

SUSTENTABILIDADE E A INDÚSTRIA 4.0

Janine de Castro Barros
janinecbrj@gmail.com
UCAM

Alberto Eduardo Besser Freitag
alberto.besser@professor.ucam.edu.br
UCAM

Resumo: A quarta revolução industrial, mais conhecida como indústria 4.0, propõe uma mudança interligando pessoas, recursos e serviços através da tecnologia. Importante é saber conectar o tema aos recursos ambientais, de modo que se possa realizar uma transição sociotécnica sustentável, e garantir um futuro inovador e sustentável à humanidade. Apesar de algumas pesquisas reconhecerem a sustentabilidade como o gatilho para a expansão tecnológica e incentivo à indústria 4.0, é preciso ressaltar a eminência do esgotamento ecológico e de recursos no planeta. É importante empregar esforços, e garantir que o tema não fique em segundo plano. Com base nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi apresentar uma proposta conceitual da relação entre a sustentabilidade e a Indústria 4.0, a partir da literatura pesquisada. A metodologia aqui aplicada consiste em uma revisão sistemática de literatura, baseada no protocolo PRISMA, que possibilitou a identificação de 206 artigos, dos quais 20 embasam este trabalho, contribuindo para analisar com que relevância a sustentabilidade está sendo abordada quando o assunto é relacionado à indústria 4.0.

Palavras Chave: Sustentabilidade - Indústria 4.0 - Produção - Desenvolvimento Sust -

1. INTRODUÇÃO

O termo "Indústria 4.0" é oriundo de uma iniciativa na Alemanha que visa desenvolver tecnologia e melhorar a competitividade por meio da inovação. Possui processo descentralizado e controlado de forma autônoma. É considerada a quarta revolução industrial e assim como as três anteriores, trará mudanças na vida individual e coletiva da sociedade. Se projetos de implantação de Indústria 4.0 forem bem administrados, poderão utilizar os elementos da biodiversidade em todos os biomas e promover o desenvolvimento de negócios com base na sustentabilidade.

No entanto, para fazer isso de forma eficaz, ainda existem alguns desafios que precisam ser superados como, por exemplo, buscar oportunidades para se considerar e analisar os campos da sustentabilidade e da Indústria 4.0 em conjunto. Será um privilégio se for possível desfrutar de ambos na mesma intensidade. No mundo contemporâneo, é proibido desperdiçar qualquer espaço verde. Ironicamente, estão sendo criados espaços artificiais nos ambientes naturais que são extintos pela ambição de luxo do ser humano e pela crescente população (FUENTES-CERVANTES, 2018). A ambição do ser humano está há tempos acabando com os ambientes naturais, e essa é a motivação para que haja preocupação com a introdução do tema de desenvolvimento sustentável aliado à atual revolução industrial.

A quarta revolução industrial e o investimento em processos inteligentes é um caminho para se alcançar a todos os povos e regiões e oferecer acesso a serviços básicos e tecnológicos. A industrialização promove o crescimento econômico e cria um ambiente de oportunidades que permite acesso à tecnologia. Mas as indústrias precisam compreender a fundo a importância de utilizar os recursos tecnológicos recém chegados e aproveitá-los com iniciativas sustentáveis. Assim como é necessário que a sociedade se eduque sobre as melhores práticas ambientais, e contribua também individualmente durante esse processo de revolução.

Diante do contexto supracitado, pretende-se responder a seguinte questão de pesquisa: "Como a Sustentabilidade e a Indústria 4.0 podem se relacionar entre si?". A importância da implantação de projetos com tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0 nas empresas, considerando a sustentabilidade, nos seus aspectos econômicos, ambientais e sociais justifica a realização desta pesquisa, cujo objetivo foi apresentar uma proposta conceitual da relação entre a Sustentabilidade e a Indústria 4.0, a partir da literatura pesquisada.

Este estudo adotou como método uma revisão sistemática da literatura, baseada no protocolo PRISMA, por meio de identificação, seleção, elegibilidade e inclusão de artigos publicados em periódicos, revisados às cegas e por pares, disponíveis nas plataformas eletrônicas Capes e Scielo. A estrutura deste trabalho apresenta, além desta introdução, a revisão da literatura na próxima seção, seguida do método de pesquisa, análise dos resultados e, finalizando com conclusões e referências.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A revisão de literatura foi organizada em quatro subseções, a saber: a) benefícios e inovações, b) processo produtivo, c) vínculos da Indústria 4.0 com a sustentabilidade, e d) futuro do trabalho.

2.1. BENEFÍCIOS E INOVAÇÕES

A partir da literatura disponível foi possível identificar quais as principais relações sustentáveis que podem ser obtidas através da quarta revolução industrial. A cadeia de suprimentos baseada em complexos e entrelaçadas redes de manufatura, possibilitará

identificar e rastrear produtos individuais durante todo o seu ciclo de vida (PRAUSE e ATARI, 2017).

Começa-se a identificar benefícios e novas possibilidades oriundas dessa transformação, que possibilitarão tratar os processos de forma diferenciada e 100% monitorada. Os acompanhamentos em tempos reais oriundos das inovações tecnológicas permitem aperfeiçoamento nos processos e melhor aproveitamento das oportunidades sustentáveis de cada negócio. A quarta revolução industrial e a difusão das tecnologias digitais levou ao fim de um mundo feito de silos de competências que lutavam para se integrar a outros universos (GARCIA-MUIÑA et al., 2019).

As tomadas de decisões sobre desenvolvimento de um produto que se adequem à economia circular, abandonando os tradicionais métodos lineares de produção, podem ser realizadas de forma preditiva com base nas simulações e acompanhamentos reais que serão possíveis nesse novo cenário.

A indústria 4.0 tem atraído enorme atenção de empresas e governos nos últimos anos. Como ela desencadeará a próxima onda de competição industrial, é necessário que as nações organizem estratégias de desenvolvimento para enfrentar os próximos desafios (LIN et al., 2017). E com o bom aproveitamento das inovações e métodos de monitoramento, a evidência ambiental através do *Global Reporting Initiative* - GRI será facilitada, permitindo uma comunicação mais eficiente com as partes interessadas. Essa é a principal ferramenta de transparência, da relação da empresa com o meio ambiente no qual está inserida. Isso auxilia a padronização e permite a classificação internacional desses relatórios. (SUCENA e MARINHO, 2019).

Segundo Ejsmont et al. (2020), da mesma forma que as inovações podem contribuir para uma gestão mais aproximada e preditiva do meio ambiente, o ciclo de vida dessas tecnologias levanta algumas preocupações:

- ✓ Econômica, especialmente a natureza de custo intensivo e as dificuldades com estimativa de recursos financeiros, benefícios e eficácia econômica destes;
- ✓ Ambiental, por exemplo, aumento de eletro-resíduos, aumento do consumo de energia;
- ✓ Social, por exemplo, questões de interação humano-robô, ameaças de desemprego, questões de privacidade.

Indústria 4.0 é mais do que apenas um desenvolvimento em tecnologia; é uma estratégia de criação de valor, que aumenta e sustenta a vantagem competitiva de uma empresa. Isso é alcançado pela transformação de recursos e habilidades existentes que vem simultaneamente introduzindo novos.

2.2. PROCESSO PRODUTIVO

Pensamento sustentável desde desenvolvimento do produto, matéria prima utilizada, embalagem e escoamento são pontos principais e de grande impacto que devem ser levados em consideração. No entanto, o ecodesign não deve ser limitado apenas à previsão do ambiente e desempenho socioeconômico de cenários composicionais alternativos, mas também deve avaliar o desempenho técnico e viabilidade industrial dessas opções (GARCIA-MUIÑA et al., 2019).

Algumas alternativas sustentáveis podem não ser viáveis à indústria, gerando um enorme desgaste de outros recursos e/ou etapas de produção desse produto. Partindo do pressuposto desta linha de base, fica mais viável focar na otimização do sistema de

abastecimento, para priorizar transportes mais ecológicos, como trens, por exemplo, reduzindo distâncias entre fábricas e fornecedores, e priorizando matéria-prima local (GARCIA-MUIÑA et al., 2019). O deslocamento de matéria prima pela não valorização de fornecedores locais, traz um enorme impacto com a emissão de CO₂, criando neste aspecto oportunidades de inovação, na variação de modal de transportes e até mesmo nas negociações locais com fornecedores.

Na Indústria 4.0, a eficácia dos equipamentos desempenha um papel importante para diminuir o número de rejeições e alcançar maior produtividade. Logo, a avaliação *Overall Equipment Effectiveness* – OEE deixa de controlar apenas o tempo e produtividade, para desempenhar também um controle sistemático a fim de identificar facilmente fontes de perdas, para que se possa aplicar recursos de forma eficaz e sustentável. Manufatura sustentável é o nome formal de uma nova maneira empolgante de fazer negócios e criar valor. Por trás de muitos produtos e processos verdes em demanda e reconhecidos no mercado, a manufatura sustentável contribui com a minimização dos riscos inerentes a qualquer operação de fabricação, maximizando as novas oportunidades que surgem melhorando seus processos e produtos (YAZDI et al., 2018).

O escopo dos processos verdes foca no desenvolvimento, gerenciamento do ciclo de vida do produto, incluindo as práticas ambientais como ecodesign, produção limpa, reciclagem e reutilização, com foco na minimização de custos associados com produção, distribuição, uso e descarte de produtos (VRCHOTA et al., 2020a). E as abordagens Lean e/ou Kaizen são grandes aliadas para reduzir o desperdício e melhorar o desempenho ambiental. Técnicas e ferramentas de qualidade também podem contribuir para a sustentabilidade, como identificar as necessidades do cliente e projetar o produto com a devida avaliação do impacto ambiental e suas alternativas potenciais (FONSECA et al., 2021).

2.3. VÍNCULOS DA INDÚSTRIA 4.0 COM A SUSTENTABILIDADE

A visão da Indústria 4.0 funciona como um impulsionador da sustentabilidade, e, portanto, a sustentabilidade como um incentivo para sua implementação expansiva. Logo, uma análise dessa dinâmica e da mudança para estados mais sustentáveis é imperativo para estabelecer as bases e os esforços necessários para cumprir as metas do desenvolvimento sustentável (ASIIMWE e KOCK, 2019).

No entanto, estudos relacionados com políticas ou desenvolvimento industrial são dispersos e tendem a ignorar a integração vertical da indústria (LIN et al., 2017). E ainda há considerável incerteza e confusão, uma vez que pesquisadores, consultorias, políticos e profissionais frequentemente fazem declarações contraditórias sobre as implicações da Indústria 4.0. Sua integração e combinação estão em conformidade com o conceito de sustentabilidade da *Triple Bottom Line*, e a criação de valor industrial sustentável exige que os fabricantes busquem todas as três dimensões simultaneamente (MÜLLER et al., 2017).

Porém, mesmo com a chegada da Indústria 4.0 ainda existe um alto consumo de recursos, matérias-primas e energia, que é ambientalmente insustentável. Apesar das inúmeras vantagens da indústria 4.0, isso tem deixado a sociedade mais consciente e preocupada com os riscos e desafios ambientais. Atualmente, esta revolução industrial tem se concentrado mais na produção do que em uma sustentabilidade ambiental (OLÁH et al., 2020). Certamente a atual revolução industrial é um facilitador da sustentabilidade, mas a convergência da transformação digital e da sustentabilidade ainda permanece subdesenvolvida.

2.4. FUTURO DO TRABALHO

O paradigma contemporâneo da Indústria 4.0 aumentou os níveis de complexidade em termos de design de produto, inovação, implementação e avaliação de desempenho (SALAH et al., 2019). E quando se fala de processos produtivos sustentáveis, não se pode esquecer dos colaboradores, que vão precisar se adequar a essa nova realidade. E embora o assunto de sustentabilidade seja pauta prioritária no tema da indústria 4.0, ainda é um tema pouco abordado na educação básica e nas comunicações da sociedade civil. É um desafio fazer com que os novos colaboradores estejam capacitados e com a visão sustentável para gerenciar esses projetos.

O design, gestão e operação sustentável dessas tecnologias de fabricação avançadas requerem engenheiros experientes e operadores altamente qualificados. Pois embora tenha havido muitas dessas ideias e técnicas de ensino inovadoras, ainda há uma escassez de metodologias, diretrizes e estudos de caso com foco no papel da educação, prática e treinamento para o desenvolvimento de proficiência técnica na Indústria 4.0 (SALAH et al., 2019).

Os estudos atuais sobre as competências do futuro indicam claramente a mudança de empregos futuros, onde as competências digitais, cognitivas e sociais se tornam cruciais. É uma mudança radical no pensamento sobre o trabalho, onde a interdisciplinaridade, a flexibilidade pessoal assim como abordagens de trabalho baseadas em projetos irá condicionar a adequação do indivíduo (DOBROWOLSKA e KNOP, 2020).

A gestão de projetos tem uma influência fundamental na implementação da sustentabilidade nas empresas. A pesquisa sobre integração às tecnologias da Indústria 4.0 em gerenciamento de projetos se concentra principalmente em recursos humanos, qualificações e competências (VRCHOTA et al., 2020b).

3. MÉTODO DE PESQUISA

A metodologia científica é um conjunto de abordagens, técnicas e processos utilizados pela ciência para formular e resolver problemas de aquisição objetiva do conhecimento, de uma maneira sistemática (RODRIGUES, 2007).

No que tange a natureza da pesquisa, os critérios de classificação dos tipos de pesquisa variam de autor para autor, obedecendo interesses, objetivos e campos. Ander-Egg (1978) classifica em dois tipos: a pesquisa básica pura ou fundamental, que é aquela que procura o progresso científico e tem por meta o conhecimento pelo conhecimento, e a pesquisa aplicada que, como o próprio nome já diz, tem interesses práticos na solução de problemas. Quando a solução de um problema de pesquisa não tem nenhuma aplicação aparente em um problema prático, mas apenas satisfaz o interesse erudito de uma comunidade de pesquisadores, chama-se essa pesquisa de “pura” em vez de “aplicada” (BOOTH et al., 2019). Com base no acima exposto, a natureza desta pesquisa pode ser classificada como aplicada, considerando que se espera que a proposta conceitual da relação entre a Indústria 4.0 e a Sustentabilidade contribua para que projetos de implantação de tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0 considerem a sustentabilidade, nos seus aspectos econômicos, ambientais.

A estratégia para a coleta de informações foi a pesquisa bibliográfica, definida por Gil (2002) como um apanhado constituído, principalmente, por livros e artigos científicos. Sua proposta é analisar diferentes posições que englobam um determinado assunto. Marconi e Lakatos (2003) declaram ainda que essa pesquisa é elaborada a partir de importantes trabalhos realizados com capacidade de enriquecer o material a ser feito com dados atuais e relevantes.

A revisão da literatura cumpre vários propósitos, entre eles, compartilha com o leitor os resultados de outros estudos que estão intimamente relacionados àquele que está sendo

realizado, preenche lacunas ampliando estudos anteriores e proporciona uma estrutura para estabelecer a importância do estudo e também uma referência para comparar os resultados com outros resultados (CRESWELL, 2010).

Para Robson (2011), uma revisão sistemática da literatura é uma forma específica de identificar e sintetizar as evidências de uma ênfase em:

- ✓ Fornecer cobertura abrangente da literatura disponível no campo de interesse;
- ✓ Qualidade das evidências revisadas;
- ✓ Seguir uma abordagem detalhada e explícita para a síntese dos dados;
- ✓ Utilização de processos transparentes e rigorosos ao longo da pesquisa.

Este estudo adotou como método uma revisão sistemática da literatura em quatro fases, baseado no protocolo PRISMA (Moher et al., 2009), utilizando registros disponíveis nas bases científicas SciELO e Portal de Periódicos CAPES até março de 2021. A base Scientific Electronic Library Online (SciELO) foi escolhida por ser uma base de dados utilizada por pesquisadores do mundo todo. Ela existe há mais de 15 anos, com o intuito de melhorar o acesso aos periódicos científicos do Brasil e de outros países. O Portal de Periódicos da CAPES foi escolhido por ser “a maior biblioteca digital de periódicos científicos no Brasil, oferecendo, em fevereiro de 2011, acesso a 26.449 publicações periódicas internacionais e nacionais, além de renomadas bases de dados de resumos em todas as áreas do conhecimento. No contexto dos países de língua latina, o Portal de Periódicos é a experiência mais antiga, possuindo o maior número de instituições beneficiárias, bem como o conteúdo mais diversificado”, segundo Cendon et al., 2011.

Para obter literatura atualizada, optou-se por aplicar filtros nas pesquisas, selecionado como material artigos e monografias, em idiomas inglês e português, tendo sido publicados nos últimos quatro anos (2017 a 2021).

4. ANÁLISE DE RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. REVISÃO DA LITERATURA

A Tabela 1 apresenta os resultados da revisão sistemática da literatura, ao longo das quatro fases do protocolo PRISMA.

Tabela 1: Fluxo de informações nas fases de uma revisão sistemática da literatura.

Base Científica	Frase de pesquisa	1. Identificação	2. Seleção	3. Elegibilidade	4. Inclusão
		Critérios de Exclusão =>	Registros duplicados (#0)	Texto, método ou autor não disponível (#111)	Incompatibilidade com o escopo do estudo (#75)
Scielo	((Sustainability OR	201	201	90	17
Portal de Periódicos Capes	Sustentabilidade) AND (“Industria 4.0” OR “Industry 4.0”))	5	5	5	3
	Total	206	206	95	20

Fonte: Os autores (2021)

No Portal de Periódicos CAPES, a frase de pesquisa ((Sustainability OR Sustentabilidade)) AND ((“Industria 4.0” OR “Industry 4.0”)) retornou com identificação de 201 registros. Na base SciELO, a frase de pesquisa ((Sustainability OR Sustentabilidade)) AND ((“Industria 4.0 OR “Industry 4.0”)) retornou 5 registros.

Na primeira fase foram identificados 206 registros, sem duplicidade, portanto, o mesmo número foi mantido para a segunda fase. Dos 206 registros, 111 foram excluídos na terceira fase, pois não continham informação do autor ou método, não estarem disponíveis nas respectivas bases, e pela palavra-chave não coincidir exatamente com o tema proposto.

Restaram 95 registros para análise na quarta fase, dos quais 75 foram excluídos por não estarem alinhados com o escopo do estudo, sobrando 20 registros, que foram incluídos na revisão de literatura.

A Tabela 2 apresenta os principais tópicos identificados, com seus respectivos autores.

Tabela 2: Tópicos e autores.

Tópicos	Autores (ano)
Benefícios e inovações	PRAUSE e ATARI (2017), GARCIA-MUIÑA et al. (2019), LIN et al. (2017), SUCENA e MARINHO (2019), EJSMONT et al. (2020).
Processo produtivo	GARCIA-MUIÑA et al. (2019), YAZDI et al. (2018), VRCHOTA et al. (2020a), FONSECA et al. (2021).
Vínculos da Indústria 4.0 com a sustentabilidade	ASIIMWE e KOCK (2019), LIN et al. (2017), MÜLLER et al. (2017), OLÁH et al. (2020).
Futuro do trabalho	SALAH et al. (2019), DOBROWOLSKA e KNOP (2020), VRCHOTA et al. (2020b).

Fonte: Os autores (2021).

4.2 SÍNTESE QUALITATIVA

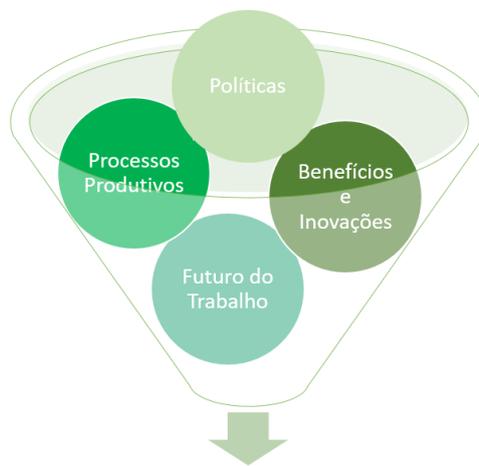
Ao analisar o Quadro 1, que apresenta o resultado dos estudos incluídos na síntese qualitativa, constata-se que:

- ✓ Ano – O primeiro estudo é de 2017 e o mais recente em 2021. Nos três últimos anos houve um total de 14 registros dentre os 20 identificados. Percebe-se um notório interesse por esse tema nos últimos anos de forma escalonada.
- ✓ Referências - Dois pesquisadores demonstraram interesse pelo tema e tiveram 2 registros em anos consecutivos. Os demais são todos autores diferentes.
- ✓ Fonte – o periódico Sustainability – MDPI se destacou com 14 registros sobre o tema.
- ✓ Objetivo – todos os autores buscavam relações da sustentabilidade com a indústria, em diversos segmentos.
- ✓ Método – entre os diversos métodos descritos, o que se destaca é o estudo feito em campo, em especial, estudos de caso.
- ✓ Resultados – a maior parte das pesquisas refere-se ao tema como algo emergente e muito amplo. Sem muitas evidências práticas sobre a aplicação da teoria.
- ✓ Pesquisas Futuras – em geral as pesquisas sugeriram aprofundamento do tema que ainda é pouco conhecido em sua parte prática.

4.3 PROPOSTA CONCEITUAL

Com base nos conteúdos incluídos na revisão da literatura, foi possível formular uma proposta conceitual sobre a relação que a sustentabilidade tem nos temas levantados sobre a Indústria 4.0. Foi possível identificar a sustentabilidade como um forte pilar para o desenvolvimento da indústria 4.0. O processo evolutivo das indústrias busca a competitividade e a política de igualdade no mercado mundial, e essa evolução felizmente apresenta-se alinhada com os interesses socioambientais do planeta.

Dentre os desdobramentos dos diversos assuntos inerentes a revolução industrial, foi possível identificar de acordo com o material analisado, quatro temas, que relacionam a Sustentabilidade e a Indústria 4.0, conforme demonstrado na Figura 1.



Relação da Sustentabilidade com a Indústria 4.0

Figura 1: Proposta conceitual da relação da Sustentabilidade com a Indústria 4.0.

Fonte: Os autores (2021).

Nos estudos examinados, foi possível observar que a indústria 4.0 tem atraído enorme atenção de empresas e governos nos últimos anos. Deste modo, as políticas públicas através de seus órgãos ambientais atuando de forma eficaz, usam o poder a fim de evitar a degradação desnecessária, impondo às indústrias a responsabilidade de contribuir e encorajar toda a sua cadeia de colaboradores, clientes, fornecedores, entre outros, a conectar suas forças em prol de uma produtividade mais sustentável ao planeta.

E quanto aos processos produtivos, desde a cadeia de suprimentos já se identificou a relação com a sustentabilidade, através do reforço positivo das indústrias em consumir itens de fornecedores locais, pela brevidade de entregas, facilitação da gestão de estoques, empoderamento e responsabilidade social com sua comunidade de entorno, contribuindo consecutivamente para a redução da emissão de gases estimuladores do efeito estufa. Quando esses suprimentos chegam à linha de produção é importante o bom emprego do consumo consciente, para que não haja desperdício contribuindo para uma adequada gestão de resíduos. Levando também em consideração que os recursos na natureza estão em eminência de esgotamento, uma análise sobre o ciclo de vida dos produtos e reaproveitamento de alguns recursos possíveis, estão totalmente alinhados com propósitos sustentáveis.

Com o desenvolvimento tecnológico, passa a ser possível, que o controle de produtividade, por exemplo, passe a deixar de ser apenas sobre o tempo, possibilitando a

realização de um controle sistemático a fim de identificar perdas dentro do processo produtivo.

Os principais benefícios da tecnologia estão nas possibilidades em realizar os processos de forma diferenciada em relação à automação e monitoramento. E sua contribuição à sustentabilidade traz a luz, as possibilidades de monitoramento das complexas redes de manufaturas que poderão ser rastreadas, auxiliando na identificação dos produtos em todo seu ciclo de vida. Desta forma, a tecnologia traz de maneira antecipada os cenários e diversas simulações possíveis, que facilitam e contribuem para uma tomada de decisão preditiva mais consciente. O bom aproveitamento dos recursos tecnológicos também contribui para a transparência da organização sobre seus processos e esforços empregados na utilização consciente de seus recursos.

Os benefícios e inovações, além de demonstrarem variáveis que contribuem para um monitoramento mais assertivo e controle transparente nas organizações, e as questões de interação humano-robô, trazem a reflexão sobre o futuro do trabalho, e qual a relação das profissões para o bom aproveitamento dos recursos tecnológicos a favor da sustentabilidade. O futuro do trabalho estabelece uma clara necessidade de profissionais interdisciplinares onde as competências digitais, cognitivas e socioambientais tornam-se cruciais. Para que cada profissional saiba utilizar as ferramentas a favor da otimização e bom uso dos recursos. Logo, programadores, projetistas e operadores, entre outros profissionais da indústria 4.0, carecem de entendimento aprofundado sobre os benefícios da tecnologia e como empregá-los a favor da sustentabilidade.

5. CONCLUSÕES

A sustentabilidade é definida como um conjunto de ideais que priorizam respeito e o desenvolvimento sustentável do meio ambiente e da sociedade. Esses ideais são de grande importância, já que promovem positivamente a imagem da empresa, reduzem custos e ainda colaboram com o meio ambiente, prolongando a disponibilidade de recursos e preservando a vitalidade dos negócios e da vida saudável do planeta.

O objetivo deste trabalho foi alcançado, com a demonstração das relações encontradas entre o tema de sustentabilidade e a indústria 4.0, comprovadas diante da identificação de premissas da sustentabilidade de forma análoga a revolução industrial. A abordagem no tópico revisão de literatura apresentou as características de forma ampla e o tópico análise de resultados e discussão comprovou de forma categórica a relação entre objetivos pontuais trazidos dentro dos temas.

Como método, adotou-se uma revisão sistemática da literatura por meio do protocolo PRISMA, usando as bases SciELO e Portal de Periódicos CAPES, a partir do qual foi possível identificar 206 artigos que, após as exclusões nas fases de seleção e elegibilidade, permitiu a seleção dos 20 trabalhos incluídos na revisão de literatura.

A partir da análise dos artigos incluídos na revisão da literatura, foi possível criar uma proposta conceitual sobre a relação da sustentabilidade com a Indústria 4.0. E responder a pergunta sobre como e através de que conceito, os ideais da sustentabilidade podem ser observados nos movimentos de evolução das indústrias para o 4.0.

A análise da revisão da literatura demonstrou que existe uma lacuna envolvendo pesquisas sobre como é a relação atual da sustentabilidade com as demais indústrias.

Uma limitação deste estudo são as bases científicas pesquisadas, que não considerou bases de abrangência mundial como Scopus e Web of Science, resultando apenas nos

registros encontrados nas bases científicas SciELO e CAPES, mas isso não diminui a importância dos resultados encontrados.

Para futuras pesquisas, sugere-se o levantamento de resultados sobre em que proporção as empresas cumprem o que está no seu marketing sustentável, e o quanto elas são fidedignas com seus resultados reportados ao governo. Outra sugestão para as pesquisas futuras é a análise das limitações e escassez de metodologias que fundamentem a educação sobre sustentabilidade na vida escolar, e como capacitar os colaboradores da indústria 4.0 de maneira interdisciplinar, incluindo e priorizando a sustentabilidade.

6. REFERÊNCIAS

- ANDER-EGG, E.** Introducción a las técnicas de investigación social: para trabajadores sociales. 7. ed. Buenos Aires: Humanitas, 1978.
- ASIMWE, M. M. & KOCK, I. H. DE.** An analysis of the extent to which industry 4.0 has been considered in sustainability or socio-technical transitions. South african journal of industrial engineering, november, 2019.
- BOOTH, W. C., COLOMB, G. G. & WILLIAMS, J. M.** A arte da pesquisa. 3. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2019.
- CENDON, B. V., SOUZA, J. L. DE & RIBEIRO, N. A.** Satisfação dos usuários do Portal de Periódicos da Capes: um estudo sobre a obtenção de sucesso no uso do sistema. Perspect. ciênc. inf., Belo Horizonte, v. 16, n. 2, p. 67-100, jun. 2011.
- CRESWELL, J. C.** Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto. 3. Ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.
- DOBROWOLSKA, M. & KNOP, L.** Fit to Work in the Business Models of the Industry 4.0 Age. Sustainability – MDPI, 2020.
- EJSMONT, K., GLADYSZ, B. & KLUCZEK, A.** Impact of Industry 4.0 on Sustainability—Bibliometric Literature Review. Sustainability – MDPI, 2020.
- FONSECA, L., AMARAL, A. & OLIVEIRA, J.** Quality 4.0: The EFQM 2020 Model and Industry 4.0 Relationships and Implications. Sustainability – MDPI, 2021.
- FUENTES-CERVANTES, L.** The Future of Cities is Smart, Inclusive and Sustainable: Research and Proposal of Smart City Layer Implementation for Mexico. Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica, 2018.
- GARCIA-MUIÑA, F. E., GONZÁLEZ-SÁNCHEZ, R., FERRARI, A. M., VOLPI, L., PINI, M., SILIGARDI, C. & SETTEMBRE-BLUNDO, D.** Identifying the Equilibrium Point between Sustainability Goals and Circular Economy - Practices in an Industry 4.0 Manufacturing Context Using Eco-DESIGN. Social Sciences – MDPI, 2019.
- GIL, A. C.** Como elaborar projetos de pesquisa. Quarta edição. Editora Atlas, 2002.
- LIN, K. C., SHYU, J. Z. & DING, K.** A cross-strait comparison of innovation policy under industry 4.0 and sustainability development transition. Sustainability – mdpi, 2017.
- MARCONI, M. de A. & LAKATOS, E. M.** Fundamentos de metodologia científica. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.
- MOHER, D., LIBERATI, A., TETZLAFF, J., ALTMAN, D. G. & THE PRISMA GROUP.** Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. PLoS Med, 6(7), 2009.
- MÜLLER, J. M., KIEL, D. & VOIGT, K-I.** What Drives the Implementation of Industry 4.0? The Role of Opportunities and Challenges in the Context of Sustainability. Sustainability – MDPI, 2018.
- OLÁH, J., ABURUMMAN, N., POPP, J., KHAN, M. A., HADDAD, H. & KITUKUTHA, D.** Impact of Industry 4.0 on Environmental Sustainability. Sustainability – MDPI, 2020.
- PRAUSE, G. & ATARI, S.** On sustainable production networks for industry 4.0. The international journal entrepreneurship and sustainability issues, volume 4, number 4 (june), 2017.
- ROBSON, C.** Real World Research: a resource for users of social research methods in applied settings. 3rd Ed. West Sussex: John Wiley & Sons, Ltd., 2011.

RODRIGUES, W. C. Metodologia Científica, 2007. FAETEC/IST, Paracambi. Disponível em: <https://docplayer.com.br/1714433-Metodologia-cientifica.html>. Acesso em: 10 de junho 2021.

SALAH, B., ABIDI, M. H., MIAN, S. H., KRID, M. ALKHALEFAH, H. & ABDO, A. Virtual Reality-Based Engineering Education to Enhance Manufacturing Sustainability in Industry 4.0. Sustainability, 2019.

SUCENA, E. & MARINHO, M. M. DE O. Environmental disclosure analysis of sustainability reports the brazilian and international brewing industry based on Global Reporting Initiative – GRI. Gest. Prod., São Carlos, v. 26, n. 3, e3120, 2019.

VRCHOTA, J., PECH, M., ROLÍNEK, L. & BEDNÁŘ, J. Sustainability Outcomes of Green Processes in Relation to Industry 4.0 in Manufacturing: Systematic Review. Sustainability – MDPI, 2020a.

VRCHOTA, J., ŘEHOŘ, P., MAŘÍKOVÁ, M & PECH, M. Critical Success Factors of the Project Management in Relation to Industry 4.0 for Sustainability of Projects. Sustainability – MDPI, 2020b.

YAZDI, P. G., AZIZI, A. & HASHEMIPOUR, M. An empirical investigation of the relationship between overall equipment efficiency (oe) and manufacturing sustainability in industry 4.0 with time study approach. Sustainability – mdpi, 2018.