revolução Industrial

A Segunda Revolução Industrial começou por volta de 1870. Mas a visibilidade de uma nova transformação só se deu nas primeiras décadas do século XX. Foi um movimento muito mais forte nos Estados Unidos que dos países europeus.

A Revolução da Indústria 2.0, no final do século XIX, iniciou-se com o aparecimento do Fordismo, modelo que revolucionou a indústria automobilística, quando Ford introduziu a primeira linha de montagem automatizada e produção em massa (ERA, 2008 *apud* BONILLA, 2019). Em contraponto ao taylorismo, o cientista Henry Ford defendia a ideia de coletividade, surgindo as primeiras linhas de montagens mudando completamente os processos realizados nas fábricas, como a produção em massa e otimização de tempo (FRANCO, 2011).

A partir de 1850 a industrialização iniciou um processo de expansão, atingindo outros países europeus, bem como outros continentes. É nesse período, entre 1850 a 1910, que se dá a Segunda Revolução Industrial. Neste momento, outros países europeus, entre eles Bélgica, Itália e Alemanha, entraram num processo de industrialização, assim como Rússia, Japão, no Oriente, e Estados Unidos, na América (CUOGO, 2012).

Segundo Cuogo (2012), de certa forma, a Segunda Revolução Industrial é uma fase do processo de industrialização, visto que não ocorreu uma ruptura e um reinício da Revolução Industrial. Houve apenas uma evolução e expansão - tanto no âmbito geográfico quanto nas questões tecnológicas - entre o período que compreende a Primeira Revolução e a Segunda Revolução. Assim como ocorreu na Revolução Inglesa, impulsionada pela ótica capitalista, também as demais nações que experimentaram a Revolução Industrial, tiveram aumento da concorrência nos diversos mercados. Houve, principalmente, estímulo na fabricação e produção de bens nas indústrias e expansão das ferrovias e navios a vapor.

Assim houve a necessidade de ir em busca de uma nova tecnológica sedimentou a chamada Segunda Revolução Industrial que surgiu em meados de século XIX, precisamente em 1850. Estudiosos apontam a segunda Revolução Industrial como o aprimoramento da Primeira Revolução, por não haver uma ruptura entre as duas. O grande impacto da segunda Revolução foi a descoberta da eletricidade além de das melhorias nos meios de transportes, transição do ferro para o aço, pouco tempo depois avanços na comunicação foram explorados (CAVALCANTE, 2019).

Para Almeida (2005), a Segunda Revolução Industrial proporcionou enorme impacto na economia com surgimento da eletricidade e da química. Estes processos impulsionaram a criação dos novos tipos de motores (elétricos e à explosão), de novos materiais e processos de fabricação, de grandes empresas, do telégrafo sem fio e do rádio (CAVALCANTE, 2019).

3 A Terceira Revolução Industrial

A Terceira Revolução Industrial tem início na década de 1970, tendo por base a alta tecnologia, a tecnologia de ponta (high-tech). Medeiros e Rocha (2004) resumem que a terceira Revolução Industrial constitui um processo difuso que repercute na dimensão cultural; o chamado pós-modernismo influencia a arte e os costumes. No que diz respeito à política e à economia gerou o chamado neoliberalismo e a era da globalização. Essa transformação no modo de produção ocorre simultaneamente na organização do Estado e no processo de trabalho nos setores: primário (agropecuária, extração de minérios), secundário (indústria, pesquisa, informática) e terciário (serviços), sendo este último o âmbito do setor saúde. Nessa fase da Revolução Industrial, foram criadas também:

- **Telefonia móvel;**
- **Criação de robôs usados nas indústrias;**
- **Foguete de longo alcance;**
- **Desenvolvimento da biotecnologia;**
- **Utilização da energia atômica;**

Medeiros e Rocha (2004) esclarece que no mundo do trabalho, a terceira Revolução Industrial, sobretudo a globalização, traz como um dos seus desdobramentos mais visíveis as novas tecnologias, o desemprego e as novas formas de organização do trabalho. As propostas neoliberais têm produzido efeitos deletérios no mercado de trabalho, tendo como um dos maiores problemas o aumento do desemprego dos setores produtivos, com os trabalhadores sendo expulsos do mercado de trabalho.

O desemprego traz implicações sociais, culturais e políticas, com ressonância no modelo econômico, na estrutura da sociedade, nas relações de produção, nas subjetividades e intersubjetividades e na produção da vida cotidiana, provocando insegurança, intranquilidade e mudando as relações de poder. A Terceira Revolução Industrial imprime a marca da exclusão, na qual a força de trabalho é dicotomizada em trabalhadores centrais e periféricos, desempregados e excluídos, dividindo também a parcela de apreensão do conhecimento e a utilização de tecnologias, gerando relações desiguais de poder pelo saber e pelo controle econômico, colocando no topo da escala os empregados das grandes empresas, seguidos dos trabalhadores do setor informal, cujo trabalho é precário e parcial. No extremo inferior da escala estão os desempregados, muitos dos quais não mais conseguirão voltar ao mercado de trabalho, por constituírem a classe de desempregados vítimas do denominado “desemprego estrutural” (MEDEIROS e RÓCHA, 2004, p. 68).

Para Greenwood (1999), as empresas têm de pensar racionalmente e agir rápido, onde os tempos e vida do produto são cada vez mais curtos e atrasar a inserção de um produto/mercado amanhã pode ser tarde demais, pois uma menor quantidade de trabalhadores deve ser cada vez mais capacitada para operar sistemas de produção cada vez

mais complexos, sofisticados e a forte aposta das empresas é querer estar em primeiro devido às tecnologias e a maximização dos lucros.

Singer (1999) informa que o crescimento do desemprego no mundo globalizado é a ponta de um *iceberg* muito maior que é a deterioração das relações de trabalho, que por sua vez gera a exclusão social. A exclusão como regra e a ética da individualidade são princípios consentidos pela lógica neoliberal. Nesse contexto, lutar pela inclusão de parcela significativa da população ao acesso às políticas sociais constitui, hoje, um desafio para os movimentos civis organizados e para os profissionais da área da saúde especificamente, utilizando como estratégia de mudança a postura ética e compromisso social com os direitos à saúde, contrapondo, portanto, à ética do individualismo, a ética da solidariedade.

4 A Quarta Revolução Industrial

A definição de indústria 4.0 surge da integração de vários conceitos tecnológicos. Estes conceitos nada mais são que bases tecnológicas que quando reunidas formam um novo modo de se produzir bens, muito mais rápido e confiável, que terá impacto direto não apenas em toda organização da empresa ou indústria, mas na sociedade como um todo. (VENANCIO e BREZINSKI, 2017).

Uma Revolução conceituada na aplicação de tecnologias avançadas no ambiente de produção, favorecendo novos valores e serviços para os clientes e para a própria empresa. Possui capacidade de aumentar a flexibilidade e qualidade dos sistemas produtivos na qual atende a demanda por novos e inovadores modelos de negócios e possibilita os serviços ser mais ágeis (KHAN e TUROWSKI, 2016).

Em suma, um conjunto de tecnologias chave está sendo consideradas responsáveis por acelerar a transição do ambiente de produção tradicional para o ambiente descentralizado exigido pela Indústria 4.0. Contudo, Martinez et al. (2016) em sua revisão da literatura, ao analisar 531 resumos de publicações relacionadas ao tópico Indústria 4.0 constataram que a palavra-chave *technolog* aparece somente em 50% dos resumos. Em seguida, com menor frequência aparecem as palavras-chave IoT, CPS e *Cloud*. Das 35 palavras-chave relevantes encontradas na investigação, a palavra-chave RFID aparece em menos de 5% dos resumos. Realidade aumentada (RA) e impressão 3D, consideradas pilares dessa Revolução nem sequer aparecem nos resultados. Embora estas três tecnologias já venham sendo discutidas na literatura há algum tempo, quando relacionadas com o tema Indústria 4.0 o assunto parece ainda estar na sua infância.

Podemos citar as seguintes tecnologias utilizadas na 4.0: RFID, fabricação de aditivos, aumento da realidade, ver outras na figura 1 e 2.

RFID é uma tecnologia de identificação automática com base na emissão de sinais de rádio, capazes de identificar as informações contidas em *tags* (AYDOS e FERREIRA, 2016). Para Zelnst et al. (2010), a utilização desta tecnologia pode inferir melhorias na produtividade, tempos de produção, prazos de entrega mais curto e fluxo de caixa, pode reduzir os custos operacionais e atuar na gestão de inventários, minimizando significativamente a quantidade de material no estoque.

A fabricação de aditivos para, Cotteleer e outros (2014), disponibiliza novas funcionalidades para fornecer soluções na fabricação de pequenos lotes de produtos complexos, com alto grau de personalização, mesmo em ambientes de produção em massa. Por ser uma tecnologia insensível a quantidade e a complexidade, melhora a flexibilidade da produção o que traz benefícios em termos de volume, tempo e custos, além de fornecer uma maior liberdade de design, é o design que vai determinar a produção e não o contrário. A utilização dessa tecnologia também muda uma antiga tendência de produção. As vantagens elevadas de se produzir em países com mão de obra barata diminuem o que favorece a

localização da produção, tornando mais rentável produzir bens em instalações mais perto de casa. Além disso, permite encurtar o ciclo de desenvolvimento do produto até ao seu lançamento no mercado e reduzir os desperdícios, resultando em processos mais eficientes.

A ferramenta amparada na realidade aumentada proporciona uma grande variedade de serviços, como seleccionar peças em um armazém ou enviar instruções de reparação por meio de dispositivos móveis (BAHRIN et al., 2016). Desta forma, a RA torna-se também uma tecnologia de habilitação chave para o ambiente da Indústria 4.0, à medida que melhora a transferência de informações entre os mundos digital e físico (ROMERO, 2016) e auxilia na cooperação entre seres humanos e máquinas (SANTOS et al., 2018).

Figura 1- Tecnologias utilizadas da indústria 4.0.



Fonte: Tecnologias da indústria 4.0 (Fonte: Adaptado de BCG 2015) *apud* Magalhães e Vendramini (2018).

Figura 2 - Tecnologia da Revolução 4.0 e sua utilização.

| Tecnologia | O que faz |
|----------------------------------|---|
| Inteligência artificial | Permite que os sistemas aprendam sem necessidade de programação. É usada na identificação facial e de voz, em veículos autônomos e na automação de processos e serviços. |
| Robótica | Produz robôs para automação de atividades a custos decrescentes. |
| Biotecnologia | Usa organismos vivos na produção de medicamentos, nutrientes químicos, combustíveis e materiais diversos. |
| Neurotecnologia | Implanta equipamentos eletrônicos nos organismos, com potencial de melhorar o monitoramento de saúde e o tratamento de doenças e de ampliar a capacidade cognitiva. |
| Blockchain | Registra transações financeiras em um arquivo digital de forma distribuída, imutável, transparente e auditável. Também pode ter outros usos, como monitoramento de cadeias de fornecimento, de registros e de certificações diversas. |
| Internet das coisas (IoT) | Conecta máquinas, eletrodomésticos, veículos, produtos ou qualquer coisa, inclusive pessoas, à internet. É utilizada em diversos setores, na gestão das cidades e nas residências. |
| Impressão em três dimensões (3D) | Permite a produção de qualquer coisa, com o uso de qualquer material, em um sistema de pequena escala. |

Fonte: Magalhães e Vendramini (2018).

4.1 Impactos ambientais.

Magalhães e Vendramini (2018), esclarece que a inteligência artificial, robótica e *blockchain* vêm também sendo utilizados para monitorar fauna e flora, poluição, certificação de origem e controle de cadeias de fornecimento. Por exemplo: o Walmart monitora com *blockchain* a cadeia de carne de porco produzida na China; a Everledger (especializada em redução de fraudes) certifica diamantes com *smart contracts* e *machine vision*; e a plataforma Provenance usa as novas tecnologias para tornar cadeias produtivas mais transparentes, por exemplo, evitando a compra de atum pescado com trabalho escravo.

Schules e Cleto (2017), descreve os possíveis impactos da Indústria 4.0 sobre o meio ambiente:

- Redução no consumo de recursos;
- Melhor eficiência no uso da energia;
- Menores índices de poluição;
- Menor degradação ao meio ambiente;
- Redução nas taxas de erro (retrabalho);
- Redução nos custos de setup;
- Minimização dos defeitos de qualidade;
- Custo da produção independente do tamanho do lote;
- Respostas mais rápida nas demandas do mercado;
- Menores prazos de entrega.

4.2 Impactos econômicos

Segundo Magalhães e Vendramini (2018), as tecnologias de *blockchain*, a internet das coisas (IoT), a impressão em três dimensões (3D) e a inteligência artificial facilitam a formação de uma rede de mercados com base em plataformas de pequenas empresas. Manufaturas podem ser estruturadas em menor escala e com cadeias de fornecimento mais curtas. Novos

modelos de negócios fundamentados em alta tecnologia têm o potencial de contribuir para a redução da desigualdade em regiões subdesenvolvidas. Por outro lado, essas tecnologias também podem formar grandes monopólios globais, pois reduzem drasticamente os custos marginais e permitem enormes economias de escala.

Schules e Cleto (2017), descreve os possíveis impactos da Indústria 4.0 no ambiente econômico:

- Maior investimento em pesquisa e desenvolvimento;
- Aumento da produtividade e valor adicionado;
- Aumento nas receitas da empresa;
- Aumento na flexibilidade dos negócios;
- Novas oportunidades para PMESs e *startups*;
- Abertura de novos segmentos de clientes;
- Lançamento de novos produtos e aumento de *portifólio*;
- Pequenos lotes de produção;
- Cadeia de valor mais colaborativa;
- Produção de acordo com os requisitos individuais dos clientes;
- Aumento na satisfação do cliente;
- Maior integração do cliente na cadeia de valor.

4.3 Impactos sociais

Estudos sobre os efeitos da automação e da inteligência artificial sobre os empregos convergem para as mesmas conclusões: em países como Estados Unidos, Japão, Reino Unido e Alemanha, a proporção de empregos em risco prevista para as próximas duas décadas gira entre 35 e 47% (MAGALHÃES e VENDRAMINI, 2018).

Schules e Cleto (2017), relaciona 19 possíveis impactos da Indústria 4.0 sobre o pilar social da sustentabilidade, sendo:

- Maior número de empregados na área de serviços e pesquisa e desenvolvimento;
- Trabalhadores mais qualificados e novas profissões;
- Condições de trabalho melhores, com maior satisfação e menos estressante;
- Diminuição no número de trabalhadores que executam tarefas repetitivas e manuais;
- Maior autonomia / flexibilidade (balanço entre trabalho e vida social);
- Amenizar a falta de trabalhadores qualificados;
- Vida profissional prolongada;
- Menor hierarquização dentro das empresas;
- Colaboração entre humanos e máquinas (robôs);
- Ambiente de trabalho móvel;
- Novas e avançadas tarefas de planejamento;
- Maior desenvolvimento da criatividade;
- Aumento no desempenho dos trabalhadores;
- Processo de tomada de decisão otimizada e de forma colaborativa entre pessoas e máquinas;
- Maior transparência e previsibilidade nos processos;
- Condições de trabalho menos exigentes fisicamente;
- Melhores oportunidades profissionais para pessoas com algum tipo de deficiência e com idade mais avançada;
- Maior proporção de idosos e mulheres nas indústrias;
- Menor número de acidentes e incidentes de trabalho.

Para Millani (2016), os profissionais do futuro precisarão possuir as seguintes características:

- Boa formação: os profissionais precisarão ter uma formação bem estruturada e com conhecimentos multidisciplinares;
- Conhecimento variado: manter-se em atualização constante, sempre procurando conhecimento em novas tecnologias;
- Senso de urgência: saber atuar em determinadas situações de forma imediata, mas com reconhecimento do que pode ser ou não postergado;
- Bom relacionamento: o avanço tecnológico criará sistemas autônomos, mas não eliminará a necessidade de interação entre trabalhadores, estes devem pautar as suas ações com respeito e ética profissional.

Figura 3 Profissões mais e menos propensas a desaparecer.

| Probabilidade | Profissão |
|------------------------|--|
| Mais propensos | |
| 0,99 | Operadores de telemarketing. |
| 0,99 | Responsável por cálculos fiscais. |
| 0,98 | Avaliadores de seguros, danos automobilísticos. |
| 0,98 | Árbitros, juízes e outros profissionais desportivos. |
| | Secretários jurídicos. |
| 0,97 | <i>Hostis e hostesses</i> de restaurantes, <i>lounges</i> e cafés. |
| 0,97 | Corretores de imóveis. |
| 0,97 | Mão de obra agrícola. |
| 0,96 | Secretários e assistentes administrativos, exceto os jurídicos, médicos e executivo. |
| 0,94 | Entregadores e mensageiros. |
| Menos propensos | |
| 0,0031 | Assistentes sociais de abuso de substância e saúde mental. |

| | |
|----------------|---|
| 0,0040 | Coreógrafos |
| 0,0042 | Médicos e cirurgiões |
| 0,0043 | Psicólogos |
| 0,0055 | Gerentes de recursos humanos. |
| 0,0065 | Analistas de sistemas de computador. |
| 0,077 | Antropólogos e arqueólogos. |
| 0,0100 | Engenheiros marinhos e arquitetos navais. |
| 0,01300 | Gerentes de vendas. |
| 0,0150 | Diretores. |

Fonte: Carl Benedikt Frey e Michael Osborne, Universidade de Oxford, 2013 tradução de Miranda 2016.

Schawb (2016), adverte que devemos resistir à tentação de polarizar nossos raciocínios sobre os impactos da tecnologia em relação ao emprego e ao futuro do trabalho. Segundo Frey e Osborne, o grande impacto da quarta Revolução Industrial sobre os mercados de trabalho e locais de trabalho em todo o mundo é quase inevitável. Mas isso não significa que estamos perante um dilema homem *versus* máquina. Na verdade, na maioria dos casos, a fusão das tecnologias digitais, físicas e biológicas que causa as alterações atuais servirá para aumentar o trabalho e a cognição humana; isso significa que os líderes precisam preparar a força de trabalho e desenvolver modelos de formação acadêmica para trabalhar com (e em colaboração) máquinas cada vez mais capazes, conectadas e inteligentes. Na figura 4 podemos observar as profissões com maior e menor probabilidade de desaparecer, sendo a probabilidade 1 maior.

4.4 Impactos éticos

Na medida em que máquinas adquirem a capacidade de tomar decisões autônomas, como, por exemplo, quem contratar para uma vaga de emprego e como definir determinado tratamento médico, emergem questões éticas totalmente novas. Como serão definidas as regras para tais resoluções? Como julgar decisões tomadas por máquinas quando provocam danos às pessoas? (MAGALHÃES, VENDRAMINI, 2018).

Para Soares (2018), parece-nos que, ao transcorrer da Quarta Revolução Industrial, os donos do capital e os desenvolvedores da tecnologia serão os grandes favorecidos no lucro financeiro da humanidade, causando um sucessivo aumento da diferença entre trabalho e capital. Diante dessa era de incerteza, parece-nos que, provavelmente, o futuro reservará para a sociedade:

- a) Diminuição de custos nos processos fabris e intelectual com aprimoramento em toda a cadeia de produção material e virtual;
- b) Investimentos a serem realizados pela digitalização na ordem de bilhões de dólares;

- c) Local das empresas será interligado interna e externamente;
- d) As próprias máquinas poderão, por conta própria, tomar as decisões para melhorar o processo produtivo ou até mesmo reduzir custos;
- e) Alterações de relacionamento negocial entre os usuários diretos das novas tecnologias como clientes, prestadores de serviço, empresas e trabalhadores os obrigarão a mudar de atitude com relação ao sistema econômico mundial;
- f) Uniformização da vida humana, causado pela padronização política, econômica e cultural pelos países líderes da Quarta Revolução Industrial por meio da abertura dos fluxos supranacionais;
- g) Preocupação social para achar e compartilhar, numa rapidez e transitoriedade absurdas, uma miríade de (des) informações inúteis onde serão fornecidas falsas (in) conclusões, cegando o ser humano daquilo que poderia ser a busca de sua felicidade;
- h) A dificuldade das pessoas de desacelerar, meditar e argumentar com qualidade, por causa do tempo tomado com dispositivos como o telefone móvel;
- i) As relações humanas serão integradas de comunicação e conflito entre seus pares pela busca de domínio e ascendência das redes sociais em toda sociedade hodierna;
- j) Preocupação de todos os habitantes com relação à segurança geopolítica.
- k) Repercussões a respeito do mercado de trabalho, ampliando o risco de desemprego em escala universal;
- l) Aumento considerável de jovens trabalhando como *freelance*, principalmente nas áreas que exigem esforço intelectual;
- m) Carência de novos perfis profissiográficos, onde os futuros trabalhadores terão que conquistar novas competências, habilidades e atitudes para sobreviverem ao mercado de forma satisfatória;
- n) A perda do direito à privacidade, com a vigilância geral dos indivíduos disfarçada em compartilhamento de informações sobre nós mesmos;
- o) A robotização da humanidade, privando-nos de coração e alma e fazendo-nos esquecer o que é misericórdia e solidariedade;
- p) A restrição dos entendimentos, por conta da ideologia implantada, nas deliberações políticas, causando, inexoravelmente, a disparidade na divisão de renda

4.5 A Quarta Revolução Industrial no Brasil.

A indústria nacional ainda se encontra em grande parte na transição do que seria a Indústria 2.0 (caracterizada pela utilização de linhas de montagem e energia elétrica) para a Indústria 3.0 (que aplica automação através da eletrônica, robótica e programação), conforme Lima e Pinto (2019).

Ferreira (2017), adverte que o país tem a oportunidade de pular algumas etapas e migrar direto para a indústria 4.0, desde que passe a capacitar a mão de obra e habilitá-la a atender às demandas dessa nova indústria.

Com a chegada da Indústria 4.0 e sua implementação em indústrias brasileiras, o grande desafio para o país concentra-se em fatores como: obter políticas estratégicas inteligentes, incentivos e fomentos por parte do governo; reunir empresários e gestores da indústria com visão, arrojo e postura proativa; dispor de desenvolvimento tecnológico e formação de profissionais altamente qualificados por parte das instituições acadêmicas e de pesquisa, preferencialmente em grande proximidade com a indústria (FIRJAN, 2016, p. 4).

Para Magalhães e Vendramini (2018), o Brasil avança rapidamente no uso das tecnologias da quarta Revolução Industrial no setor agrícola, por exemplo, o uso da biotecnologia e da edição genética amplia consideravelmente a produtividade das plantas. Nas fazendas, robôs e *drones* com sensores conectados à internet, mecanismos de reconhecimento de imagem e inteligência artificial são capazes de identificar com antecedência doenças, pragas e condições ambientais adversas. Esses equipamentos também conseguem controlar com precisão e eficiência o uso de água, de produtos químicos e de energia. Já no setor financeiro, a inteligência artificial permite às instituições oferecer melhores serviços; e o *blockchain* possibilita a criação de meios de pagamento e empréstimos diretamente entre pessoas, com baixo custo.

A edição especial da Revista Exame (2018), criou um guia simples, mas prático do passo a passo de como inserir a empresa na Indústria 4.0.

ENXUGUE: antes de digitalizar os processos, avalie a situação da empresa para adotar práticas gerenciais como eficiência energética, *lean manufacturing* e medidas para reduzir desperdícios.

QUALIFIQUE: as tecnologias da Indústria 4.0 demandam profissionais especializados, com conhecimento de robótica e análise de dados. É válido estimular a criatividade e o empreendedorismo.

SIMPLIFIQUE: inicialmente, adote medidas simples e de baixo custo, como sensoriamento, internet das coisas, computação em nuvem e big data, para ter ganhos rápidos e se preparar para os próximos passos.

INOVE: invista em pesquisa e desenvolvimento com o objetivo de implantar fábricas inteligentes, flexíveis e ágeis, com capacidade de customização da produção em massa (REVISTA EXAME, 2018).

De acordo com Pereira e Simonetto (2018), cinco eixos foram propostos pela Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), buscando desenvolver no país uma maior aproximação com esse novo modelo industrial, com base no programa de Indústria 4.0 alemão. Os eixos vão desde a criação de um programa brasileiro, passam pela busca de acordo com organizações alemãs, pela criação de uma rede de testes e simulação, pela criação e pelo alinhamento de linhas de fomento, e, finalmente, engajamento de pequenas e médias empresas. Dessa forma, espera-se que o Brasil possa traçar um caminho em direção à consolidação da Indústria 4.0.

Conclusão

As Revoluções Industriais interferiram com grande relevância na sociedade atual e principalmente o surgimento da Revolução tecnológica que tentamos absorver nos dias de hoje. Neste cenário podemos citar Cavalcanti e Silva (2011) que nos enciamos que além de toda tecnologia, produção em massa, entre outros avanços trouxeram grandes problemas e o mundo conheceu o capitalismo e a busca pelo lucro, sem respeito às vidas humanas. Em face aos problemas surgiram movimentos revolucionários, para tentar melhorar as condições de vida dos trabalhadores, movimentos estes inspirados na Revolução Francesa e nos ideais iluministas. É certo que Revolução Industrial marcou toda uma história e seus reflexos são vividos até os dias atuais com grande Revolução tecnológica que parece não ter fim, e até o seu lado negativo, foi positivo, pois para os trabalhadores foi uma forma de lutar pelos seus ideais e despertar da exploração aos quais eram submetidos. O mundo conheceu a Industrialização a produção em massa, as pessoas tinham o conforto de usar produtos que anteriormente lhes

eram restritos, entretanto, os seus reflexos negativos também são reconhecidos até hoje, além do capitalismo desenfreado, também doenças relacionadas ao cotidiano de stress e agitação, desemprego devido a substituição do homem pelas máquinas. Enfim é de suma importância conhecer a Revolução Industrial em todo seu desdobramento para entendermos o avanço tecnológico e todos os problemas de uma sociedade Industrializada.

Dorigati e Luz (2019) afirma que a relevância das transformações, sobretudo daquelas vivenciadas com o advento da quarta Revolução Industrial, causa a inevitabilidade das transformações das formas de emprego em todos os seguimentos e serviços. A tecnologia produz dois efeitos opostos sobre os empregos: a substituição do trabalho mecânico repetitivo e do trabalho manual de precisão para a automação, que são constantes desde a primeira Revolução Industrial. Como tratado, a tendência é que com a prática da capacidade de adaptação e do incentivo, os empregos poderão ser transformados de modo que algumas funções deixarão de existir e outras serão remuneradas com baixos salários.

A nova economia evoluiu e as sociedades que nela viviam também. A modernidade e a contemporaneidade deram origem a uma nova sociedade que emergia dos processos de Revolução, tendo sido condicionada, principalmente, pela Revolução Tecnológica; a Sociedade Informacional. Esta tem como matéria prima o conhecimento. E este, não só influencia nos métodos e processos de produção como também na forma e no rumo da nova sociedade (CUOGO, 2012).

Em se tratando da indústria brasileira Senhoreli et al. (2018) nos lembra que a posição das indústrias brasileiras no âmbito mundial da tecnologia, inovação, automatização de processos e qualidade nos serviços ainda está muito aquém do esperado para alcançar o patamar da Indústria 4.0. Novas premissas e ideais ainda necessitam ser apresentadas e entendidas para obter uma boa produtividade, com baixo custo. A realidade do Brasil perante os demais países foi vista como uma oportunidade de crescimento, não somente na economia, mas social. É possível descobrir novas formas de trabalho, gerando qualidade de vida para a população, diminuindo o desperdício e produzindo com mais qualidade. Ademais, os empreendedores devem olhar esse cenário atual como uma alavanca para os seus negócios.

Referências

- AYDOS, T. F.; FERREIRA, J. C. E. **RFID-based system for Lean Manufacturing in the context of Internet of Things**. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON AUTOMATION SCIENCE AND ENGINEERING, 2016, Fort Worth, Texas. Proceedings...[s.l.]: IEEE Robotics & Automation Letters (RA-L), 2016. p. 1140-1145.
- BAHRIN, M.; OTHMAN, F.; AZLI, N.; TALIB, M. **Industry 4.0: A review on Industrial automation and robotic**. Journal Teknologi,, v. 78, n.6-13, p.137-143, 2016.
- CARAS, M, H, M. **Quarta Revolução Industrial: um estudo bibliográfico da indústria 4.4 e suas principais tecnologias inseridas**. Conclusão de Curso, Universidade Federal de Juiz de Fora, 2019. Disponível em: <http://www.ufjf.br/engenhariadeproducao/files/2017/11/marcelohenriquemartinscara.pdf>. Acessado em: 27/03/2020.
- CAVALCANTI, Z. V.; SILVA, M. L. S. **A importância da Revolução Industrial no mundo da tecnologia**. Anais Eletrônico, VII EPCC, CESUMAR, 2011. Disponível em: https://www.unicesumar.edu.br/epcc-2011/wp-content/uploads/sites/86/2016/07/zedequias_vieira_cavalcante2.pdf. Acessado em: 27/03/2020.

- COTTELEER, M.; HOLDOWSKY, J.; MAHTO M. **The 3D opportunity primer: the basics of additive manufacturing**. [s.l.]: Deloitte University Press, 2013.
- CUOGO, F. C. **Reflexo da Terceira Revolução Industrial na sociedade informacional e sua relação com a educação à distância**. Conclusão de curso, Universidade Regional do Noroeste de Estado do Rio Grande do Sul, UNIJUI, 2012. Disponível em: [http://bibliodigital.unijui.edu.br:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/2832/Monografia UNIJUI Francisco.pdf?sequence=1](http://bibliodigital.unijui.edu.br:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/2832/Monografia%20UNIJUI%20Francisco.pdf?sequence=1) . Acessado em: 27/03/2020.
- DORIGATI, T. M.; LUZ, C. K. **Três cenários para a relação entre trabalho e gênero frente à Quarta Revolução Industrial**. Ver. Fac. Dir., Uberlândia, MG, v.47, n. 2, pp.168-197, 2019. Disponível em: [file:///C:/Users/pasquinn/Downloads/49063-Texto%20do%20artigo-222322-1-10-20200325%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/pasquinn/Downloads/49063-Texto%20do%20artigo-222322-1-10-20200325%20(1).pdf) . Acessado em: 29/03/2020.
- DRATH, R.; HORCH, A. Industrie 4.0: Hit or hype? **IEEE Industrial electronics magazine**, v. 8, n. 2, p. 56-58, 2014
- ERA, P. Patterns of Work in the Post-Fordist Era: Fordism and PostFordism. **Capital & Class**, 32(3), 152-157, 2008.
- FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO-FIRJAN. **Indústria 4.0 no Brasil: oportunidades, perspectivas e desafios**. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: < <https://www.firjan.com.br/publicacoes/publicacoes>. Acessado em: 29/03/2020.
- FERREIRA, P. G. **A oportunidade da Indústria 4.0 para o Brasil**. Blog do IBRE – Fundação Getúlio Vargas, 2017.
- FRANCO, T. Alienação do trabalho: despertencimento social e desrenraizamento em relação à natureza. **Caderno CRH**, Salvador, v. 24, n. 1, p. 169-189, 2011.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- GREENWOOD, J. The Third Industrial Revolution: Technology, Productivity and Income Inequality. **International Journal of Conflict Management**, 10(2), 130-153, 1999.
- HOBSBAWM, Eric. J. **Da Revolução Industrial inglesa ao imperialismo**. 3. ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1983.
- KHAN, A.; TUROWSKI, K. **A Survey of Current Challenges in Manufacturing Industry and Preparation for Industry 4.0**. In: Proceedings of the First International Scientific Conference “Intelligent Information Technologies for Industry”(IITI’16). Springer International Publishing, p. 15-26, 2016.
- LIMA, E. C.; NETO, C, R. O. Revolução Industrial: considerações sobre o pioneirismo Industrial inglês. **Revista Espaço Acadêmico**, n. 194, julho, 2017.
- MARX, K.; ENGELS, F. **Manifesto Comunista**. Rio de Janeiro, Editora Garamond, 1998.
- MAGALHÃES, R; VENDRAMINI, A. **Os impactos da quarta Revolução Industrial**. GVEexecutivo, v. 17, n. 1, 2018. Disponível em: <http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/gvexecutivo/article/viewFile/74093/71080> .Acessado em: 28/03/2020.
- MEDEIROS, S, M.; ROCHA, S. M. M. Considerações sobre a terceira Revolução Industrial e a força de trabalho em saúde em Natal. **Ciência & Saúde Coletiva**, 9(2): 399-409, 2004.
- MILLANI, R. **Como será o engenheiro do futuro?**. 2016. Disponível em< <https://blogs.siemens.com/conexaosiemens/stories/26320/>. Acessado em: 29/03/2020.

- PEREIRA, A.; SIMONETTO, E. O. Indústria 4.0: conceitos e perspectiva para o Brasil. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 16, n. 1, 2018.
- REVISTA EXAME. **Como construir o Brasil 4.0**. n. 10, ed. 1162, 2018.
- ROMERO, D.; STAHR, J.; WUEST, T.; NORAN, O.; BERNUS, P.; FAST-BERGLUND, A.; GORECKY, D. **Towards an operator 4.0 typology: a human-centric perspective on the fourth Industrial revolution Technologies**. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTERS & INDUSTRIAL ENGINEERING (CIE46), 2016, Tianjin, China. Proceedings... Nova York, EUA: Curran Associates, Inc., 2017.p.1-11.
- SCHWAB, K. **A quarta Revolução industrial**. São Paulo, Editora Edipro, 2016 .
- SANTOS, B. P.; ALBERTO, A.; LIMA, T. F. F. M.; CHARRUA-SANTOS, F. M. B. Indústria 4.0: desafios e oportunidades. **Revista Produção e Desenvolvimento**, v. 4, n1, p. 111-124, 2018.
- SENHORELI, A.; OLIVEIRA, C. A. S.; YAMADA, V. Y. **Indústria 4.0: uma análise da indústria brasileira perante o mundo**. VIII Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção. Ponta Grossa, PR. 2018.
- SINGER, P. **Globalização e desemprego**. São Paulo, Editora Contexto, 1999.
- SOARES, M. G. **A quarta Revolução Industrial e seus possíveis efeitos no direito, economia e política**. Universidade Autónoma de Lisboa (UAL), 2001.
- SOARES, L. C. **O mecanismo e as bases intelectuais da Revolução Industrial inglesa**. Economia, Curitiba, v. 27, n. 1 (25), p. 103-133, jan./jun. 2001. Editora da UFPR.
- TREW, A. Spatial takeoff in the first Industrial revolution. **Review of Economic Dynamics**, 17(4), 707-725, 2014.
- VENANCIO A.L.A.C & BREZINSKI G.L. **Sistema de avaliação de maturidade Industrial baseando-se nos conceitos da indústria 4.0**. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação, Departamento Acadêmico de Eletrotécnica (DAELT), da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), 2017.
- ZELBST, P.J.; GREEN JR, K.W.; SOWER, V.E. Impact of RFID technology utilization on operational performance. **Management Research Review**, [s.l.], v.33, n.10, p.994-1004, 2010.