

A relação da indústria 4.0 com a sustentabilidade: uma revisão

Industry 4.0's relationship with sustainability: a review

Andriele De Prá Carvalho¹ , Paula Regina Zarelli , Alexandre Moreira Vieira ,
Bruna Madey Dalarosa .

¹Universidade Tecnológica Federal do Paraná

*Correspondente: przarelli@gmail.com

Resumo

Com a chegada da Quarta Revolução Industrial, novos modelos de negócio surgem, o que permite que se aprimorem os processos de produção, criando-se módulos de fábrica descentralizados e independentes. No entanto, isso requer um período de adaptação e uma ampla compreensão das tecnologias capacitadoras, bem como dos métodos e ferramentas. Nesse contexto, o presente artigo teve como objetivo analisar sistematicamente os estudos publicados sobre o tema Indústria 4.0 (I4) e sua integração com a sustentabilidade no contexto empresarial. Para o levantamento dos artigos analisados, realizaram-se buscas nas bases de dados *Science Direct*, *Scopus* e *Web of Science*, utilizando-se as palavras-chave: “*management AND factory 4.0 OR fourth industrial revolution OR smart manufacturing AND sustainability*” e filtragem pela categoria de artigos. Obteve-se 342 artigos sobre o tema Indústria 4.0, destes, 54 com maior ênfase na sustentabilidade econômica e ambiental. Estudos futuros que abordem a I4 com a perspectiva social são recomendados.

Palavras-chave: Indústria 4.0; sustentabilidade; gestão; revisão de literatura.

Abstract

With the arrival of the Fourth Industrial Revolution, new business models emerge and this allows the production processes to be improved, creating decentralized and independent factory modules. However, this requires an adaptation period and a broad understanding of enabling technologies, as well as methods and tools. In this context, this article aimed to systematically analyze the published studies on the theme of Industry 4.0 and integration with sustainability in the management context. To survey the analyzed articles, searches were made in the databases Science Direct, Scopus and Web of Science using the keywords: “management AND factory 4.0 OR fourth industrial revolution OR smart manufacturing AND sustainability” and filtering by the category of articles A total of 342 articles were obtained on the topic of Industry 4.0, of these, 54 with greater emphasis on economic and environmental sustainability. Future studies that approach I4 from a social perspective are recommended.

Keywords: Industry 4.0; sustainability; management; literature review.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente tem surgido um novo período no contexto das grandes revoluções industriais: a Quarta Revolução Industrial, também conhecida por Indústria 4.0 (I4), comandada pelos sistemas cyber-físicos, aplicação da Internet das Coisas e processo de manufatura descentralizada (SILVEIRA, 2018).

Para que a Indústria 4.0 seja consolidada, é necessário que alguns desafios sejam enfrentados. Em função de ser um sistema complexo, torna-se muito vulnerável e propenso a problemas, como falhas de transmissão na comunicação, que comprometem a produção, e invasão no sistema (CHRISTOFIDES *et al.*, 2007).

Além disso, a Indústria 4.0 consiste na criação de novos modelos de negócios, os quais exigirão novas competências e habilidades profissionais, pois com fábricas ainda mais automatizadas novas demandas surgirão, enquanto outras deixarão de existir e, para isso, é necessário ter mão de obra qualificada (SILVEIRA, 2018). Em síntese, ocorrerá a diminuição da força física e haverá um aumento de habilidades intelectuais e de gestão para solucionar problemas dentro da Indústria 4.0.

Portanto, a Quarta Revolução Industrial representa novos desafios em termos éticos e de segurança, bem como novos direitos e responsabilidades dos líderes do cenário de negócios. Os modelos de liderança atuais exigem mudanças mentais e alteração radical no envolvimento e capacidade de prever coletivamente o futuro, ou seja, é necessário que um líder saiba adotar uma liderança dinâmica, equilibrando a liderança responsiva e a liderança responsável (FAGUNDES, 2017).

Um ponto que deve ser levado em consideração é a integração da Indústria 4.0 com a sustentabilidade, que exige uma mudança or-

ganizacional que aponta um novo produto ou processo melhorado, mas interligado com o meio ambiente (ANTTONEN, 2010).

Assim, o presente artigo tem por objetivo realizar o levantamento bibliográfico sistemático sobre a Indústria 4.0, com o intuito de relacionar essa temática e os estudos interligados com a sustentabilidade, na perspectiva do tripé econômico, ambiental e social e contexto empresarial, para identificar as lacunas e entendimentos pertinentes sobre essa abordagem.

2. BACKGROUND TEÓRICO

2.1 Indústria 4.0 – I4

O modelo de indústria só foi possível devido ao avanço de um conjunto de tecnologias, sobre o qual, atualmente, há notícias em profusão: Internet das Coisas, grande volume de dados – estruturados e não estruturados – que impactam as empresas diariamente (*big data*), inteligência artificial, sistemas cyber-físicos, identificação por radiofrequência (RFID), entre outros (ALMEIDA, 2018).

O termo Indústria 4.0 é um conceito que foi proposto recentemente com a chegada da Quarta Revolução Industrial e descreve mudanças iminentes do cenário da indústria, particularmente na produção, promovendo desenvolvimento de novos modelos de negócios, serviços e produtos (HERMANN; PEN-TEK; OTTO, 2016).

Na Indústria 4.0, as fábricas precisam lidar com a necessidade de desenvolvimento rápido e flexível da produção em ambientes complexos (VYATKIN *et al.*, 2007). Portanto, primeiro beneficiário é o cliente, pois a manufatura avançada visa tornar os produtos mais atraentes e mais acessíveis, através do desenvolvimento de personalização de produtos e da redução do tempo de entrega de

produtos ao mercado, aumentando, ao mesmo tempo, a qualidade e os serviços associados (CUENOT; QUENEDEY, 2016).

Porém, a Quarta Revolução Industrial não envolve apenas máquinas inteligentes e conectadas. É possível observar avanços em diversas áreas, que vão do sequenciamento genético à nanotecnologia. E é a fusão dessas tecnologias e a interação com as dimensões física, digital e biológica que tornam o fenômeno atual diferente de todos os anteriores (SCHWAB, 2017).

Neste contexto, pode-se dizer que a Indústria 4.0 é um sistema complexo, ou seja, um sistema com muitos agentes interagentes que exibe comportamentos emergentes não triviais e auto-organizados (MICHELL, 2009). Quando se fala em auto-organização, cita-se a teoria neo-schumpeteriana, a qual conecta a economia com a biologia. Segundo Corazza e Fracalanza (2004), os economistas neo-schumpeterianos difundiram amplamente o emprego de analogias biológicas para a compreensão do caráter evolutivo do desenvolvimento capitalista e sobretudo do processo de mudança tecnológica.

Em meados dos anos de 1990, os estudiosos da evolução biológica começaram a compreender que a auto-organização é mais do que um processo energético no domínio biológico. O processo envolve também a aquisição e o processamento de informação que gera o novo, é um sistema que se caracteriza por crescimento e oscilação (não linear) e, ainda, pela criação de uma complexidade organizada (CORAZZA; FRACALANZA, 2004).

2.2 Inteligência artificial

Segundo o Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (2018), a Inteligência Artificial (IA) é um segmento da computação que busca simular a capacidade

humana de raciocinar, tomar decisões, resolver problemas, dotando softwares e robôs de uma capacidade de automatizar vários processos.

Hoje em dia, já são várias as aplicações da inteligência artificial que contribuem para o avanço tecnológico da área da Ciência da Computação, como, por exemplo, os aplicativos de segurança para sistemas informacionais, robótica, dispositivos para reconhecimento de voz, reconhecimento de imagem, programas de diagnósticos médicos, entre outros (CIRIACO, 2008).

Porém, alguns problemas são gerados com a evolução da inteligência artificial, sendo que os principais são éticos e sociais. Um exemplo desse lado negativo da inteligência artificial será a substituição da mão de obra humana por máquinas, que ocasionará desemprego aos que não acompanharem o progresso dessa tecnologia. Outro fato seria a criação de robôs para fazer o mal, os quais poderiam ocasionar guerras (MELO, 2017).

2.3 Internet das Coisas, big data e computação em nuvem

Essas ferramentas são encarregadas de receber, reunir, gerenciar, analisar, interpretar e intercomunicar enormes quantidades de informação provenientes de todas as partes do sistema de produção. Também são responsáveis de executar decisões descentralizadas e permitir a simulação de toda a cadeia de suprimentos e de todos os processos nela incluídos, a fim de tomar decisões eficientes (DOPICO *et al.*, 2016).

A Internet das Coisas (IoT) é um conceito que considera a presença difusa no ambiente de uma variedade de coisas e objetos que, através de conexões sem fio e com fio e esquemas de endereçamento únicos, são capazes de interagir entre si e cooperar com outras coisas e objetos para criar novos apli-

cativos, serviços e alcançar objetivos comuns (FRIESS, 2013). Sendo assim, o autor argumenta que são capazes de permitir que as coisas sejam conectadas a qualquer momento, em qualquer lugar, usando qualquer caminho, rede ou serviço.

Na configuração da IoT, são necessárias duas variáveis separadas e igualmente importantes: por um lado, sensores que são encarregados de capturar as informações geradas pelos diferentes estágios e máquinas no processo; e, por outro lado, protocolos de software de comunicação que são responsáveis por transferir essas informações para um servidor central (DOPICO *et al.*, 2016).

Outros conceitos fundamentais para o pilar da Indústria 4.0 são o *big data* e a computação em nuvem, que criam um meio capaz de lidar com todas as informações gerenciadas pelos sistemas cyber-físicos e pela IoT (DOPICO *et al.*, 2016).

De acordo com Qin (2014), o termo *big data* refere-se ao tamanho e variedade de conjuntos de dados que desafiam a capacidade das ferramentas tradicionais de software de capturar, armazenar, gerenciar e analisar dados.

O *big data* pode ser uma solução para o grande fluxo de informações que existem na Indústria 4.0, pois além de contribuir para a mineração de dados, ele aprimora variáveis importantes, como mobilidade, flexibilidade e eficiência energética (JAZDI, 2014).

Outra tecnologia que é fundamental para o progresso da Indústria 4.0 é a computação em nuvem, que permite acessar arquivos e executar diferentes tarefas pela internet sem a necessidade de instalação de programas ou armazenamento de dados, fazendo com que os serviços possam ser acessados de maneira remota, de qualquer lugar do mundo e a qualquer hora (SILVA, 2018).

Nesse contexto, a computação em nuvem constitui uma solução ideal para o desempenho de armazenamento, bem como a análise de big data no gerenciamento das informações, o que torna essas ferramentas essenciais para o desenvolvimento tecnológico nos dias de hoje, pois a capacidade de suportar e controlar grandes fluxos de informação é uma das aplicações mais importantes da Indústria 4.0 (DOPICO *et al.* 2016).

2.4 Sistemas cyber-físicos

Segundo Lins (2015), os sistemas cyber-físicos (CPS) são sistemas que permitem a conexão de operações reais com infraestruturas de computação e comunicação automatizada, ou seja, são sistemas que permitem a fusão dos mundos físico e virtual, através de computadores embarcados e redes que controlam os processos físicos gerando respostas instantâneas.

A estrutura de um CPS pode ser dividida em diferentes níveis para máquinas autoconscientes e autoadaptáveis, sendo estes: nível de conexão inteligente; nível de conversão de dados para informações; nível cibernético; nível de cognição e nível de configuração (LEE; BAGHERI; KAO, 2015).

Um dos motivos da manufatura avançada se basear em combinação de tecnologias, é devido a existência dos CPS, que é um sistema capaz de monitorar, por meio de sensores e softwares, um conjunto de dispositivos, máquinas e equipamentos em um processo de manufatura e fazer com que se comuniquem entre si. O CPS é então o responsável final pelo gerenciamento e análise das informações enviadas por esses sistemas interconectados, o que resultará na tomada de decisões descentralizadas, para as máquinas inteligentes que seguirão as ações autodeduzidas (MARGUES, 2017).

2.5 Fator humano

De acordo com NSF Roadmap Development Workshop (2008), não importa quão automatizada seja uma fábrica de processo, o pessoal altamente treinado ainda é o ingrediente mais importante. E é pensando dessa maneira que um dos principais objetivos das operações de planta inteligente é fazer com que decisões tediosas e repetitivas sejam automatizadas para eliminar a rotina entorpecente e permitir que o trabalhador com maior conhecimento tenha mais tempo para pensar e notar algum detalhe ou tendência na operação da fábrica que desencadeie uma melhoria de processo ou os alerte para um possível problema futuro.

Segundo Schwab (2015), a Quarta Revolução Industrial vai afetar a identidade das pessoas, a sensação de privacidade, as noções de propriedade, o tempo dedicado ao trabalho e ao lazer, o desenvolvimento da carreira e a forma de relacionamentos.

Portanto, a implantação de um modelo de Indústria 4.0 é uma mudança cultural de produção que necessita de liderança transformativa na indústria, conduzida por uma geração digital de profissionais que entendam o valor da mudança e composta também por equipes líderes e polivalentes (VENTURELLI, 2017). Em vista disso, é preciso ter lideranças fortes e articuladoras na indústria, no governo e nas instituições acadêmicas e de pesquisa (RIZZO, 2016).

2.6 Sustentabilidade

Este estudo considera a abordagem de o Elkington (1997), em que o tripé da Sustentabilidade ou Triple Bottom Line (TBL), é o resultado da confluência entre as áreas econômica, ambiental e social (SANCHES; CARVALHO; GOMES, 2018). Para os autores, esse modelo pode ser aplicado com sucesso na administração.

Germano, Mello e Motta (2021) apontam, com base em Sartori, Latronica e Campos (2014), que no meio empresarial a sustentabilidade foi introduzida pelo conceito de gestão sustentável, especificamente em como as empresas produzem seus produtos e serviços, mantêm e melhoram os recursos humanos e naturais. Para os autores, a adoção das novas tecnologias envolvidas na implantação da Indústria 4.0 pode trazer grandes benefícios para a sustentabilidade, que envolvem aspectos econômicos sociais e ambientais, como o avanço na segurança e no cuidado com a saúde do trabalhador, economia de recursos, energia e emissão de gases poluentes, porém não se pode menosprezar os riscos e desafios trazidos pela Quarta Revolução Industrial.

Andrade *et al.* (2018) consideram que a sustentabilidade e a Indústria 4.0 pode gerar resultados excepcionais. Alguns pontos podem ser explorados nessa interação, como a segurança nos processos, a eficiência no consumo de recursos e o desenvolvimento de processos mais flexíveis e inteligentes, gerando impactos no tripé da sustentabilidade – TBL.

Kamble, Gunasekaran e Gawankar (2018) propõe um modelo que contempla as tecnologias da Indústria 4.0, conectadas a suas formas de aplicação, e os resultados esperados quanto à sustentabilidade em uma sequência lógica (ANDRADE *et al.*, 2018). Nesse modelo, as tecnologias da Indústria 4.0, Internet das Coisas, análise de grande conjunto de dados, computação nas nuvens, simulação e prototipagem, impressão 3D, realidade aumentada e sistemas robóticos, juntamente com os processos integradores, colaboração humano-máquina e equipamentos de chão de fábrica, convergem a resultados sustentáveis no que tange fatores econômicos, processos de automação e segurança e proteção ambiental. Assim, apesar de restritos, evidenciam-se estudos que abordam a relação da sustentabilidade com a I4 na perspectiva do TBL.

3. METODOLOGIA

Esta pesquisa trata-se de uma revisão sistemática da literatura voltada para a Indústria 4.0 e a sustentabilidade no contexto empresarial, no sentido de identificar estudos que abordem a relação entre os temas. Xavier, Naveiro e Aoussat (2017) definem passos para a revisão sistemática de literatura, com base em Denyer e Tranfield (2009): a) formulação da questão de pesquisa; b) localização dos estudos; c) seleção e avaliação de estudos; d) análise e síntese; e) relatório e uso dos resultados da pesquisa.

Sendo assim, esta pesquisa é caracterizada como bibliográfica por se tratar de um estudo sistematizado e fundamentado em publicações, como livros e periódicos, que permite a elaboração de um instrumento analítico para outras pesquisas (Vergara, 2005).

Para a coleta de dados, a escolha da literatura analisada foi definida por meio das bases de dados Science Direct, Web of Science e Scopus, no mês de julho de 2021, utilizando as palavras-chave “*management*” AND *factory 4.0* OR *fourth industrial revolution* OR *smart manufacturing* AND *sustainability*” e filtragem pela categoria de artigos e publicações de eventos, excluindo da busca sistemática as categorias de livros e capítulos de livros. A opção pelo termo “*management*” reflete a proposta de analisar os estudos sob a ótica da gestão, considerando como critério de exclusão estudos relacionados a outras áreas do conhecimento.

Na análise de dados, os artigos foram filtrados mediante a leitura dos títulos e resumos, sendo selecionados de acordo com o tema Indústria 4.0. Após filtro inicial, ocorreu a leitura na íntegra e realizou-se a análise sistemática, averiguando a relação entre I4 e a sustentabilidade.

Após designação das plataformas Science Direct, Web of Science e Scopus, foram obtidos 342 artigos referentes à Indústria 4.0. Logo após, foram filtrados de acordo com a temática de sustentabilidade, resultando em 54 artigos finais. Os resultados descrevem uma sumarização do portfólio final, com discussão relativa à proposta deste estudo evidenciada em cada artigo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com as bases de dados utilizadas nesta pesquisa e o método de levantamento dos artigos, foram 342 artigos analisados, sendo que 317 artigos foram obtidos na Science Direct, 18 artigos na Scopus e sete artigos na Web of Science. Destes, todos apresentaram assuntos abordando a Indústria 4.0, porém apenas 54 continham ligação com a sustentabilidade, temática fundamental para o seguimento deste artigo. Sendo assim, nas seções a seguir são apresentados os resultados obtidos da análise.

4.1 Relação entre Indústria 4.0 e sustentabilidade

Ao realizar a leitura dos artigos, tendo como base os objetivos deste estudo, que é discutir a temática da sustentabilidade na Indústria 4.0, constatou-se que 54 dos 342 artigos abrangiam o tema em questão. Carvalho et al. (2018) apontam que o novo modelo industrial iminente chamado de Quarta Revolução Industrial, ou Indústria 4.0, visa um sistema de manufatura viável e sustentável. Luedeke e Vielhaber (2014) afirmam que o modelo 4.0 atende as demandas de conservação de recursos e energia de produtos. Hentz et al. (2013) destacam que a globalização, orientação de serviços, intensidade do conhecimento e resposta às preocupações ambientais direcionam a busca por pesquisas na área

de manufatura sustentável em nível global. Schuh *et al.* (2015) demonstram que o conceito de Indústria 4.0 proporciona o aumento da produtividade, sustentabilidade e da colaboração nos sistemas de produção.

Waibel *et al.* (2018) afirmam que a Quarta Revolução Industrial, na perspectiva da sustentabilidade, tem o potencial de trazer melhorias fundamentais à sociedade, como o combate ao desperdício e à superprodução e o incentivo à economia de recursos naturais. Gregori *et al.* (2018) demonstram que as indústrias que possibilitam a criação de métodos de fabricação geradores de sustentabilidade tecnológica e social melhoram a sociedade e as condições de trabalho de seus empregados.

Sobre os resultados sustentáveis que a Indústria 4.0 proporcionou à sociedade, Afonso *et al.* (2017), bem como Bruton *et al.* (2016), indicam que o conceito de Indústria 4.0 permitiu a redução do consumo energético. Kaufmann *et al.* (2016) reiteram que com esse foco na redução energética o balanço de dióxido de carbono pode ser diminuído. Ainda Lee *et al.* (2015) apontam que a racional utilização da água na base energética melhora a eficiência energética social. Kayikci (2018) afirma que ocorreu diminuição no uso de recursos ligados à extração da celulose e as implicações ambientais da digitalização tiveram grande impacto na redução de resíduos, poluição e emissão de gases de efeito estufa. Barwood *et al.* (2015) apontam que há um maior índice de reciclagem de resíduos eletrônicos. Beckmann-Dobrev *et al.* (2015) indicam que o mercado de mobilidade urbana passou a ser determinado por tendências como o repensamento ecológico e o desejo de esportes e vida saudável. Civet *et al.* (2011) apontam que ocorreu redução da quantidade utilizada de silício na fabricação de equipamentos eletrônicos e de informática.

O conceito de Indústria 4.0 implica modificação e evolução dos processos metodológicos de produção e funcionamento das empresas. Brad e Murar (2015) explicitam que o aumento das preocupações ambientais, juntamente com a necessidade de produção e consumo sustentáveis, deu origem ao conceito de Sistema Produto-serviço, o qual é amparado por políticas administrativas inteligentes, segundo Bennett e Heidug (2014). Charles *et al.* (2017) afirmam que há uma maior preocupação com a reciclagem no âmbito empresarial e no futuro os índices desse processo devem ficar cada vez melhores. Chowdhury *et al.* (2016) demonstram que há indústrias aplicando tecnologia para monitoramento em tempo real de detecção de CO₂ no ar expirado durante as produções. Dassisti *et al.* (2018) demonstram como a análise energética é uma maneira perfeita de estruturar o conhecimento do processo de produção, pois assegura uma transição correta para o modelo de *smartness* da I4. Daut *et al.* (2012) afirmam que as indústrias podem obter energia através de sistemas inteligentes de conversão energética da fumaça emitida durante as produções. Ainda, esses sistemas são alimentados com geradores solares, outra fonte sustentável de energia. Del Zotto *et al.* (2015) alegam que o maquinário de usinas termelétricas e de incineração pode ser suprido com uma nova fonte de energia, gerada de forma sustentável e funcional, o SRF (Combustível Sólido Recuperado).

Herranen *et al.* (2018) indicam formas para que as empresas tenham uma melhor capacidade de detectar informações sobre as condições ambientais no monitoramento estrutural. Já Keller *et al.* (2017) defendem uma abordagem para integrar sistemas de manufatura em um ambiente de rede inteligente, a qual permite a integração eficiente de energias renováveis à rede. Peukert *et al.* (2015) apresentam estruturas modulares de máqui-

nas-ferramenta equipadas com tecnologia de microsistemas que visa aumentar a flexibilidade de processos de produção mutáveis em um contexto mais sustentável. Schumann *et al.* (2016) mostram a influência do sistema de prevenção de colisão no processo de fabricação, sendo necessária uma melhor abordagem para tornar o sistema mais sustentável. Shin *et al.* (2014) apresentam uma modelagem analítica na indústria de corte de metal, cujo modelo analítico pode prever um desempenho de sustentabilidade, especialmente no consumo de energia, usando a infraestrutura de big data. Tapoglou *et al.* (2016) investigam uma nova abordagem que visa melhorar a eficiência energética de máquinas-ferramenta através da otimização on-line das condições de corte para usinagem. Wiktorsson *et al.* (2018) analisam empresas sul-coreanas e suecas para definir a fabricação inteligente de alto nível e as quatro dimensões-chave que são capacitadoras e dificultadoras para uma empresa tornar-se uma fábrica inteligente. Yeo *et al.* (2017) apresentam o uso de técnicas avançadas de fabricação para o desenvolvimento de aplicações de remanufatura. Zheng *et al.* (2017) elaboram uma estrutura conceitual genérica apoiada em três modelos, sendo eles: modelo físico, modelo cibernético e experiência do usuário. Essa estrutura é capaz de aprimorar produtos ser adaptado a novos requisitos e reutilizá-los. Herterich *et al.* (2015) citam a acessibilidade de serviços e o impacto dos CPSs em várias partes interessadas no ecossistema de serviços industriais. Paritala *et al.* (2017) destacam a necessidade e as forças motrizes para a adoção da manufatura digital e o escopo futuro com produtos inovadores, personalizados e sustentáveis. Gregori *et al.* (2017) sugerem um método que permite monitorar os parâmetros que podem influenciar a sustentabilidade social em um sítio de produção. Por fim, Salamone et al. (2017) destacam que o usuário não se limi-

ta ao papel passivo do consumidor, pois atua como *pro-consumer*, participando ativamente das diversas etapas da gestão e melhoria da qualidade ambiental do sistema social.

A Indústria 4.0 também permitiu a criação de produtos inovadores baseados na sustentabilidade. Le Feuvre e Scrutton (2018) afirmam que a produção de materiais biológicos sintéticos são rotas para a sustentabilidade. Segundo Veld (2015), a inclusão de materiais sustentáveis na composição dos produtos é o primeiro passo para a inovação. Deuter et al. (2018) salientam a importância de que as empresas invistam em produtos inteligentes de alta qualidade que melhorem o ciclo de vida dos produtos. Briand *et al.* (2011) apresentam sensores ambientais fabricados em folha de plástico e o método de encapsulamento flexível associado ao nível da folha. Ceranic *et al.* (2017) oferecem uma solução de armazenamento térmico modular capaz de equilibrar a demanda e a oferta de aquecimento para uma superestrutura de baixo crescimento e baixa massa com tecnologias renováveis. Hamelin e Larbi (2016) demonstram que o uso da malha têxtil para reforço pode ser adaptado à integração de fibras híbridas (fibras ópticas) ou sensores adicionais que geram propriedades multifuncionais, como iluminação, conexão, controle de temperatura e qualidade do ar. Hervé *et al.* (2015) aprimoram uma caldeira híbrida, que utiliza diferentes fontes de energia, sendo elas o gás natural e a eletricidade com participação de energia renovável. Hosain *et al.* (2014) reduzem o erro percentual dos valores de resistência a tração e rigidez no uso das fibras naturais.

Kim *et al.* (2016) examinam a rede energética economicamente, tecnologicamente e ambientalmente mais adequada de duas ilhas sul-coreanas e concluem que o sistema ideal de geração de energia é o sistema híbrido de vento- PV-bateria-conversor. Kumar, A. G. *et al.* (2015) afirmam que emissões de

Green House podem ser reduzidas se esse sistema for integrado com fontes de energia renováveis, como solar ou eólica. Mcleod *et al.* (2017) analisam bactérias capazes de melhorar as tecnologias de produção de biocombustíveis. Schel *et al.* (2018) apresentam uma plataforma de Tecnologia de Informação (TI) que sincroniza a demanda de energia com um fornecimento de energia volátil continuamente crescente, aplicando a resposta de demanda automatizada. Sihag *et al.* (2018) apresentam um sensor de energia inteligente não intrusivo para aquisição e análise de dados de baixo custo. Vatalis *et al.* (2013) informam os componentes de sustentabilidade que afetam as decisões para projetos de construção verde. Mikheenko e Johansen (2014) mostram que a rede supercondutora inteligente é uma opção viável para a futura economia energética. Por fim, Waibel *et al.* (2018) investigam as inovações de produção inteligentes atuais na indústria de construção de máquinas e mostram que há melhorias que ajudam a economizar recursos naturais e reduzir o desperdício.

O conceito de Indústria 4.0 também está ligado às estratégias políticas capazes de contribuir com um desenvolvimento sustentável. Khripko *et al.* (2017) discorrem sobre as vantagens ambientais e sociais de um mix energético mais verde para os objetivos das políticas públicas de todos os participantes do mercado. Passarelli *et al.* (2016) explicitam a importância de incentivo às políticas que visam cada vez mais o desenvolvimento sustentável no processo de implementação de estratégias. Schweickart (2010) avalia criticamente as duas perspectivas contrastantes, capitalismo e sustentabilidade, destacando que os enormes problemas ambientais que enfrentamos não estão desvinculados de outros problemas sociais, como, por exemplo, a diferença de classe. Bennett e Heidug (2014) acreditam que políticas inteligentes serão capazes de auxiliar na captura e armazenamen-

to de carbono (CCS), as quais serão utilizadas para diminuir os custos associados à redução de gases de efeito estufa.

Como é possível observar, são diversas as formas de se pensar a sustentabilidade dentro de uma Indústria 4.0, e isso acontece porque um dos princípios fundamentais desta nova era é desenvolver a melhoria de projetos pensando no aspecto socioambiental.

A Indústria 4.0 é um sistema complexo e desafiador. Além de ter a integração com a sustentabilidade e meio ambiente, é crucial que toda essa tecnologia consiga atender todas as classes. Logo, a demanda deve apresentar um processo sucinto e de baixo custo para o empreendedor, alcançando, assim, um preço palpável para a maioria da população. Ademais, gerar um menor impacto ambiental que o mecanismo vigente atual de produção.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo objetivou analisar sistematicamente os estudos publicados sobre o tema Indústria 4.0 e sua integração com a sustentabilidade.

Após aplicação do método de busca e revisão sistemática de literatura, obtiveram-se 342 estudos, dos quais 54 apresentaram relação teórica com o tema sustentabilidade.

A análise aprofundada considerou as perspectivas do tripé da sustentabilidade, econômica, social e ambiental, sendo que os estudos apresentaram relação com maior foco nas perspectivas econômica e ambiental.

Os resultados da investigação devem ser analisados de forma ponderada. Por ser considerado um tema embrionário, a escassez de estudos que reflitam a superação do desafio de considerar a sustentabilidade na implementação das tecnologias da I4 foi relatado pela maioria dos autores. A comprovação dos benefícios da adoção dessas tecnologias

sem impactos socioambientais enseja novas pesquisas.

Por fim, as discussões enfatizam principalmente a inovação criada nas indústrias por meio da absorção da I4, na redução de custos e de impacto ao meio ambiente. Dessa forma, a introdução do tema ecoinovação pode ser considerada em novos estudos.

Adicionalmente às discussões do estudo, a I4 faz emergir a questão da substituição do trabalho manual e repetitivo, o que prescinde de qualificação avançada para não contribuir com a geração de desempregos. Assim, estudos futuros que enfatizem o aspecto social são recomendados.

REFERÊNCIAS

- AFONSO, D. *et al.* Direct rapid tooling for polymer processing using sheet metal tools. **Procedia Manufacturing**, v. 13, p. 102-108, 2017.
- ALMEIDA, T. Como a Educação 4.0 mudará nossas escolas?. **Inoveduc**, 2018. Disponível em: <http://inoveduc.com.br/artigos/educacao-4-0-mudara-escolas/> Acesso em: 02 maio 2018.
- ANTTONEN, M. Greening from the front to the back door? A typology of chemical and resource management services. **Business Strategy and the Environment**, v. 19, n. 3, pp.199-215, 2010.
- BARWOOD, M. *et al.* Utilisation of Reconfigurable Recycling Systems for Improved Material Recovery from E-Waste. **Procedia CIRP**, v. 29, p. 746-751, 2015.
- BECKMANN-DOBREV, B.; KIND, S.; STARK, R. Hybrid Simulators for Product Service-Systems – Innovation Potential Demonstrated on Urban Bike Mobility. **Procedia CIRP**, v. 36, p. 78-82, 2015.
- BENNETT, S. J.; HEIDUG, W. CCS for Trade-exposed Sectors: An Evaluation of Incentive Policies. **Energy Procedia**, v. 63, p. 6887-6902, 2014.
- BRAD, S.; MURAR, M. Employing Smart Units and Servitization towards Reconfigurability of Manufacturing Processes. **Procedia CIRP**, v. 30, p. 498-503, 2015.
- BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. **Perspectivas de especialistas brasileiros sobre a manufatura avançada no Brasil**: um relato de workshops realizados em sete capitais brasileiras em contraste com as experiências internacionais, Brasília, 2016. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/mdicgovbr/perspectivas-de-especialistas-sobre-amanufatura-avanada-no-brasil-2016>. Acesso em: 02 maio 2018.
- BRIAND, D. *et al.* Why Going Towards Plastic and Flexible Sensors?. **Procedia Engineering**, v. 25, p. 8-15, 2011.
- BRASIL. Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços. **Agenda brasileira para a Indústria 4.0**: o Brasil preparado para os desafios do futuro, 2018. Disponível em: <http://www.industria40.gov.br/>. Acesso em: 23 maio 2018.
- BRUTON, K. *et al.* Enabling Effective Operational Decision Making on a Combined Heat and Power System Using the 5C Architecture. **Procedia CIRP**, v. 55, p. 296- 301, 2016.
- CARVALHO, N. *et al.* Manufacturing in the fourth industrial revolution: a positive prospect in Sustainable Manufacturing. **Procedia Manufacturing**, v. 21, p. 671-678, 2018.
- CERANIC, B.; BEARDMORE, J.; COX, A. A Novel Modular Design Approach to “Thermal Capacity on Demand” in a Rapid Deployment Building Solutions: Case Study of Smart-POD. **Energy Procedia**, v. 134, p. 776-786, 2017.

- CHARLES, R. G. *et al.* An investigation of trends in precious metal and copper content of RAM modules in WEEE: Implications for long term recycling potential. **Waste Management**, v. 60, p. 505-520, 2017.
- CHOWDHURY, M. F. *et al.* MEMS Infrared Emitter and Detector for Capnography Applications. **Procedia Engineering**, v. 168, p. 1204-1207, 2016.
- CHRISTOFIDES, P. D., *et al.* Smart Plant Operations: Vision, Progress and Challenges. **AIChE Journal**, v. 53, n. 11, 2007. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/aic.11320>. Acesso em: 02 maio 2018.
- CIRIACO, D. O que é Inteligência Artificial? **Tecnomundo**, 2008. Disponível em: <https://www.tecnomundo.com.br/intel/1039-o-que-e-inteligencia-artificial-.htm>. Acesso em: 20 maio 2018.
- CIVET, Y. *et al.* Holed MEM Resonators for High Accuracy Frequency Trimming. **Procedia Engineering**, v. 25, p. 531-534, 2011.
- CORAZZA, R. I.; FRACALANZA, Paulo S. Caminhos do pensamento neoschumpeteriano: para além das analogias biológicas. **Nova Economia**, v. 14, n. 2, 2004.
- CUENOT, P. V.; QUENEDEY, C. Industry 4.0: can the fourth industrial revolution save French industry? **Wavestone**, 2016. Disponível em: <https://www.wavestone.com/en/insight/industry-4-0-can-the-fourth-industrial-revolution-save-french-industry/>. Acesso em: 25 maio 2018.
- DASSISTI, M.; SIRAGUSA, N.; SEMERARO, C. Exergetic Model as a Guideline for Implementing the Smart-factory Paradigm in Small Medium Enterprises: The Brovedani Case. **Procedia CIRP**, v. 67, p. 534-539, 2018.
- DAUT, I. *et al.* Smart smoke ventilation and power generation (SSVPG). **Energy Procedia**, v. 18, p. 1372-1381, 2012.
- DE ANDRADE, M. *et al.* Uma revisão sistemática sobre a interação entre indústria 4.0 e sustentabilidade. XXV SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO INOVAÇÃO E SUSTENTABILIDADE NA GESTÃO DE PROCESSOS DE NEGÓCIOS. 2018, Bauru – SP. Disponível em: https://www.simpep.feb.unesp.br/anais_simpep_todos.php?e=13. Acesso em: 18 maio 2018.
- DEL ZOTTO, L. *et al.* Energy Enhancement of Solid Recovered Fuel within Systems of Conventional Thermal Power Generation. **Energy Procedia**, v. 81, p. 319-338, 2015.
- DENYER, D.; TRANFIELD, D. Producing a systematic review. In: D. A. Buchanan & A. Bryman (Eds.), **The Sage handbook of organizational research methods** (pp. 671-689). Thousand Oaks: Sage Publications Ltd., 2009. Disponível em: <http://psycnet.apa.org/record/2010-00924-039>. Acesso em: 19 maio 2018.
- DEUTER, A. *et al.* Developing the Requirements of a PLM/ALM Integration: An Industrial Case Study. **Procedia Manufacturing**, v. 24, p. 107-113, 2018.
- DOPICO, M.; GOMEZ, A.; DE LA FUENTE, D.; GARCÍA, N.; ROSILLO, R.; PUCHE, J. A vision of industry 4.0 from an artificial intelligence point of view. In: **International Conference Artificial Intelligence - ICAI'16**, Las Vegas, USA, 2016. Disponível em: <http://worldcomp-proceedings.com/proc/p2016/ICA7532.pdf>. Acesso em: 02 maio 2018.
- DOS SANTOS, G. *et al.* Contribuição das tecnologias da indústria 4.0 para a sustentabilidade: uma revisão sistemática. **Palavra Chave**, v. 11, 2021.

- ELKINGTON, J. **Cannibals with forks: the triple bottom line of 21st century business.** Oxford: Capstone. 1997.
- FAGUNDES, E. Liderança em tempos de Inteligência Artificial e Indústria 4.0. **nMentors**, 2017. Disponível em: <http://nmentors.com.br/blog/lideranca-em-tempos-de-inteligencia-artificial-e-industria-4-0/> >. Acesso em: 31 maio 2018.
- FRIESS, P. Driving European Internet of Things Research. *In*: VERMESAN, Ovidiu; FRIESS, Peter (Eds.) **Internet of Things: Converging Technologies for Smart Environments and Integrated Ecosystems.** Denmark: River Publishers, 2013.
- GREGORI, F. *et al.* Digital Manufacturing Systems: A Framework to Improve Social Sustainability of a Production Site. **Procedia CIRP**, v. 63, p. 436-442, 2017.
- GREGORI, F. *et al.* Improving a production site from a social point of view: an IoT infrastructure to monitor workers condition. **Procedia CIRP**, v. 72, p. 886-891, 2018.
- HAMELIN, P.; LARBI, A. S. Smart Underground Panel: A Composite Manufacturing Process for Sandwich Panel Made of Textile Reinforced Cement and Multifunctional by the use of Sensors and Optical Fibers. **Procedia Engineering**, v. 165, p. 695-704, 2016.
- HENTZ, J. B. *et al.* An Enabling Digital Foundation Towards Smart Machining. **Procedia CIRP**, v. 12, p. 240-245, 2013.
- HERMANN, M; PENTEK, T.; OTTO, B. **Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios.** *In*: 49th Hawaii International Conference on System Sciences – IEEE, 2016. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7427673/>. Acesso em: 24 maio 2018.
- HERRANEN, H. *et al.* Design and Manufacturing of composite laminates with structural health monitoring capabilities. **Procedia CIRP**, v. 72, p. 647-652, 2018.
- HERTERICH, M. M.; UEBERNICKEL, F.; BRENNER, W. The Impact of Cyber-physical Systems on Industrial Services in Manufacturing. **Procedia CIRP**, v. 30, p. 323-328, 2015.
- HERVÉ, B. *et al.* Revealing the Numeric Signature of Contradictions by a Semi-automatic Analysis of Product Data. **Procedia Engineering**, v. 131, p. 776-783, 2015.
- HOSSAIN, M. R. *et al.* Quantitative Analysis of Hollow Lumen in Jute. **Procedia Engineering**, v. 90, p. 52-57, 2014.
- JAZDI, N. **Cyber Physical Systems in the Context of Industry 4.0.** *In*: International Conference on Automation, Quality and Testing, Robotics - IEEE, 2014. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/6857843/>. Acesso em: 27 maio 2018.
- KAMBLE, S. S., GUNASEKARAN, A., GAWANKAR, S. A. Sustainable Industry 4.0 framework: A systematic literature review identifying the current trends and future perspectives. **Process Safety and Environmental Protection**, v. 117, p. 408-425, 2018.
- KAUFMANN, J. *et al.* Smart Carbon Fiber Bicycle Seat Post with Light and Sensor Integration. **Procedia Engineering**, v. 147, p. 562-567, 2016.
- KAYIKCI, Y. Sustainability impact of digitization in logistics. **Procedia Manufacturing**, v. 21, p. 782-789, 2018.
- KELLER, F. *et al.* Integration and Interaction of Energy Flexible Manufacturing Systems within a Smart Grid. **Procedia CIRP**, v. 61, p. 416-421, 2017.

- KHRIPKO, D. *et al.* Demand Side Management within Industry: A Case Study for Sustainable Business Models. **Procedia Manufacturing**, v. 8, p. 270-277, 2017.
- KIM, H. *et al.* Comparative analysis of on- and off-grid electrification: The case of two South Korean Islands. **Sustainability (Switzerland)**, v. 8, n. 4, 2016.
- KUMAR, A. *et al.* Smart Manufacturing Approach for Efficient Operation of Industrial Steam-Methane Reformers. **Industrial & Engineering Chemistry Research**, v. 54, n. 16, p. 4360-4370, 2015.
- LE FEUVRE, R. A.; SCRUTTON, N. S. A living foundry for Synthetic Biological Materials: A synthetic biology roadmap to new advanced materials. **Synthetic and Systems Biotechnology**, v. 3, n. 2, p. 105-112, 2018.
- LEE, S. W. *et al.* Smart water grid: the future water management platform. **Desalination and Water Treatment**, v. 55, n. 2, p. 339-346, 2015
- LEE, J.; BAGHERI, B.; KAO, H. A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0 - based manufacturing systems. **Manufacturing Letters**, v. 3, pp. 18-23, 2015.
- LINS, T. **Industria 4.0 – Desafios Parte 1**, 2015. Disponível em: <http://www.decom.ufop.br/imobilis/industria-4-0-desafios-par-te-1/>. Acesso em: 27 maio 2016.
- LUEDEKE, T.; VIELHABER, M. Holistic Approach for Secondary Weight Improvements. **Procedia CIRP**, v. 21, p. 218-223, 2014.
- MARQUES, F. A corrida da Indústria 4.0, 2017. Disponível em: <http://revistapesquisa.fapesp.br/2017/09/22/a-corrida-da-industria-4-0/>. Acesso em: 27 maio 2018.
- MCLEOD, C.; NERLICH, B.; MOHR, A. Working with bacteria and putting bacteria to work: The biopolitics of synthetic biology for energy in the United Kingdom. **Energy Research & Social Science**, v. 30, p. 35-42, 2017.
- MELO, C. O lado obscuro da Inteligência Artificial. **ISTOÉ DINHEIRO**, 2017. Disponível em: <https://www.istoedinheiro.com.br/o-lado-obsкуро-da-inteligenciaartificial/>. Acesso em: 21 maio 2018.
- MICHELL, M. **Complexity: A guided tour**. Oxford University Press, 2009.
- MIKHEENKO, P.; JOHANSEN, T. H. Smart Superconducting Grid. **Energy Procedia**, v. 58, p. 73-78, 2014.
- NSF ROADMAP DEVELOPMENT WORKSHOP. **Smart Process Manufacturing Workshop Report**. Washington: NSF, 2008.
- PARITALA, P. K.; MANCHIKATLA, S.; YARLAGADDA, P. K. D. V. Digital Manufacturing- Applications Past, Current, and Future Trends. **Procedia Engineering**, v. 174, p. 982-991, 2017.
- PASSARELLI, D.; FORESTA, S.; FAZIA, C. The Role of Transport System in the Implementation of the Strategy for the Inland Areas. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v. 223, p. 520-527, 2016.
- PEUKERT, B. *et al.* Addressing Sustainability and Flexibility in Manufacturing Via Smart Modular Machine Tool Frames to Support Sustainable Value Creation. **Procedia CIRP**, v. 29, p. 514-519, 2015.
- PEUKERT, B.; SAOJI, M.; UHLMANN, E. An Evaluation of Building Sets Designed for Modular Machine Tool Structures to Support Sustainable Manufacturing. **Procedia CIRP**, v. 26, p. 612-617, 2015.

- QIN, S. Joe. Process Data Analytics in the Era of Big Data. **AICHE Journal**, v. 60, n. 9, 2014. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/aic.14523>. Acesso em: 26 maio 2018.
- RIZZO, J. Saiba o que é a Indústria 4.0 e descubra as oportunidades que ela gera. **SEBRAE**, 2016. Disponível em: <http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/saiba-o-que-e-a-industria-4-0-edescubraasopportunidadesqueelagera,11e01bc9c86f8510VgnVCM1000004c00210aRCRD>. Acesso em: 10 maio 2018.
- ROBISON, P.; SENGUPTA, M.; RAUCH, D. Intelligent Energy Industrial Systems 4.0. **IT Professional**, v. 17, 2015. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7116423/>. Acesso em: 02 maio 2018.
- SALAMONE, F. *et al.* Design and development of a nearable wireless system to control indoor air quality and indoor lighting quality. **Sensors (Switzerland)**, v. 17, n. 5, 2017.
- SANCHES, B. C.; CARVALHO, E. S.; GOMES, F. A Indústria 4.0 e suas contribuições à sustentabilidade. **Revista Engenharia e Tecnologia Aplicada-UNG-Ser**, v. 2, n. 1, p. 48-55, 2019.
- SARTORI, SIMONE; LATRÔNICO, FERNANDA; CAMPOS, LUCILA. Sustainability and sustainable development: a taxonomy in the field of literature. **Ambiente & sociedade**, v. 17, n. 1, p. 01-22, 2014.
- SCHEL, D. *et al.* IT Platform for Energy Demand Synchronization Among Manufacturing Companies. **Procedia CIRP**, v. 72, p. 826-831, 2018.
- SCHUH, G.; REUTER, C.; HAUPTVOGEL, A. Increasing Collaboration Productivity for Sustainable Production Systems. **Procedia CIRP**, v. 29, p. 191-196, 2015.
- SCHUMANN, M.; WITT, M.; KLIMANT, P. A Real-time Collision Prevention System for Machine Tools (part II). **Procedia CIRP**, v. 41, p. 789-794, 2016.
- SCHWAB, Klaus. **The Fourth Industrial Revolution**. 2015. Disponível em: <http://www.vassp.org.au/webpages/Documents2016/PDevents/The%20Fourth%20Industrial%20Revolution%20by%20Klaus%20Schwab.pdf>>. Acesso em: 31 maio 2018.
- SCHWAB, Klaus. Começou a 4a revolução Industrial. **Revista HSM**, 2017. Disponível em: <http://www.revistahsm.com.br/inovacao/comecou-4a-revolucaoindustrial/>. Acesso em: 26 maio 2018.
- SCHWEICKART, D. Is Sustainable Capitalism Possible? **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v. 2, n. 5, p. 6739-6752, 2010.
- SHIN, S. J.; WOO, J.; RACHURI, S. Predictive Analytics Model for Power Consumption in Manufacturing. **Procedia CIRP**, v. 15, p. 153-158, 2014.
- SIHAG, N.; SANGWAN, K. S.; PUNDIR, S. Development of a Structured Algorithm to Identify the Status of a Machine Tool to Improve Energy and Time Efficiencies. **Procedia CIRP**, v. 69, p. 294-299, 2018.
- SILVA, D. O que é computação em nuvem?, **Estudo Prático**, 2018. Disponível em: <https://www.estudopratico.com.br/o-que-e-computacao-em-nuvem/>. Acesso em: 27 maio 2018.
- SILVEIRA, Cristiano B. O Que é Indústria 4.0 e Como Ela Vai Impactar o Mundo. **Citisystems**, 2018. Disponível em: <https://www.citisystems.com.br/industria-4-0/>>. Acesso em: 02 maio 2018.

- TAPOGLOU, N. *et al.* Online on-board Optimization of Cutting Parameter for Energy Efficient CNC Milling. **Procedia CIRP**, v. 40, p. 384-389, 2016.
- VATALIS, K. I. *et al.* Sustainability Components Affecting Decisions for Green Building Projects. **Procedia Economics and Finance**, v. 5, p. 747-756, 2013.
- VELD, P. O. T. MORE-CONNECT: Development and Advanced Prefabrication of Innovative, Multifunctional Building Envelope Elements for Modular Retrofitting and Smart Connections. **Energy Procedia**, v. 78, p. 1057-1062, 2015.
- VENTURELLI, M. Indústria 4.0: uma visão da automação industrial. **Automação Industrial**, 2017. Disponível em: <https://www.automacaoindustrial.info/industria-4-0-uma-visao-daautomacao-industrial/>. Acesso em: 10 maio 2018.
- VERGARA, S.C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. São Paulo: Atlas, 2005.
- VYATKIN, V. *et al.* Now That's Smart!. **Industrial Electronics Magazine**, IEEE, v. 1, n. 4. pp. 17-29, 2007. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/4408617/>. Acesso em: 25 maio 2018.
- WAIBEL, M. W.; OOSTHUIZEN, G. A.; DU TOIT, D. W. Investigating current smart production innovations in the machine building industry on sustainability aspects. **Procedia Manufacturing**, v. 21, p. 774-781, 2018.
- WAIBEL, M. W. *et al.* Investigating the Effects of Smart Production Systems on Sustainability Elements. **Procedia Manufacturing**, v. 8, p. 731-737, 2017.
- WIKTORSSON, M. *et al.* Smart Factories: South Korean and Swedish examples on manufacturing settings. **Procedia Manufacturing**, v. 25, p. 471-478, 2018.
- XAVIER, A. *et al.* Systematic literature review of eco-innovation models: Opportunities and recommendations for future research. **Journal of Cleaner Production**, v. 149, p. 1278-1302, 2017.
- YEO, N. C. Y.; PEPIN, H.; YANG, S. S. Revolutionizing Technology Adoption for the Remanufacturing Industry. **Procedia CIRP**, v. 61, p. 17-21, 2017.
- ZHENG, P. *et al.* User-experience Based Product Development for Mass Personalization: A Case Study. **Procedia CIRP**, v. 63, p. 2-7, 2017.