

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DA PRODUÇÃO

SHARY CAROLINE PEREIRA LOZANO

INDUSTRIA 4.0 E A SUSTENTABILIDADE

CURITIBA

2019

SHARY CAROLINE PEREIRA LOZANO

INDUSTRIA 4.0 E A SUSTENTABILIDADE

Artigo apresentado como requisito parcial à conclusão do Curso de ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DA PRODUÇÃO de 2019, Setor de TECNOLOGIA, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Gechele Cleto

CUTIRIBA

2019

Indústria 4.0 e a Sustentabilidade

Shary Caroline Pereira Lozano

RESUMO

A indústria teve estágios marcantes desde o século XVIII e com a atividade industrial em constante evolução, seu maior objetivo sempre foi produzir em grande escala, mas sem considerar que os recursos naturais são finitos.

Porém, na década de 80, o termo desenvolvimento sustentável surgiu pela primeira vez com o objetivo de introduzir o uso dos recursos naturais de forma racional visando não exceder a capacidade de suporte do planeta. Baseadas nessa premissa, muitas empresas tem levado em consideração itens como preservação do meio ambiente, uso racional dos recursos e o benefício da sociedade relacionados ao seu desenvolvimento econômico. E é nesse cenário que a Indústria 4.0 eleva o conceito como continuação melhorada e evoluída das revoluções anteriores sendo uma conciliação de máquinas inteligentes e produção com processos e sistemas que formam uma rede refinada e interconectada que possibilita tornar os processos produtivos mais consistentes e reduzindo as perdas. Seguindo esse pensamento, o objetivo do presente artigo é entender a relação da Indústria 4.0 com os conceitos de sustentabilidade e desenvolvimento sustentável.

Palavras-chave: Indústria 4.0. Sustentabilidade. Desenvolvimento sustentável

ABSTRACT

The industry has had remarkable stages since the eighteenth century and with industrial activity in constant evolution, its main objective has always been to produce on a large scale, but without considering that natural resources are finite. However, in the 1980s, the term sustainable development emerged for the first time with the goal of introducing the use of natural resources in a rational way so as not to exceed the planet's carrying capacity. Based on this premise, many companies have taken into consideration such items as preservation of the environment, rational use of resources and the benefit of society related to their economic development. And it is in this scenario that industry 4.0 elevates the concept as an improved and evolved continuation of previous revolutions by reconciling intelligent machines and production with processes and systems that form a refined and interconnected network that makes it possible to make production processes more consistent and reducing losses. starting from this principle, the objective of this article is to understand the relationship of industry 4.0 with the concepts of sustainability and sustainable development

Keywords: Industry 4.0. Sustainability. Sustainable development.

1 INTRODUÇÃO

Grandes transformações caracterizam uma revolução, geralmente estas mudanças são movidas pela integração de novas tecnologias e possuem um impacto nos setores político, social e econômico.

A indústria passou por várias mudanças que trouxeram benefícios de grande escala e produtividade de produção à sua época (BERGER, 2014). Na sua maioria, as mudanças foram econômicas, sociais, intelectuais, demográficas, etc. As mais impactantes e efetivas foram as realizadas nas atividades industriais e desta forma foram denominadas de “revolução industrial” (LANDES, 1979).

O autor Fohlen (1987) explica que a definição de revolução foi se enriquecendo à medida que os historiadores realizaram investigações, mas com o tempo adquiriu uma complexidade que não possuía mais definições claras, logo, seria mais fácil delimitar que revolução industrial é “crescimento econômico”.

As características da primeira revolução industrial foram as máquinas movidas a vapor, a navegação marítima e transporte férreo. A segunda se inspirou em desenvolvimentos técnicos, científicos e táticos utilizados na Primeira e Segunda Guerra Mundiais. A mão de obra qualificada, regime de trabalho flexível, uso da eletrônica e informática, foi o que marcou a terceira revolução.

Essas três grandes revoluções provocaram mudanças que impactaram todos os âmbitos da vida individual e coletiva. Questões como a deterioração do meio ambiente pelo aumento da poluição e o uso descontrolado dos recursos naturais, foram algumas de suas características marcantes, causadas diretamente pelas indústrias cujo único objetivo era proporcionar crescimento econômico não se preocupando com as consequências futuras de suas atividades (SILVA, 2012).

Baseado nesse cenário de negligência por parte das indústrias, surgiu na década de 80 o conceito de sustentabilidade ambiental, propondo práticas que pudessem preservar a natureza e mesmo assim propiciar o crescimento econômico. Estabeleceu-se então categorias ecológicas de fabricação que garantissem a sobrevivência e um bom futuro para as próximas gerações (LEFF, 2011).

Com a propagação desse conceito, observou-se uma necessidade em mapear quais seriam seus componentes fundamentais. Segundo Barbosa (2007)

esse princípio seria regido pela busca do crescimento econômico, proteção ao meio ambiente e igualdade social.

Esses fundamentos aliados à mudança do paradigma das empresas, que tinham como único foco o lucro, deram origem ao TBL ou *Triple Bottom Line* ou o Tripé da Sustentabilidade que ganhou reconhecimento considerável, sendo componente das estratégias das empresas na inovação e na geração de valor (ELKINGTON, 1997).

Essas mudanças de paradigmas e o grande desenvolvimento tecnológico do setor fabril culminaram no que viria a ser chamada de quarta revolução industrial ou mais comumente conhecida como Indústria 4.0 (I4.0), que teve sua primeira aparição em 2011 na Alemanha, como uma proposta para o desenvolvimento de um novo modelo da política econômica alemã baseada em estratégias de alta tecnologia (ROBLEK, 2016).

Essa nova revolução é marcada pela integração e controle da produção a partir de sensores e equipamentos conectados em rede e da fusão do mundo real, o surgimento de tecnologias avançadas e recentes trouxe novas oportunidades que impactam na forma de produzir e gerenciar nas indústrias (INDÚSTRIA, 2016).

Essas transformações revolucionam as formas de comercialização e promoveram mudanças de comportamentos nas esferas de produção e consumo, podendo contribuir para a estruturação e formação de modelos de negócios mais sustentáveis (STOCK, T.; SELIGER, G, 2016).

Tendo como base esse novo modelo de indústria, o objetivo do presente artigo é entender a relação da I4.0 com os conceitos de sustentabilidade e desenvolvimento sustentável através do método de abordagem qualitativa, baseado em investigação de fatos e conceitos, pesquisa e compreensão do contexto focando nas tendências e convergência do assunto.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A fim de alcançar os objetivos propostos neste estudo foi necessário definir o referencial teórico no qual o trabalho está alicerçado. Assim, este item traz uma revisão bibliográfica, na qual se procurou delimitar os principais conceitos envolvidos no assunto, formando a base teórica para o desenvolvimento do estudo, abordando

o histórico das revoluções industriais, a sustentabilidade e seus alicerces e as ligações com a I4.0.

2.1 HISTÓRICO DAS REVOLUÇÕES INDUSTRIAIS

Entre os anos 1750 e 1815 emergiu na Inglaterra a 1ª Revolução Industrial com a descoberta do carvão e do ferro: máquinas movidas a vapor, navegação marítima e transporte férreo caracterizaram esta primeira grande mudança na indústria que marcou o mundo. O comércio, nesta época, era movimentado pela tecelagem de lã, em escala artesanal. A invenção das máquinas foi um grande passo nas técnicas empregadas na fabricação de mercadorias e aumentou a produção, desta forma a indústria se transformou em uma alternativa de trabalho e assim muitas pessoas trocaram os campos pela cidade.

A existência de minas de carvão mineral (fonte de energia) e minério de ferro (matéria-prima) na Inglaterra pode explicar o pioneirismo dos mesmos na 1ª Revolução.

Já a 2ª Revolução Industrial teve início nos Estados Unidos no final do século XIX e começo do século XX, e teve como características principais a descoberta da energia elétrica e o uso de petróleo como combustível. Esta revolução inspirou os desenvolvimentos táticos, técnicos e científicos utilizados na primeira e segunda guerra mundiais. Uma época assente nos ramos da metalurgia e da química, sendo que a eletricidade e o petróleo eram vistos como as principais fontes de energia.

Outros aspectos importantes desse período foram: invenção do motor a combustão e a vasta utilização do aço e alumínio que permitiu a construção de máquinas, trilhos, pontes, etc.

O industrial Henry Ford (fordismo) e o engenheiro Frederick Winslow Taylor (taylorismo) incentivaram a criação de métodos onde o tempo gasto e a eficiência do processo produtivo fossem cada vez mais aperfeiçoados, desta forma, inovaram a linha de montagem, utilizando esteiras rolantes pela fábrica deixando o processo dinâmico e otimizado.

Segundo a autora Canedo (1994) a 3ª Revolução Industrial foi novamente liderada pelos Estados Unidos, esta teve início com o final da Segunda Guerra Mundial e foi marcada por: introdução do uso de novas fontes de energia, como por exemplo, a nuclear; melhorias nas condições de trabalho com ampliação de direitos

trabalhistas; início do uso da informática; fortalecimento do sistema capitalista; desenvolvimento da genética e da biotecnologia, oferecendo novos recursos para a área médica e fortalecendo a indústria de medicamentos; desenvolvimento da globalização, principalmente após a Guerra Fria, que trouxe um novo cenário nas relações econômicas e formas de produção.

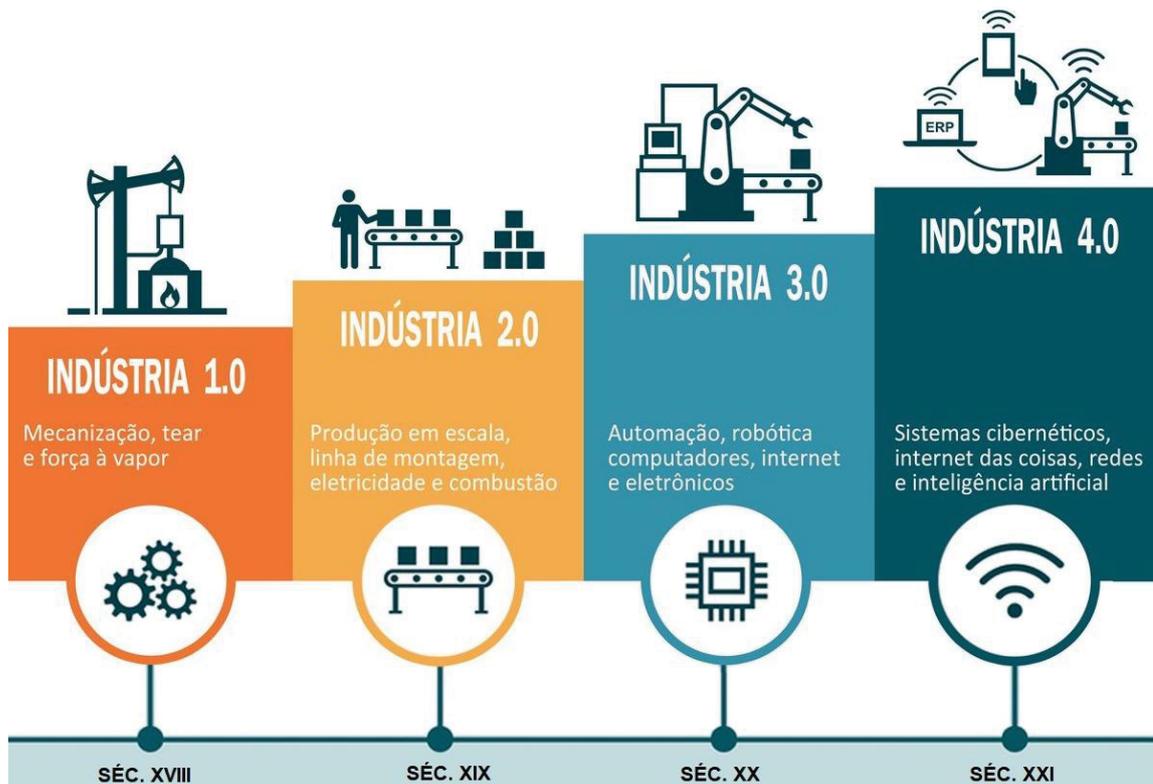
Já a chamada 4ª Revolução Industrial, ou Indústria 4.0, ou Revolução Digital, começou a ser notada nesta última década, e ainda se encontra em fase de desenvolvimento, por este motivo ainda não é conhecido todo seu potencial.

Esta revolução é caracterizada pela customização em massa e personalização da linha de produção, aliada a um conjunto de tecnologias como robótica, realidade aumentada, inteligência artificial, nanotecnologia, impressões 3D, big data, manutenção preditiva, simulações, IoP (Internet of Things), segurança cibernética (Cyber Security), CPS (Cyber Physical System).

Assim, a I4.0 seria a “transformação completa de todas as esferas da produção industrial através da fusão da tecnologia digital e da internet com a indústria convencional” (EUROPEAN PARLIAMENT - MERKEL, 2015).

Na Figura 1 tem-se um breve resumo das Revoluções Industriais.

FIGURA 1 – AS QUATRO REVOLUÇÕES INDUSTRIAIS.



FONTE: ADAPTADO SILVA (2018).

Para Hermann et al (2015), I4.0 é um termo coletivo para tecnologias e conceitos da cadeia de valor de uma fábrica inteligente que monitoram os processos físicos por meio de Sistemas Ciber-Físicos (CPS), criam cópias virtuais do mundo físico e tomam decisões de forma descentralizada.

Os autores Drath e Horch (2014) apontam que a I4.0 é uma tendência forte na indústria, a qual servirá de ponte para a virtualização de objetos físicos e serviços na indústria uma vez que esse novo modelo de indústria proporciona benefícios como: aumento da produtividade e segurança; redução de erros e desperdícios; economia de energia; conservação ambiental e personalização de produtos. Sendo esses itens decorrentes da possibilidade de se fazer uma manutenção preventiva de forma mais efetiva, identificando mais rapidamente a necessidade de manutenção corretiva (CNI, 2019).

2.2 – SUSTENTABILIDADE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTAVEL

O conceito de desenvolvimento sustentável e de sustentabilidade vem sendo altamente discutido nos últimos anos. Existem várias visões de sustentabilidade, as interpretações são variadas, algumas elaboradas de acordo com a área e os objetivos dos estudos envolvidos, o que levou à ampliação excessiva do seu significado.

Segundo Sarkis (2001):

A sustentabilidade se refere ao esforço de minimizar os impactos negativos nas relações ambiental, social e econômica, e se além às questões de alteração do clima, poluição e utilização dos recursos sem restrições (Sarkis, 2001).

Já o termo desenvolvimento sustentável surgiu na década de 80 e emergiu da relação entre preservação do planeta e atendimento das necessidades humanas (IUCN, 1980). O Relatório Brundtland (WCED, 1987) define de forma simples e concisa como desenvolvimento que “satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras satisfazerem as suas próprias necessidades”. Esta definição é duradoura porque é flexível podendo existir interpretações (PRUGH; ASSADOURIAN, 2003).

O primeiro grande passo global no âmbito do desenvolvimento sustentável foi a realização de Conferencia de Estocolmo em 1972 onde se percebeu uma necessidade de reaprender a conviver com o planeta.

O autor Sikdar (2003) afirma que o desenvolvimento sustentável pode ser visto como um balanço entre desenvolvimento econômico, gestão ambiental e igualdade social.

O desenvolvimento sustentável procura a melhoria de qualidade de vida de todos os habitantes do mundo sem aumentar o uso de recursos naturais além da capacidade da Terra.

Para o autor Brundtland (1987), os objetivos críticos que derivam do conceito de desenvolvimento sustentável são: crescimento renovável; mudança de qualidade do crescimento; satisfação das necessidades essenciais: garantia de um nível sustentável de população; conservação e proteção da base de recursos, reorientação da tecnologia e gestão do risco e reorientação das relações econômicas.

Em essência, o desenvolvimento sustentável é multidimensional, incorpora diferentes aspectos da sociedade, buscando a proteção ambiental e manutenção do capital natural para alcançar a prosperidade econômica e a equidade para as gerações atuais e futuras (KELLY et al., 2004).

O que hoje chamamos de desenvolvimento sustentável tem evoluído como um conceito integrador, um guarda-chuva sob as quais um conjunto de questões inter-relacionadas podem ser organizadas de forma única. Trata-se de um processo variável de mudança que busca como objetivo final, a sustentabilidade em si.

Portanto, para alcançar a sustentabilidade requer-se o desenvolvimento sustentável (PRUG; ASSADOURIAN, 2003). Quase todas as definições publicadas sobre o conceito de desenvolvimento sustentável têm como base princípios da sustentabilidade, por exemplo, a perspectiva de longo prazo, importância fundamental das condições locais, compreensão da evolução não linear dos sistemas ambientais e humanos (MOLDAN et al., 2012).

No meio empresarial, tornou-se mais conveniente pensar na sustentabilidade como um *“Triple Bottom Line”*, sendo dividida em sustentabilidade ambiental, econômica e social. A sustentabilidade ambiental é definida como a desmaterialização da atividade econômica, pois uma diminuição do processamento de material pode reduzir a pressão sobre os sistemas naturais e ampliar a prestação de serviços ambientais para a economia. A sustentabilidade econômica é a manutenção de capital natural, que é uma condição necessária para não haver decréscimo econômico (BARTELMUS, 2003). E, a abordagem de

sustentabilidade social refere-se à homogeneidade social, rendimentos justos e acesso a bens, serviços e emprego (LEHTONEN, 2004).

Na Figura 2 pode-se ver de forma resumida os conceitos do *"Triple Bottom Line"*.

FIGURA 2 – TRIPLE BOTTOM LINE.



FONTE: ADAPTADO DE OLIVEIRA (2018).

A sustentabilidade é discutida como um estado em que três tipos de interesses (ou conflitos) sejam cumpridos (ou resolvidos), simultaneamente: (i) o interesse da geração atual em melhorar a suas reais condições de vida (sustentabilidade econômica), (ii) a busca de uma equalização das condições de vida entre ricos e pobres (sustentabilidade social), e (iii) os interesses das gerações futuras que não estão comprometidas pela satisfação.

Tendo em vista esse cenário de digitalização de processos e revolução tecnológica, nota-se uma crescente tendência, sobre a movimentação de organizações em busca da eficiência produtiva que permitam propostas inovadoras de comportamento, consumo, práticas com base na utilização dos mesmos recursos já existentes e disponíveis para criar produtos e serviços com maior valor agregado (THURNER, 2015).

Essa constatação nos permite afirmar que os processos de inovação tecnológica e digitalização trazidos com essa nova industrialização tem forte

potencial para contribuir em esferas econômicas, sociais e ambientais. Soluções que trazem visível benefício nessas esferas são às que podemos atribuir o caráter sustentável.

Para Portilho (2005) e Jacobi (2003), a sustentabilidade pode ser praticada como um exercício político e de cidadania entre as pessoas e organizações. Sendo nesse momento o *“Triple Bottom Line”* usado como parâmetro para que empresas, pessoas, agentes de forma geral possam avaliar suas contribuições individuais e coletivas para um efetivo desenvolvimento que proporcione dignidade humana com isonomia a todos os cidadãos, garanta a produção de riquezas presentes e não prejudique o acesso de gerações futuras a recursos naturais.

Nesse sentido, Barbosa (2007) explica que além do tripé da sustentabilidade, as práticas sustentáveis nas indústrias 4.0 envolvem discussões como desenvolvimento sustentável, cidadania corporativa, responsabilidade social corporativa, performance social corporativa, inclusão social, entre outros.

3 METODOLOGIA

O autor Fonseca (2002), afirma que a metodologia é o estudo da organização e das etapas a serem cumpridas para elaborar e efetuar uma pesquisa ou um estudo. Pesquisa é um mecanismo racional e sistemático que busca propiciar respostas aos problemas considerados (GIL, 2008).

A metodologia escolhida para usar no presente artigo foi uma abordagem qualitativa. Optou-se esta forma de pesquisa porque é direcionado a tópicos ainda em processo de evolução. O presente trabalho baseia-se em pesquisa bibliográfica e documental, tendo como referência publicações acadêmicas da área, artigos e livros de especialistas.

Godoy (1995) aponta a existência de, pelo menos, três diferentes possibilidades oferecidas pela abordagem qualitativa: a pesquisa documental, o estudo de caso e a etnografia. A pesquisa documental é constituída pelo exame de materiais que ainda não receberam um tratamento analítico ou que podem ser reexaminados com vistas a uma interpretação nova ou complementar.

Para o autor Bryman (1989):

“A pesquisa qualitativa tem as seguintes características: pesquisador observa os fatos da ótica de alguém interno à organização; busca por uma profunda compreensão do contexto da situação; a pesquisa enfatiza o processo dos acontecimentos; o enfoque da pesquisa é mais desestruturado, não tendo fortes hipóteses no início da pesquisa; a pesquisa emprega mais de uma fonte de dados” (Bryman, 1989).

A pesquisa pode ser classificada de quatro formas: área de conhecimento, a finalidade, seus objetivos mais gerais e seus métodos empregados.

4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

A produção industrial se impõe sobre o meio ambiente de várias maneiras, com a finalidade de se obter o valor agregado desejado. Para Gabriel (2016), esta relação gera uma variedade de efeitos colaterais indesejáveis como o consumo dos recursos naturais, o consumo de energia, as emissões, os resíduos, o que pode levar a danos ambientais.

As tentativas para limitar esses efeitos negativos como a adesão a padrões ambientais cada vez mais elevados, o comércio de emissões, as metas de redução de CO₂ e consumo de energia são apenas alguns exemplos que influenciam cada vez mais a competitividade das indústrias. A preocupação com a eficiência do uso dos recursos é, então, determinante para que as organizações se tornem mais competitivas.

A manufatura necessita criar mecanismos para gerir os recursos de forma mais eficiente. Neste contexto, a I4.0 pode oferecer suporte por meio do gerenciamento contínuo de energia e recursos (MORENO, 2014).

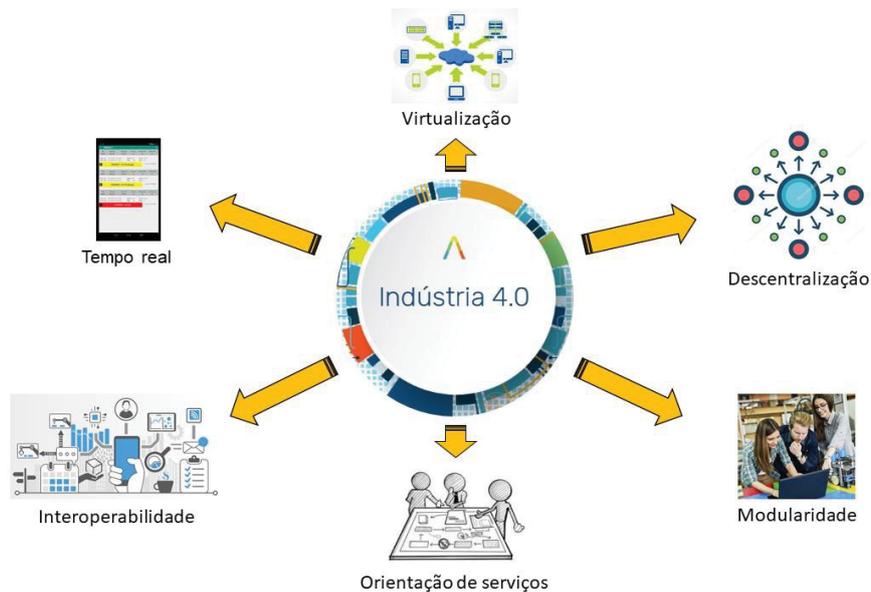
Ao fornecer informações detalhadas sobre cada ponto do processo de produção, o uso de recursos e energia pode ser otimizado em toda a cadeia de valor. Além disso, os sistemas podem ser otimizados continuamente durante o processo de produção em termos de recursos, consumo de energia ou emissões. Isso pode contribuir substancialmente para o desenvolvimento sustentável das indústrias (MORENO, 2014).

De acordo com o autor Hermann et al (2015), existem seis princípios os quais as indústrias devem identificar que podem dar suporte na implementação de um projeto de I4.0 e são conhecidos como os 6 princípios da I4.0:

- 1°- Controle da produção em tempo real: permite analisar e controlar em tempo real todos os dados da organização, permitindo uma tomada de decisão qualificada em tempo real. Logo, a planta pode reagir ao insucesso da operação e redirecionar os produtos para outra máquina.
- 2°- Modularidade: os sistemas modulares são capazes de se adaptar de forma flexível aos requisitos em constante mudança, substituindo ou expandindo módulos individuais. Portanto as máquinas produzirão conforme a demanda, permitindo a melhoria da produtividade e a redução no uso de energia.
- 3°- Orientação de serviço: o objetivo é uniformizar métodos e processos, a fim de melhorar as práticas impostas pela organização de modo que sejam seguidas conforme planejamento. Fazendo uso de arquitetura de softwares direcionadas aos serviços.
- 4°- Descentralização: com a crescente demanda por produtos individuais torna cada vez mais difícil controlar os sistemas de operação. O objetivo é que a máquina seja responsável pela tomada de decisão, devido a sua capacidade de se auto ajustar, avaliar as necessidades em tempo real e fornecer informações sobre seus ciclos de trabalho. É necessário manter controle do sistema todo para garantia de qualidade e rastreabilidade.
- 5°- Virtualização: capacidade de controlar processos físicos. Além de monitoramento remoto de todos os processos, através de sensores na fábrica. Os dados do sensor são vinculados a modelos de plantas virtuais e modelos de simulação, desta forma existe uma cópia virtual do chão de fábrica.
- 6°- Interoperabilidade: é um facilitador importante. Nas empresas a comunicação é um ponto essencial, e a interoperabilidade permite que possa ser feita através de qualquer dispositivo, tornando possível o contato entre os colaboradores responsáveis pela produtividade e os maquinários usados no processo.

Na Figura 3 estão representados os seis princípios da I4.0.

FIGURA 3 – OS SEIS PRINCÍPIOS DA INDÚSTRIA 4.0



FONTE: O AUTOR (2019).

Após relacionarmos estes princípios da I4.0 ao “Triple Bottom Line” da sustentabilidade podemos verificar os impactos dessas transformações na indústria e em sua produção, sendo os itens mais significativos:

- Aumento médio de eficiência dos recursos em todos os setores da Indústria.
RESULTADOS: Maior eficiência na utilização de recursos.
- A produção de peças sob demanda, usando impressão 3D, reduz as práticas logísticas e o impacto ambiental através da economia de energia e dos combustíveis utilizados para o transporte e distribuição das peças (GERLITZ, 2015).
RESULTADOS: Economia de combustíveis, diminuição de emissões atmosféricas e menor utilização de recursos em geral.
- Maior capacidade de customização individual pelos clientes/usuários finais dos produtos através de uma integração mais completa de projetos nos processos de desenvolvimentos dos produtos (GERLITZ, 2015).
RESULTADOS: Maior reconhecimento social por parte dos clientes/consumidores finais e redução de perdas nos processos de fabricação.

- O design aplicado de forma eficaz, como ferramenta e processo, pode agilizar o desempenho das cadeias de fornecimento e de valor, reduzir as interações logísticas e tornar as atividades adicionais redundantes. Com implicações positivas para o meio ambiente, garantindo ao mesmo tempo um maior reconhecimento social por parte dos clientes e maior desempenho ambiental (GERLITZ, 2015).

RESULTADOS: Maior reconhecimento social por parte dos clientes, maior desempenho ambiental e maior agilidade nos processos de produção.

- Tendo em vista a iminente escassez de trabalhadores qualificados, a I4.0 permitirá que os trabalhadores mais velhos prolonguem sua vida profissional e permaneçam produtivos por mais tempo utilizando-se de sistemas que permitam maior foco em atividades criativas e de valor agregado (KAGERMANN et al, 2013).

RESULTADOS: recursos e eficiência energética, produção urbana e mudança de hábito da população, como menor produção de resíduos e maior índice de reaproveitamento de materiais.

- A I4.0 permitirá ganhos de produtividade e eficiência de recursos em toda a rede de valor. Permitirá que o trabalho seja organizado de uma maneira que leve em conta a mudança demográfica e os fatores sociais. Os sistemas Smart Assistance liberará os funcionários de executar tarefas rotineiras, permitindo que se concentrem em atividades criativas e de valor agregado (KAGERMANN et al, 2013).

RESULTADOS: Maior desempenho dos recursos humanos utilizados na produção e maior possibilidade de melhorias nos sistemas.

- A organização flexível do trabalho da I4.0 permitirá que os trabalhadores combinem seu trabalho, vida privada e desenvolvimento profissional de forma mais eficaz, promovendo um melhor equilíbrio entre vida pessoal e profissional (KAGERMANN et al, 2013).

RESULTADOS: Melhor qualidade de vida e aumento da produtividade.

Mas essas são apenas algumas das melhorias que já puderam ser verificadas, se pensarmos nas possibilidades da I4.0 e no potencial à longo prazo dessa nova revolução, podemos esperar outros grandes impactos na indústria.

Inclusive, ao analisarmos os dados de pesquisa global da Deloitte, que conversou com 1.600 executivos em 19 países, entre eles 102 brasileiros, a expectativa para a indústria I4.0 é alta. Cerca de 39% dos entrevistados no Brasil consideram a tecnologia um diferencial competitivo, enquanto 42% acreditam que ela permite grande mobilização na cadeia de operações a fim de entregar valor aos clientes.

O estudo revela ainda que 87% do total desses gestores acreditam que o novo formato industrial deve beneficiar o mercado empresarial e a população com igualdade social e estabilidade econômica. Por isso, estima-se que a tendência da I4.0 se espalhe pelo mundo em alguns anos. Com isso, um dos maiores impactos será a criação de novos modelos de negócios.

Entre os possíveis efeitos estão a modificação dos métodos de trabalho, com o uso de sistemas e sensores inteligentes. Neste cenário, os softwares rígidos e centralizados cedem lugar aos recursos da inteligência artificial e comunicação entre máquinas (M2M – *Machine to machine*) diretamente no chão de fábrica. Além disso, as fábricas inteligentes podem trabalhar com a produção de mercadorias de acordo com as necessidades e desejos de cada cliente e, por meio dessa customização, garantir maior satisfação e fidelização.

E, claro, os impactos também influenciam diretamente nas relações trabalhistas e habilidades exigidas dos profissionais. Entre as principais capacitações necessárias, em especial para os gestores, estão a aptidão para viver de fato a transformação digital, multidisciplinaridade, criatividade e capacidade de inovar. A 4ª Revolução Industrial chega para transformar os modelos de gestão.

Como visto, a fábrica do futuro é bem diferente do modelo que temos atualmente (embora algumas empresas já estejam implantando algumas mudanças). Portanto, é preciso começar a agir para não perder tempo e prejudicar a competitividade da sua empresa.

A revolução 4.0 na indústria vai alterar toda a natureza do processo de produção, desde a origem da mercadoria até a entrega final para o consumidor. Com isso, as atividades passam a ter mais precisão, confiabilidade e agilidade.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A I4.0 e todos os seus benefícios ainda se encontram em fase de desenvolvimento, isto é, ainda não é conhecido todo o seu potencial. Por este motivo está sendo o foco de estudo de muitos especialistas e estudiosos das diversas áreas. Esta revolução tecnológica tem potencial de elevar os níveis globais de rendimento, e conseqüentemente melhorar a qualidade de vida das pessoas.

Para as próximas décadas espera-se que surjam incontáveis tecnologias disruptivas que poderão modificar as relações e os tipos de negócios para o futuro. Estes efeitos causarão mudanças significativas e muito importantes nos modelos de negócios que existem atualmente. Para as novas empresas, nota-se a necessidade repensar a conjuntura e como as organizações irá se reorganizar.

Deve-se pensar também que estas mudanças serão benéficas para países, indústrias ou empresas que tenham os recursos necessários para inovar e consigam se adaptar ao processo.

Este cenário tem movimentado as organizações para estudar propostas inovadoras e com foco mais voltado para a sustentabilidade pois práticas sustentáveis envolvem análise do desenvolvimento sustentável, responsabilidade social corporativa, inclusão social, entre outros pontos que são englobados no tripé da sustentabilidade (*Triple Bottom Line*).

Cabe ressaltar ainda que, recentemente, mais um pilar foi incorporado aos Bottom lines: o pilar cultural. No entanto, este pilar ainda não foi totalmente incorporado pelas organizações como forma de análise para a sustentabilidade. Como o presente estudo tem como objetivo realizar a união de conceitos e modelos com alto grau de aceitação, esse pilar não foi considerado, sendo esta uma melhoria para estudos futuros.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, P. R. A. **Índice de sustentabilidade empresarial da bolsa de valores de São Paulo (ISE-BOVESPA):** exame da adequação como referência para aperfeiçoamento da gestão sustentável das empresas e para formação de carteiras de investimento orientadas por princípios de sustentabilidade corporativa. 2007. Dissertação (Mestrado em Administração) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto COPPEAD de Administração, 2007.

BARTELMUS, P. **Dematerialization and capital maintenance**: two sides of the sustainability coin. *Ecological Economics*, v.46, n.1, p.61-81, 2003.

BRUNDTLAND, G. H. **Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development**. Oxford University Press, 1987.

BERGER, R. **Industry 4.0: The new industrial revolution—How Europe will succeed**. Roland Berger strategy consultants, 2014.

BRYMAN, A. **Research methods and organization studies**. London: Unwin Hyman, London, 1989. P 283.

CANEDO B. L. **A revolução industrial – Coleção Discutindo a história**. Ed Atual, 1994.

CNI. **A Indústria 4.0. Alianças de mercado**. Disponível em: <<http://www.portaldaindustria.com.br/senai/canais/inovacao-e-tecnologia/institutos-senai-de-inovacao/industriaavancada/>> Acesso em maio de 2019.

DRATH, R; HORCH, A. **Industrie 4.0**: Hit or hype? *IEEE industrial electronics magazine*, v. 8, n. 2, p. 56-58, 2014.

ELKINGTON, J. **Cannibals with forks**: the triple bottom line of 21st century business. Oxford: Capstone, 1997.

EUROPEAN PARLIAMENT. **Industry 4.0 Digitalisation for productivity and growth**. Setembro de 2015. Disponível em: <[http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2015/568337/EPRS_BRI\(2015\)5683377_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2015/568337/EPRS_BRI(2015)5683377_EN.pdf)>. Acesso em junho de 2019.

FOHLEN, C. **La Revolución Industrial**. Edit. Vicens-vives, Barcelona, 1987, p.36.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.

GABRIEL, M; PESSL, E. **ANNALS of Faculty Engineering Hunedoara**. *International Journal of Engineering*, 2016.

GERLITZ, L. **Design for product ans servisse innovation in industry 4.0 and emerging smart Society**. *Journal os security ans sustainability issues*. Vol 5, Number 2. December, 2015.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. Ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GODOY, A. S., **Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades**. *Pesquisa Qualitativa*. In *Revista de Administração de Empresas*, v.35, n.3, Mai./Jun. 1995b, p. 20-29.

HERMANN, M.; PENTEK, T.; OTTO, B. **Design principles for Industrie 4.0 Scenarios: a literature review. Working Paper**. n.01/2015, Technische Universität Dortmund, p 15.

INDÚSTRIA, Confederação Nacional. **Desafios para a indústria 4.0 no Brasil**. Brasília: CNI, 2016.

IUCN, UNEP, WWF. **The World Conservation Strategy: Living Resource Conservation for Sustainable Development**. International Union for Conservation of Nature (IUCN), United Nations Environment Programme (UNEP) and World Wide Fund for Nature (WWF), Gland, Switzerland, 1980.

JACOBI, P.R. **Educação ambiental, cidadania e sustentabilidade**. Cadernos de pesquisa, 2003, 118: 189-205.

KAGERMANN, H., WAHLSTER, W., HELBIG, J. **Recommendations for implementing the strategic initiative - INDUSTRIE 4.0** –ACATECH, 2013.

KELLY, R.; SIRR, L.; RATCLIFFE, R. **Futures thinking to achieve sustainable development at local level in Ireland**. Foresight, v.6, n.2, p.80-90, 2004.

LANDES, D. **Progreso tecnológico y revolución industrial**. Ed. Tecnos S.A, Madrid, 1979, p 15.

LEHTONEN, M. **The environmental–social interface of sustainable development: capabilities, social capital, institutions**. Ecological Economics, v.49, n.2, p.199-214, 2004.

LEFF, E. **Saber ambiental: Sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder**; tradução de Lúcia Mathilde Endlich Orth. 8. ed. Petrópolis: Vozes, 2011.

MOLDAN, B.; JANOUKOVÁ, S.; HÁK, T. **How to understand and measure environmental sustainability: Indicators and targets**. Ecological Indicators, v.17, p. 4-13, 2012.

MORENO, M. **How can we tackle energy efficiency in IOT based smart buildings?** Sensors, v. 14, n. 6, p. 9582-9614, 2014.

OLIVEIRA, P. FGV-celog. 17º Congresso de atuação responsável - **A química do futuro**. Ano 2018.

PORTILHO, F. **Consumo sustentável: limites e possibilidades de ambientalização e politização das práticas de consumo**. Scielo Brasil. Cad. EBAPE.BR vol.3 no.3 Rio de Janeiro 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1679-39512005000300005&script=sci_arttext>. Acesso em junho de 2019.

PRUGH, T.; ASSADOURIAN, E. **What is sustainability, anyway?** World Watch, v.16, n.5, p.10-21, 2003.

ROBLEK, V. A **Complex View of Industry 4.0**. Slovenia, 2016. Disponível em: <http://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/2158244016653987>. Acesso em Maio de 2019.

SARKIS, R., 2001. **Manufacturing's role in corporate environmental sustainability**: Concerns for the new millennium. *International Journal of Operations & Production Management*. 21 (5/6), 666-686.

SIKDAR, S. K. **Sustainable development and sustainability metrics**, *AICHE Journal*, v. 49, n. 8 p. 1928-1932, 2003.

SILVA, O. F. M. da. **“Aplicação de conceitos da manufatura sustentável: pesquisa-ação em uma empresa gráfica”**. Dissertação de Mestrado. UNESP, 2012

SILVA. M. INDUSTRIA 4.0 - **"Desvendando a 4ª Revolução Industrial"**, 2018.

STOCK, T.; SELIGER, G. **Opportunities of sustainable manufacturing in Industry 4.0**. *Procedia CIRP*, v. 40, p. 536-541, 2016.

THURNER, B., et al. **Empreendedorismo e inovação**: a influência das startups no crescimento econômico. 2015.

WCED (World Commission on Environment and Development). **Our Common Future**. 1987.