



## AS CONTRIBUIÇÕES DA QUARTA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL PARA ECOINOVAÇÕES: UMA REVISÃO BIBLIOMÉTRICA

DOI: 10.19177/rgsa.v9e012020265-282



**Eric Juan Machado Ferreira<sup>1</sup>**

**Carla Patricia Finatto<sup>2</sup>**

**Samara da Silva Neiva<sup>3</sup>**

**José Baltazar Salgueirinho Osório de Andrade Guerra<sup>4</sup>**



### RESUMO

A partir desenvolvimento dos setores da tecnológicos, avista-se inovações que têm se mostrado satisfatórias, sobretudo diante dos efeitos da urbanização. No entanto, cada vez mais se vê a necessidade da modernização tecnológica focada em sustentabilidade, de modo a alcançar equilíbrio entre o ambiental, o social e o econômico. Diante disso, levanta-se a questão de se saber qual o verdadeiro impacto das preocupações ambientais na inovação desenvolvida e adotada pelos diversos agentes econômicos. O objetivo deste artigo, portanto, é identificar como as

<sup>1</sup> Center for Sustainable Development, University of Southern Santa Catarina (UNISUL), e-mail: ericjuanmf@gmail.com

<sup>2</sup> Center for Sustainable Development, University of Southern Santa Catarina (UNISUL), e-mail: carlapatriciafinatto@gmail.com

<sup>3</sup> Center for Sustainable Development, University of Southern Santa Catarina (UNISUL), e-mail: samara.neiva@unisul.br

<sup>4</sup> Center for Sustainable Development (Greens), University of Southern Santa Catarina (UNISUL), e-mail: baltazar.guerra@unisul.br

tecnologias trazidas pela Quarta Revolução Industrial podem contribuir para a adoção de estratégias deecoinovação.

**PALAVRAS-CHAVE:** Inovação. Objetivos de desenvolvimento sustentável. Quarta revolução industrial.

## THE CONTRIBUTIONS OF THE FOURTH INDUSTRIAL REVOLUTION TO ECOINNOVATIONS: A BIBLIOMETRIC REVIEW

### ABSTRACT

From the development of the technological sectors, innovations can be seen that have been satisfactory, especially in view of the effects of urbanization. However, the need for technological modernization focused on sustainability is increasingly seen, in order to achieve a balance between the environmental, the social and the economic. In view of this, the question arises as to the true impact of environmental concerns on the innovation developed and adopted by the various economic agents. The purpose of this article, therefore, is to identify how the technologies brought about by the Fourth Industrial Revolution can contribute to the adoption of eco-innovation strategies.

**KEYWORDS:** Innovation. Sustainable Development Goals. Fourth Industrial Revolution.

### 1. INTRODUÇÃO

(Stock et al; 2018) caracteriza as tendências atuais da sociedade com uma crescente desigualdade socioeconômica, mudanças climáticas, o aumento da degradação ambiental, a urbanização e a crescente dependência cibernética podem ser destacadas como algumas tendências globais relevantes. Estas tendências, por sua vez estão levando a diferentes riscos regionais, como instabilidade social, subemprego, migração involuntária, crises hídricas, catástrofes naturais ou esgotamento de recursos. Em a fim de superar as causas das tendências acima e

reduzir o risco de probabilidades de ocorrência, bem como os impactos dos riscos resultantes, novos e os primeiros países industrializados têm de enfrentar vários desafios.

Todavia, os avanços tecnológicos impulsionaram aumentos dramáticos na produtividade industrial desde amanhecer da Revolução Industrial. As fábricas movidas a vapor no século XIX século, a eletrificação levou à produção em massa no início do século XX, e a indústria tornou-se automatizada na década de 1970. Nas décadas que se seguiram, no entanto, os avanços tecnológicos foram apenas incrementais, especialmente se comparados avanços que transformaram a TI, as comunicações móveis e o comércio eletrônico (RUBMANN et al; 2015).

Desta maneira, o paradigma da Indústria 4.0 engloba e passa aspectos multidimensionais das operações de negócios e melhorias nos processos industriais, como uso de materiais, economia global e cadeia de oferta e valor (Strandhagen et al., 2017a, b). No meio ambiente , são feitos esforços para evitar ou mitigar impactos negativos sem dificultar o desenvolvimento econômico usando novas tecnologias, de eco-inovações (CUNICO et al; 2016), sendo elas a base do ambiente verde e da eficiência dos recursos, proporcionando a sustentabilidade por meio das técnicas científicas da indústria 4.0 . (Tarnawska, 2013: 741).

## 2. METODOLOGIA

Para análise das contribuições da quarta revolução industrial para eco inovações foi feita uma pesquisa bibliográfica no método qualitativo. Sendo assim, para a obtenção dos dados, as seguintes bases de dados foram utilizadas: Science Direct e Scopus.

**Palavras chaves utilizadas na pesquisa de artigos científicos.**

	Science Direct	Scopus
“Industry 4.0”	4,210	5,421

"Eco innovations"	1,369	936
"eco innovations" AND "Sustainable development"	727	283
"industry 4.0" AND "eco innovations" AND "Sustainable development"	16	2
Artigos selecionados	30	14

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Quarta Revolução Industrial

O termo indústria 4.0 foi mencionado primeiramente no ano de 2011, na Alemanha, durante o evento "Hannover Fair", como uma proposta para o desenvolvimento de um novo conceito de política econômica alemã baseado em estratégias de alta tecnologia, simbolizando o início da Quarta Revolução Industrial (Carvalho et al; 2018).

(Belvedere et al., 2013) declama que os avanços na ciência e tecnologia têm apoiado continuamente o desenvolvimento da industrialização em todo o mundo, e assim ajudaram a trazer significados mais específicos e explícitos para este termo ao longo dos anos.

O conceito de Indústria 4.0 é construído sobre três transformações tecnológicas anteriores: a potência a vapor, que era a força transformadora do século XIX; eletricidade, que transformou grande parte do século XX, e a era do computador a partir dos anos 1970 (Cordes & Stacey, 2017).

Analogicamente Klaus Schwab ressalta que a Quarta Revolução Industrial é uma revolução tecnológica que transformará fundamentalmente a forma como vivemos, trabalhamos e nos relacionamos. Em sua escala, alcance e complexidade, a transformação será diferente de qualquer coisa que o ser humano tenha experimentado antes (SCHWAB, 2016).

Na Indústria 4.0, os processos comerciais e de engenharia são projetados dinamicamente, ou seja a produção pode ser alterada de forma rápida e flexível.

Deste modo, (KAGERMANN et al; 2013), destaca que a quarta revolução industrial visa contribuir para superar desafios atuais como: : Recurso e eficiência energética, produção urbana e mudança demográfica

(Stock et al; 2018) indaga que a Indústria 4.0 visa conectar recursos humanos, serviços e humanos em tempo real durante toda a produção, com base dos sistemas físicos cibernéticos (CPS) e da Internet das coisas (IoT) . Física componentes são complementados por sensores, atuadores e software embutido, dando-lhes a capacidade de processar e comunicar dados.

Sabe-se que as repercussões da modernização impactarão no estilo de vida humano, bem como que o período da quarta revolução industrial será marcado pelos processos completos de automação e digitalização e pelo uso de eletrônicos e informações tecnológicas. (Roblek; Mesco; Krapez, 2016). Portanto, este período tornará possível que reúna e análise dados entre máquinas, permitindo mais rapidez, flexibilidade e eficiência nos processos para produzir produtos de maior qualidade a custos reduzidos (Rubmann et al; 2015).

Atualmente, a Indústria 4.0 também está lidando com a necessidade de produzir dentro de constrangimentos para serem orientados para a sustentabilidade. A principal pressão ambiental que as tecnologias digitais estão sofrendo está relacionada à tendência crescente de demanda de energia, e exigência de adoção de sistemas energéticos com baixas emissões de carbono (Wang, 2016).

Ainda, a Quarta Revolução Industrial traz a inovação ambiental (IA) ou eco-inovação que foi introduzida pelo projeto interdisciplinar "Os impactos dos instrumentos de política ambiental sobre a inovação" (Rennings, 2000). Segundo Carrillo-Hermosilla et al. (2010) definir IA não é uma tarefa fácil, contudo, em geral, as definições são unânimes em enfatizar que as IAs reduzem o impacto ambiental causado pelas atividades de consumo e produção.

### **3.2. Objetivos do Desenvolvimento Sustentável**

Segundo Stock e Seliger, a criação de valor industrial deve ser voltada para a sustentabilidade e a Indústria 4.0 oferece imensas oportunidades para a realização de manufatura sustentável. (Stock et al; 2018). Os autores declaram também que o conceito de Desenvolvimento Sustentável foi definido pela primeira vez em 1987, no Bruntland Report, como um desenvolvimento que "atende às necessidades do

presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazer suas próprias necessidades”. Sendo assim trazendo este conceito para um modo prático atual, cita a Assembléia Geral das Nações Unidas que adotou a Agenda 2030, aplicando-se igualmente a todos os países do mundo. Esta agenda inclui 17 indivisíveis e objetivos auto-sustentáveis. Estes chamados Objetivos de Desenvolvimento Sustentável são destinados servir de base para uma transformação das economias globais em direção a um desenvolvimento sustentável.

A sustentabilidade consiste no entendimento idealizado pelo homem como um evento social com amplitude filosófica, inserido num plano social de vida futura. No entanto existem contrariedades (KEINERT, 2007). Para Bellen (2004, p.73) a sustentabilidade requer um padrão de vida dentro dos limites impostos pela natureza”

Destaca-se ainda que o desenvolvimento sustentável não se baseia apenas em fatores econômicos, sociais, dimensões ecológicas ou institucionais, mas sim na visão do sistema como um todo. As relações entre os sistemas devem ser realocadas em uma estrutura lógica, a fim de se atingir uma sustentabilidade coerente.

Como visto, atualmente tem crescido a necessidade e investimentos no que tange à sustentabilidade, razão pela qual modelos novos e mais sustentáveis no desenvolvimento da economia e dos mercados globais são exigidos, a fim de impulsionar reconsideração de todo o ciclo de consumo (Luchs et al., 2011). Esta prolongada vida útil dos produtos existentes e evita necessidade de recursos adicionais para fazer novos produtos. (Elmira, 2017).

Neste sentido, Manzini e Vezzoli (2005) afirmam que o desenvolvimento sustentável busca alcançar consciência frente às tecnologias a fim de promover a sustentabilidade. No que tange às empresas, as vantagens competitivas sustentáveis dependem de como são percebidas as necessidades dos clientes, bem como quais as ações adotadas para atendê-los (FIALHO et al., 2008).

Hart (2006), por sua vez, assegura que as empresas precisam ser bem sucedidas em várias frentes para criar valor para os acionistas e, concomitantemente devem também superar os desafios econômicos, sociais e ambientais para atingir a sua sustentabilidade.

(KAYAKUTLU; LAURENT; 2017) consideram que enquanto as pequenas empresas economizam no uso de energia, as grandes empresas e outras organizações, como universidades, organizações governamentais e as ONGs

também deveriam despertar para o seu uso inteligente . No entanto, declaram que o principal problema é que os funcionários ou funcionários públicos não são cobrados pelo uso de energia e, em conseqüentemente, são pouco motivados para seu uso inteligente, sendo isso um problema consideravelmente grave.

(Brudermann et al; 2019) fazem uma análise sobre a educação para o desenvolvimento sustentável fazendo uma analogia sobre as abordagens e as tendências recentes na sociedade e na tecnologia que afetam fortemente a maneira como aprendemos, ensinar e compreender o conhecimento e a educação [19]. Isto, por um lado, envolve a integração de os respectivos tópicos e métodos nos currículos e, por outro lado, a aplicação de tecnologias de aprendizagem, tais como cursos on-line massivos abertos (MOOCs) e e-learning.

### **3.3. Ecoinovações**

A inovação é um dos principais fatores que influenciam o crescimento econômico dos países, sendo essencial para a geração de vantagem competitiva em ambientes altamente turbulentos. A habilidade em inovar é diretamente relacionada com a capacidade competitiva dos indivíduos, empresas, regiões ou países (Neely; Hill, 1998; IBGE, 2013).

As eco-inovações atendem aos princípios do desenvolvimento sustentável e são definidas como a produção, assimilação ou exploração de um produto, processo de produção, serviço ou método de gestão - que é novo para a organização e que resulta, ao longo da sua vida ciclo, na redução do risco ambiental, da poluição e de outros impactos negativos nos recursos uso (incluindo energia) - quando comparado a alternativas relevantes (Kemp & Pearson, 2007)

De acordo com (Schachter; 2018) as empresas inovam, ou seja, desafios globais e mudanças no setor público e políticas de bem-estar, conhecimento globais, sourcing, redes de colaboração visam novas formas de co-criar valor com os clientes e aproveitar o conhecimento comercial. Além disso, as inovações tecnológicas

estiveram em paralelo com o crescimento das preocupações ambientais, englobando sucessivas capacidades de inovação para responder a desafios de sobrevivência.

Com o crescimento econômico desenfreado dos países e avanços das tecnologias torna-se cada vez mais necessária a busca por recursos que se tornam escassos à medida que há um consumo insustentável e pouco ou nenhuma preocupação com a preservação ambiental (JERÔNIMO, 2014). As inovações tornaram-se um Santo Graal em agendas de crescimento econômico e sustentabilidade em todo o mundo (OCDE, 2016; Fagerberg, 2018). Com isso, as organizações têm se obrigado a incluir as questões ambientais em suas estratégias organizacionais equilibrando o crescimento com o cuidado ambiental, seja pela força da legislação ou pela necessária posição competitiva, de aderir a novos modelos que atendam às questões ambientais. (CARDOSO, et al., 2013). Assim, existe preocupação por parte das organizações, bem como imposições legais que exigem um comportamento novo e voltado às questões ambientais (OLIVEIRA, 2011).

A partir do Relatório Our Common Future produzido pela World Commission on Environment and Development e coordenado por Gro Brundtland (1987) os estudos sobre inovação passaram a ter um significado mais profundo, não apenas para a atividade econômica e para a gestão dos negócios, mas também porque voltaram-se para o uso mais racional e eficiente dos recursos naturais. O autor destaca ainda que abordar a preocupação com o meio ambiente e o desenvolvimento sustentável é reconhecer a importância da inovação no desenvolvimento de novos produtos e processos, com vistas à utilização mais racional dos recursos naturais. Os resultados advindos dessa nova abordagem não somente impactaram variáveis de natureza econômica, tecnológica e organizacional, mas também trouxeram uma preocupação com o meio ambiente, conferindo às inovações uma nova dimensão: a responsabilidade social. (ALOISE, 2016).

As inovações voltadas para as questões da sustentabilidade são conhecidas no meio científico internacional como ecoinovações ou inovações ecológicas (ecoinnovations), inovações ambientais (environmental innovations), inovações sustentáveis (sustainable innovations) ou inovações verdes (green innovations) (WAGNER, 2010; REID; MIEDZINSKI, 2008).



Assim, tem-se que as ecoinovações surgem como resposta à demandas de gestão ambiental, bem como formas de desenvolver estratégias para manter as organizações competitivas no mercado, eis que os empreendedores precisam cada vez mais se atentar às questões ambientais, tanto na perspectiva de buscar diferenciais competitivos, bem como na necessidade de atender à legislação ambiental e desenvolver uma preocupação com a preservação ambiental.

Ainda, pode ser definida como o processo do desenvolvimento de novas ideias, comportamento, produtos e processos que contribuem para a redução dos encargos ambientais ou para metas específicas de sustentabilidade (RENNINGS, 2000). Além disso, a inovação em direção a uma sociedade sustentável pode ser concebida em três amplos níveis: tecnológico, social e institucional, sendo que a ecoinovação tecnológica deve ser sustentada por uma evolução correspondente dos arranjos sociais e das estruturas institucionais de apoio (Freeman, 1996).

(Carvalho et al; 2018) analisa que a interconexão de redes de criação de valor na indústria 4.0 oferece novas oportunidades para a realização de ciclos de vida de produtos em circuito fechado e simbiose industrial. Sendo assim, confere que esta tem uma grande oportunidade de realizar a criação de valor industrial sustentável em todas as três dimensões da sustentabilidade: ambiental, social e econômica. Dessa forma, (Washington, 2015) profere que a sustentabilidade é entendida de forma ampla, incluindo aspectos ambientais (poluição, desperdício, intensidade de recursos), sociais (saúde, bem-estar) e econômicos (eficiência, competitividade). Sendo assim, (Kanger e Schot, 2018) atribui que ambos aspectos ambientais e questões de “desenvolvimento” necessitam de tal integração, enfatizando implicitamente a inovação como um veículo de transição.

(Schachter, 2018) induz que a incorporação progressiva de inovações ocultas e não tecnológicas, juntamente com o surgimento da quarta revolução industrial, está contribuindo para mudar nossa compreensão sobre inovação e sua medição.

(KAYAKUTLU; LAURENT; 2017) indagam que muitos fatores influenciam a integração da tecnologia em todas as atividades. Desse modo, o desenvolvimento acelerado de dispositivos e software impulsiona mercado de energia para tentar aplicar várias tecnologias para otimizar, seguir para cima, comutação e controle remoto. O contexto de inteligente, inovador e verde.

No entanto, muitos dos nove avanços em tecnologia que formam a base da Indústria 4.0 já estão sendo usados na fabricação (RUBMANN; 2015), portanto a tabela a seguir evidencia todas formas de inovações dentro da sociedade e do campo sustentável, pois a Indústria 4.0 visa construção de uma plataforma de fabricação aberta e inteligente para aplicação de informações em rede industrial. (VAIDYA; AMBAD; BHOSLE; 2018).

Big Data and Analytics	A análise baseada em grandes conjuntos de dados surgiu apenas recentemente no mundo da manufatura, onde otimiza a qualidade da produção, economiza energia e melhora o serviço do equipamento. Big data pode ser usado para ajudar empresas entender seu desempenho no parâmetro sustentabilidade. Recentemente têm sido usadas para descrever os conjunto de dados e as técnicas analíticas em aplicativos que são tão grandes e complexos (do sensor ao social dados de mídia) que exigem dados avançados e exclusivos da tecnologia de armazenamento, gerenciamento, análise e visualização.	CHEN et al; 2012 PAPADOPOULOS et al., 2017 RUBMANN et al; 2015
Robôs Autônomos	Fabricantes em muitas indústrias usam robôs há muito tempo para lidar com tarefas complexas. Fabricantes em muitas indústrias têm usado robôs para lidar com atribuições. Mas os robôs estão evoluindo para uma utilidade ainda maior, sendo assim estão se tornando mais autônomos, flexíveis, e cooperativos, capazes de interação uns com os outros e trabalho com humanos ocorrendo o mútuo aprendizado entre ambos. Um robô autônomo é usado para executar o método de produção autônomo mais precisamente e também trabalhar nos lugares onde os trabalhadores humanos são restritos..	RUBMANN et al; 2015 VAIDYA; AMBAD; BHOSLE; 2018 (KAYAKUTLU; LAURENT; 2017)
Simulações	Simulações serão usadas mais extensivamente nas operações da fábrica para alavancar dados em tempo real para espelhar mundo em um modelo virtual, que pode incluir máquinas, produtos e seres humanos, reduzindo assim a configuração da máquina, aumentando a sua qualidade. No futuro, simulações serão estendidas para as operações da planta. Então, elas incluirão máquinas, produtos e funcionários para permitir que os operadores testem e otimizem as configurações da máquina praticamente para o próximo produto em linha, sendo assim antes do físico a mudança é aplicada. Portanto, os tempos de	RUBMANN et al; 2015 VAIDYA; AMBAD; BHOSLE; 2018 (KAYAKUTLU; LAURENT; 2017)

	configuração da máquina serão menores e a qualidade será aumentado.	
Realidade Aumentada	A realidade virtual permite ao usuário simular e explorar interativamente o comportamento de um sistema de produção, isto é realizado, recriando um mapeamento realista de processos de fabricação. Os sistemas baseados em realidade aumentada suportam uma variedade de serviços, como a seleção de peças em um armazém e enviando instruções de reparo por celular dispositivos. As empresas estão fazendo uso muito mais amplo da realidade aumentada para melhorar a tomada de decisões e os procedimentos de trabalho. Trabalhadores podem receber reparo e instruções através de óculos de realidade aumentada. Também podendo ser usado para virtual Treinamento	RUBMANN et al; 2015 GORECKY. 2014 AMBAD; BHOSLE; 2018 (KAYAKUTLU; LAURENT; 2017)
Fabricação Aditiva	Tecnologias de fabricação aditiva também conhecidas como impressão 3D cada vez mais implantados em processos de criação de valor, uma vez que os manufatura aditiva estão caindo rapidamente nos últimos anos, aumentando simultaneamente em termos de velocidade e precisão Métodos de fabricação aditiva também serão amplamente usado na Indústria 4.0 para produzir pequenos lotes de produtos personalizados que oferecem construção vantagens, como designs complexos e leves.	STOCK;SELIN GER; 2016 BAHRIN et al; 2016
The cloud	A plataforma de TI baseada em nuvem serve como um backbone técnico para a conexão e comunicação de múltiplos elementos do Application Center Industry 4.0. À medida que o desempenho das tecnologias melhora, dados e funcionalidade da máquina serão cada vez mais implantado na nuvem, permitindo mais recursos orientados a dados serviços para o sistema de produção. Mais produção empresas associadas na Indústria 4.0 exigirão maior compartilhamento de dados entre sites e empresas limites.	VAIDYA; AMBAD; BHOSLE; 2018 BAHRIN et al; 2016
Segurança cibernética e integração de sistemas	Sistemas ciberfísicos (CPS) são sistemas físicos e engenheirados operações são monitoradas, coordenadas, controladas e integrada por um núcleo de computação e comunicação. Os sistemas ciber-físicos emergentes devem permitir grande visão moderna para serviços de nível social que	SHA et al; 2008. RAJKUMAR et al; 2010. BHOSLE; 2018

	transcenda o espaço e o tempo a escalas nunca possíveis antes.	
A internet das coisas	A Internet das Coisas (IoT) é um novo paradigma que vem rapidamente ganhando terreno no cenário da moderna tecnologia sem fio telecomunicações, pois significa uma rede mundial de objetos endereçados interconectados e uniformes que comunicar através de protocolos padrão	ATZONI; IERA ; MORABITTO; 2010 VAIDYA; AMBAD; BHOSLE; 2018
Sistema de Integração: Horizontal e vertical	As redes universais de integração de dados, em toda a empresa, evoluem e permitem um valor verdadeiramente automatizado s. Por causa dessa "novidade", tem havido uma infinidade de definições de o que a integração realmente representa. sendo ass,m integração digital completa e automação de fabricação e processos na dimensão vertical e horizontal implica também uma automatização da comunicação e da cooperação especialmente ao longo de processos padronizados	RUBMANN et al; 2015 WILLIANS; WILKINS; 2007

Dessa forma, (KAYAKUTLU; LAURENT; 2017) constatam que as indústrias ainda são grandes consumidores de energia, mas que vá ocorrer uma renovação industrial. Tendo o fator da Globalização e as crises geradas por ela nos países desenvolvidos, têm influenciado o progresso tecnológico em termos de digitalização, miniaturização e integração. Este progresso, bem como as abordagens e tecnologias existentes, são os pilares da Indústria 4.0. O desafio é transformar a produção de células isoladas e otimizadas em um fluxo de produção totalmente integrado, automatizado e otimizado, levando maior eficiência. Supõe-se que mude a produção tradicional relações entre fornecedores, produtores e clientes - assim como o humano e a máquina.

(Stock et al; 2018) descrevem em particular as oportunidades e possibilidades de sustentabilidade oferecidas pela Indústria 4.0, com base em uma abordagem macro e micro-perspectiva. A partir de um perspectiva macro, o potencial surge especialmente de novos modelos de negócio e rede otimizada de criação de valor. Do lado microscópico, os pesquisadores derivam o potencial para os módulos de criação de valor .

O Instituto para Avançado Estudos de Sustentabilidade (IASS) investiga como os parâmetros de sustentabilidade selecionados são influenciada pela Indústria 4.0. O estudo mostra cenários em que o uso crescente de tecnologias da informação e comunicação (TIC) levará a uma correspondente mudança no balanceamento de matérias-primas. Além disso, assume-se que o aumento rede digital de plantas de produção em redes de produção tem o potencial de aumentar as emissões dos transportes. Desse modo, o maior potencial de sustentabilidade da Indústria 4.0 é identificada na produção mais flexível e na possibilidade associada de maior utilização de fontes de energia renováveis flutuantes, deslocando a produção para prazos quando muita energia é alimentada na rede.

(Scharl; Praktiknjo; 2018) argumentam quanto às capacidades teóricas ou técnicas da indústria 4.0 contribuir para os sistemas de energias renováveis, os seus entrevistados indicaram três habilidades principais de indústrias melhoradas: aumentar a transparência sobre o o sistema de energia, fornecer flexibilidade adicional para sistemas de energia renovável, e aumentar a eficiência energética eficiência e diminuir o consumo de energia.

Em relação a provisão de flexibilidade adicional para sistemas de energia renovável, a maioria dos especialistas prevê que uma indústria digitalizada 4.0 contribuirá para esta sub-aumento substancial na flexibilidade da produção processos. Especialmente a modularização da produção que permite à indústria digitalizada reagir mais rapidamente às necessidades individuais e às mudanças na demanda. Um tipo especial de modularização é a flexível intercambiabilidade da fonte de energia para o processo de produção que torna uma indústria digitalizada particularmente adequada para o acoplamento setorial via hibridação de energia.

Neste viés, inclui-se outro assunto ligado a sustentabilidade chamado de Produção industrial sustentável, o que significa minimizar o impacto que os sistemas de produção têm sobre o meio ambiente usando tecnologias de produção. Significa reduzir a poluição e minimizar resíduos tóxicos e sólidos. Essas mudanças exigem um aumento do eficiência, redução de riscos tecnológicos, reciclagem e reutilização de materiais (Frosch e Gallopoulos, 1989; Shrivastava, 1995a).

(Shrivastava; 1995) declara que a ESD refere-se a pessoas por trás do desenvolvimento econômico que são conscientes dos limites do ambiente natural para apoiar o crescimento. É a partir do desenvolvimento que permite que a presente geração atenda às nossas necessidades atuais, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender suas. Ele reconhece que a pobreza em massa é endêmica em todo o mundo e deve ser eliminado.

Sendo assim, uma das estratégias da EDS é criar economias ecologicamente sustentáveis (omies). Isso envolve o desenvolvimento de regulamentos e políticas públicas para industrialização e urbanização sensíveis à ecologia. Daly e Cobb (1989) argumentou que, para criar economias sustentáveis, os gestores precisam medidas de bem-estar econômico que incorporam sistematicamente custos. Sem tais medidas, o aumento da produção econômica também aumenta publicamente a poluição e a degradação ecológica.

#### 4. CONCLUSÃO



Percebe-se, portanto, que a inovação sustentável se configura através da organização institucional, a qual desenvolve sua aplicação com eficiência considerando os aspectos naturais agregados a responsabilidade socioambiental. O sistema produtivo aliado à inovações que promovam sustentabilidade, trazem redução de uso de seus recursos naturais não renováveis equilibrando assim o desenvolvimento com a preservação ambiental, equilíbrio que, inclusive, é o maior desafio das empresas frente à Quarta Revolução Industrial.

Ainda, é de se ver que na esfera social, os efeitos da implementação de eco-inovações podem ser considerados do ponto de vista de mudanças nos níveis de bem-estar social. Os efeitos positivos das implementações de eco inovação incluem redução nos custos de fabricação que podem refletir direta ou indiretamente em aumento da demanda para produtos e mão de obra. Assim sendo, não apenas aspectos tecnológico, ambientais e econômicos devem ser considerados quando se trata de eco-inovação, mas também o aspecto social deve ser levado em consideração

a fim de que se avance cada vez mais em termos de sustentabilidade e proteção ambiental.

## REFERÊNCIAS

ALOISE, Pedro Gilberto; NODARI, Cristine Hermann and DORION, Eric Charles Henri. **EcoInovações: um ensaio teórico sobre conceituação, determinantes e achados na literatura**. Interações (Campo Grande)[online]. 2016, vol.17, n.2, pp.278-289. ISSN 1518-7012. <http://dx.doi.org/10.20435/1984042X2016211>.

ATZORI, Luigi, Antonio Iera, and Giacomo Morabito. "The internet of things: A survey." *Computer networks* 54.15 (2010): 2787-2805.

BAHRIN, Mohd Aiman Kamarul et al. **Industry 4.0: A review on industrial automation and robotic**. Jurnal Teknologi, v. 78, n. 6-13, p. 137-143, 2016.

BELLEN, H. M. V. **Desenvolvimento sustentável: uma descrição das principais ferramentas de avaliação**. Revista Ambiente e Sociedade, Campinas/SP, v. 7, n. 1, p.67-88, jan./jun. 2004.

BELVEDERE, V., Grando, A., & Bielli, P. (2013). **A quantitative investigation of the role of information and communication Technologies in the implementation of a product-service system**. International Journal of Production Research, 51(2), 410-426. <http://dx.doi.org/10.1080/00207543.2011.648278>.

BOONS, F.; MONTALVO, C.; QUIST, J.; WAGNER, M. **Sustainable innovation, business models and economic performance: an overview**. Journal of Cleaner Production, Gotemburgo, v. 45, p. 1-8, abr. 2013.

BRUNDTLAND, G. H. **Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future**. World Commission on Environment and Development. New York: United Nations, mar. 1987.

CAMBRIDGE DICTIONARY. (2017). **The industrial revolution**. . Retrieved in 2017, December 5, from <https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/industrial-revolution>.

CARDOSO, L. C.; ALVES, P. H. C.; MONDO, T. S.; COSTA, J. I. P. **Gestão ambiental como diferencial na imagem corporativa: estudo multicaso em meios de hospedagem do município de Urubici – SC**. Revista Turismo e Ação, vol. 15, n. 1, p. 06–20.

CARRILO-Hermosilla, J.; P. del Río e T. Könnölä (2010), "**Diversity of eco-innovations: Reflections from selected case studies**", Journal of Cleaner Production, Nº 18, pp. 1073 – 1083.

CARVALHO, Núbia; CHAIM, Omar; CAZARINI, Edson; *et al.* Manufacturing in the fourth industrial revolution: **A positive prospect in Sustainable Manufacturing. Procedia Manufacturing**, vol. 21, p. 671–678, 2018.

CORDES, F., & Stacey, N. 2017. **Is UK Industry Ready for the Fourth Industrial Revolution?** Boston, MA: The Boston Consulting Group.

DEL RÍO, P.; CARILLO, J.; KÖNNÖLÄ, T.; BLEDA, M. **Business Strategies and Capacities for EcoInnovation**. IE Business School Working Paper, EC-124-I, 13. Dez. 2011.

EDWARDS-SCHACHTER, Mónica. "**The nature and variety of innovation.**" *International Journal of Innovation Studies* (2018).

ELMIRA Tajvidi Asr, Reza Kakaie, Mohammad Ataei, Mohammad Reza Tavakoli Mohammadi, **A Review of Studies on Sustainable Development in Mining Life Cycle**, Journal of Cleaner Production (2019), doi: 10.1016/j.jclepro.2019.05.029.

FIALHO, F. A. et al. **Gestão da sustentabilidade na era do conhecimento**. Florianópolis: Visual Books, 2008.

FREEMAN, C. 1996. **Green technology and models of innovation**. Technological Forecasting and Social Change 53: 27–39. Freeman C, Soete L. 1997. *The Economics of Industrial Innovation* (3rd edn). Pinter: London.

GORECKY, Dominic et al. **Human-machine-interaction in the industry 4.0 era**. In: **2014 12th IEEE international conference on industrial informatics (INDIN)**. Ieee, 2014. p. 289-294..

HART, S. L. **O capitalismo na encruzilhada: as inúmeras oportunidades de negócios na solução dos problemas mais difíceis do mundo**. Tradução: Luciana de Oliveira Rocha. Porto Alegre: Bookman, 2006.

JERÔNIMO, C. E. M. **Diagnóstico da gestão ambiental em microempresas e empresas de pequeno porte da cidade de Manaus-AM**. Revista Mestrado em Administração, v. 6, n.1.

KAYAKUTLU, Gülgün e MERCIER-LAURENT, Eunika. **Future of Energy. Intelligence in Energy**, p. 153–198, 2017.

KAYAKUTLU, Gülgün, and Eunika Mercier-Laurent. *Intelligence in energy*. Elsevier, 2017.

KEINERT, T. M. M. **Organizações sustentáveis: utopias e inovações**. São Paulo: Annablume; Belo Horizonte; Fapemig, 2007.



KEMP, R. e P. Pearson (2007), Final report MEI project about measuring eco-innovation, Maastricht.

KUO, Tsai-Chi e SMITH, Shana. **A systematic review of technologies involving eco-innovation for enterprises moving towards sustainability.** Journal of Cleaner Production, v. 192, p. 207–220, 2018 Tradução .

LIAO, Y., Loures, E. R., Deschamps, F., Brezinski, G., & Venâncio, A. (2017). **The impact of the fourth industrial revolution: a cross-country/region comparison.** Production, 28, e20180061. DOI: 10.1590/0103-6513.20180061).

LUCHS, M., Naylor, R., R.L., R., Catlin, J., Gau, R., and Kapitan, S. (2011). **Toward a sustainable marketplace: Expanding options and benefits for consumers.** Journal of Research for Consumers(19), 1-12.

MANZINI, E.; VEZZOLI, E. **O desenvolvimento de produtos sustentáveis.** Tradução de Astrid de Carvalho. I ed reimpr. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2005.

MENCK, A. C. M.; OLIVEIRA FILHO, J. B. **Alternativas de implantação para novas empresas de base tecnológica** - 2008. In: Congresso Latino americano y del Caribe Sobre Espiritu Empresarial, 19, [s.l.], 2008. Anais... [s.l.]: Abril, de 2010.

PINSKY, Vanessa, and Isak Kruglianskas. **“Inovação Tecnológica Para a Sustentabilidade: Aprendizados De Sucessos e Fracassos.”** *Estudos Avançados*, vol. 31, no. 90, 2017, pp. 107–126., doi:10.1590/s0103-40142017.3190008.

PLATTS, K. W., et al. **"Testing manufacturing strategy formulation processes."** *International Journal of Production Economics* 56 (1998): 517-523.

RAJKUMAR, Raguathan, et al. **"Cyber-physical systems: the next computing revolution."** *Design Automation Conference.* IEEE, 2010

RENNINGS, K.; A. Ziegler, K. Ankele e. Hoffmann (2006), **“The influence of different characteristics of the EU environmental management and auditing scheme on technical environmental innovations and economic performance”**, *Ecological Economics*, Vol. 57, pp. 45 – 59.

ROBLEK, Vasja; MESKO, Maja; KRAPEZ, Alojz. **A complex view of industry 4.0.** SAGE Open, v. 6, n. 2, p. 1-11, 2016..

RUBMANN, M.; LORENZ, M.; GERBERT, P.; WALDNER, M.; JUSTUS, J.; ENGEL, P.; HARNISCH, M. **Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries.** The Boston Consulting Group: BCG, 2015.

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

STOCK, T. e SELIGER, G. **Opportunities of Sustainable Manufacturing in Industry 4.0.** *Procedia CIRP*, v. 40, p. 536–541, 2016.

STOCK, Tim, et al. **"Industry 4.0 as enabler for a sustainable development: A qualitative assessment of its ecological and social potential."** *Process Safety and Environmental Protection* 118 (2018): 254-26

VAIDYA, Saurabh; AMBAD, Prashant; BHOSLE, Santosh. **Industry 4.0—a glimpse.** *Procedia Manufacturing*, v. 20, p. 233-238, 2018.

WANG, S.; Wan, J.; Li, D.; Zhang, C. **Implementing Smart Factory of Industrie 4.0: An Outlook.** *Int. J. Distrib. Sens. Netw.* 2016, 12, 3159805.

WAGNER, M. **The role of corporate sustainability performance for economic performance: a firm-level analysis of moderation effects.** *Ecological Economics*. v. 69, n. 7, p. 1553-1560, maio 2010.

