

---

# Análise reflexiva acerca das alternativas de redução de custos ambientais por meio da adoção das tecnologias da indústria 4.0 mediadas pelas ferramentas Design Thinking e Cooper's Stage Gate

## Reflective analysis about alternatives for reducing environmental costs through the adoption of industry 4.0 technologies mediated by Design Thinking and Cooper's Stage Gate tools

DUSAN SCHREIBER 

### RESUMO

Em face do esgotamento do modelo tradicional de crescimento e desenvolvimento econômico, foi concebido o conjunto de diretrizes e orientações para o desenvolvimento sustentável, cujo mote central consiste na mitigação de impactos ambientais. Considerando que dentre os agentes econômicos, com maior risco poluidor, destacam-se as organizações industriais, maioria de novas determinações legais promulgadas com o objetivo de prevenir os riscos ambientais, impuseram limites às práticas organizacionais e exigiram adoções de medidas, que demandaram investimentos, por vezes expressivos, bem como implicaram no surgimento de custos e despesas para a manutenção dos mesmos. Ao mesmo tempo, novas tecnologias propiciaram alternativas para contribuir para a mitigação de custos ambientais, com destaque para as tecnologias da indústria 4.0. Destarte, evidenciou-se a necessidade de criar sistemas organizacionais para registrar, monitorar e gerenciamento dos referidos valores, a saber, de investimento, custos, despesas e também receitas. O objetivo deste trabalho, elaborado em formato de ensaio teórico, analítico e reflexivo, é

analisar as alternativas de redução de custos ambientais, em organizações industriais, em decorrência da adoção de tecnologias da indústria 4.0, processo mediado por ferramentas como Design Thinking e Cooper's Stage-Gate.

**Palavras-chave:** Custos ambientais; Indústria; Tecnologias; Indústria 4.0; Design Thinking; Cooper's Stage Gate.

## ABSTRACT

In view of the exhaustion of the traditional model of economic growth and development, a set of guidelines and guidelines for sustainable development was conceived, whose central motto is the mitigation of environmental impacts. Considering that among the economic agents with the greatest polluting risk, industrial organizations stand out, most of the new legal determinations enacted with the objective of preventing environmental risks, imposed limits on organizational practices and demanded the adoption of measures, which required investments, by expressive times, as well as implied the emergence of costs and expenses for their maintenance. At the same time, new technologies provided alternatives to contribute to the mitigation of environmental costs, with an emphasis on industry 4.0 technologies. Thus, there was a need to create organizational systems to record, monitor and manage the aforementioned amounts, namely, investment, costs, expenses and also revenues. The objective of this work, elaborated in a theoretical, analytical and reflective essay format, is to analyze the alternatives for reducing environmental costs, in industrial organizations, as a result of the adoption of industry 4.0 technologies, a process mediated by tools such as Design Thinking and Cooper's Stage-Gate.

**Keywords:** Environmental costs; Industry; Technologies; Industry 4.0; Design Thinking; Cooper's Stage Gate.

## 1. INTRODUÇÃO

O modelo de desenvolvimento econômico passou por diversas revisões, no tocante a suas características, ao longo dos últimos séculos. Na medida em que a população mundial aumentava, a demanda por bens e serviços crescia na mesma proporção, ou até, especialmente no último século, em ritmo superior, suscitando a

reflexão acerca da finitude de recursos naturais, que, ainda, é a origem, da maior parte do que é consumido pelo ser humano. Nesta perspectiva, e com o intuito de inibir os excessos, tanto no consumo de recursos naturais, bem como na geração de resíduos, emissões atmosféricas e de efluentes líquidos, de alto potencial poluidor, foi concebido, no final do século passado, o modelo de desenvolvimento sustentável (WANG; LEE; ZHANG; CHEN, 2018).

*Pari passu*, maioria dos países, desde então, vem reconhecendo a validade e relevância do modelo, estabelecendo marcos legais ambientais e fiscalizando a sua aplicação. Diversos estudos evidenciaram as atividades humanas com seus respectivos impactos ambientais, tanto em extensão, como intensidade. As atividades, relacionadas à manufatura, nesta perspectiva, tem se destacado, atraindo, portanto, as atenções, tanto dos órgãos reguladores, como da mídia e sociedade em geral. Como resultado da referida repercussão criou-se um ambiente de expectativa na adoção de ações, por parte do complexo industrial, para minimizar o impacto ambiental decorrente de sua atividade operacional (OLIVEIRA et al, 2017). De forma majoritária, é possível afirmar que esta expectativa foi frustrada e por um motivo principal – os valores envolvidos, tanto para a realização de investimentos para prevenir o já referido impacto ambiental, seja em bens de capital, como renovação do parque fabril, alterações na infraestrutura, obras civis, ou em revisão do próprio modelo de negócios, com ajustes de processos, especialmente os de manufatura, como, também, de valores para a manutenção dos investimentos ambientais, ou seja, custos e despesas incorridas (JASCH, 2006).

A lógica subjacente à resistência e comportamento refratário de gestores organizacionais, para realizar os investimentos em estruturas para prevenir os impactos ambientais, deve se à preocupação quanto ao impacto de desembolsos realizados, sobre o resultado econômico da entidade, além da reconfiguração das contas patrimoniais, com redução proporcional representativa, de contas relativas à atividade operacional ou atividade-fim (DURAIRAJ et al, 2002). A preocupação se justifica, na medida que se evidencia, na competição entre os agentes econômicos, a assimetria informacional e heterogeneidade de atores econômicos que competem, de forma cada vez mais acirrada, no mercado.

A mencionada heterogeneidade cria um ambiente caracterizado de condições de competição desigual, favorecendo mais uns do que outros. Aquelas organizações que decidem, deliberadamente, em apostar na assimetria informacional, optando racionalmente em não realizar os investimentos ambientais preconizados pelas determinações legais, deixam de desembolsar valores correspondentes ao investimento, bem como de seu custeio para a manutenção destes. Com maior disponibilidade de recursos financeiros, estas organizações denotam maior capacidade para investir em atividade-fim, podendo, ao menos, temporariamente, assumir a liderança na competição no mercado. Trata-se, literalmente, de uma aposta arriscada, visto que a empresa poderá sofrer sanções legais, se flagrada na operação irregular, à vista dos preceitos legais (FAHY, 2002).

No entanto, com o avanço científico e tecnológico, notadamente nas últimas décadas, as decisões de adoção de subterfúgios e de descumprimento de medidas legais previstas, não mais se justifica, ao menos, não na maioria das atividades industriais e em organizações de porte médio e grande, segundo as classificações mais recorrentes, como a do SEBRAE e do IBGE. Diversas tecnologias que foram concebidas recentemente, especialmente as da indústria 4.0, tem evidenciado funcionalidades que mesmo não orientadas, na sua origem, para a prevenção de impactos ambientais, facultam a sua adaptação para esta finalidade. Vale destacar, entretanto, que inexistem investimentos em bens de capital ou custeio para a sua manutenção, mesmo com tecnologia embarcada, sem valores envolvidos (TRSTENJAK; COSIC, 2017).

Por esse motivo, com o objetivo de subsidiar o processo decisório organizacional, seja relacionado à atividade fim ou para atividades relacionadas com a mesma, como é o caso de investimentos ambientais, recomenda-se adotar sistema de registros de valores envolvidos. É possível afirmar que existe consenso acerca do método mais adequado para a realização sistemática de registros de atos organizacionais, que é o sistema contábil. Concebido na metade do milênio passado e aperfeiçoado ao longo dos séculos, o sistema contábil provê todas as informações de que o gestor organizacional necessita para visualizar a situação patrimonial de uma entidade, bem como monitorar o resultado econômico gerado, pelo

acompanhamento e gerenciamento de receitas, custos e despesas (CAMPOS, 1996).

Desta forma, nada mais racional e lógico, do que adaptar o sistema contábil, para a evidenciação de valores envolvidos com o investimento ambiental, tanto em bens de capital, como seu custeio. Destarte, surge a contabilidade ambiental, com um plano de contas adaptado à temática abordada, com a atenção especial para os custos ambientais, os quais, de forma simplificada, podem ser definidos como custos incorridos, que visam a operacionalização e manutenção de atividades para a prevenção de impactos ambientais (DIEPENDAAL; WALLE, 1994).

Considerando a escassez de pesquisas acerca da adoção de tecnologias da indústria 4.0 com o intuito de mitigar os custos ambientais, nas organizações industriais, evidenciado por apenas 11 trabalhos publicados sobre o tema, em revistas indexadas na plataforma SCOPUS, nos últimos 5 anos, justifica-se a realização deste estudo analítico reflexivo, em formato de ensaio teórico. O objetivo deste trabalho é o de discutir alternativas de adoção das referidas tecnologias no ambiente industrial, para viabilizar o controle e, conseqüente, mitigação de custos ambientais.

Para tanto foi realizada a revisão teórica inicial de temas como Custos Ambientais, a Importância da Inovação para a Estratégia da Produção e Tecnologias da Indústria 4.0, mediada pelas ferramentas como Design Thinking e Cooper's Stage Gate. Na sequência está detalhado o procedimento metodológico adotado, a abordagem hermenêutica e interpretativa. Considerações finais e referências de obras consultadas para a elaboração do trabalho encerram este texto.

## **2. CUSTOS AMBIENTAIS**

Na medida em que a preocupação, com a crescente degradação ambiental, aumentava, sendo evidenciada pela publicização midiática com base em resultados de pesquisas científicas, a sociedade se organizava para pressionar os órgãos reguladores da administração pública para agir e alterar o cenário que se desenhava. Em resposta ao clamor da sociedade, potencializado por diversos desastres ambientais os representantes da maioria dos países civilizados

promoveram encontros para discutir o novo formato de desenvolvimento econômico, que deveria atender, também, as dimensões social e ambiental. Os encontros resultaram em diversos acordos, estabelecimento de metas e objetivos, a serem alcançados por países associados/ representados, nos referidos encontros internacionais que tinham o tema ambiental como foco central de discussão (BAUMGARTNER; RAUTER, 2017).

Além de acordos internacionais sobre as medidas a serem adotadas pelos governos de países partícipes dos encontros, foi possível constatar uma crescente sensibilização da sociedade em relação ao modelo de desenvolvimento sustentável. A referida sensibilização, na maioria dos países se converteu em mobilizações de caráter político/ ideológico, que facultou a concepção de ambiente propício para discussões e deliberações legislativas. Desta forma foi se constituindo um robusto corpo de legislação ambiental, que passou a nortear a vida tanto do cidadão comum, como das organizações públicas e privadas, com o intuito de reverter o processo de degradação ambiental, em curso. Um a um, maioria dos países civilizados foi criando legislação ambiental e constituindo órgãos encarregados de supervisionar o seu cumprimento (DURAIRAJ et al, 2002).

Vale destacar, no entanto, que este processo, que iniciou na segunda metade do século passado, não ocorreu de forma pacífica e sem contratemplos, notadamente junto às organizações, sejam elas privadas, em especial das indústrias e agricultura, ou públicas, como prefeituras municipais. Como pano de fundo da contrariedade evidenciada pelos atores econômicos citados, não está a ideologia favorável à redução do impacto ambiental, subjacente ao cipoal conceitual e legislativo, mas os investimentos, custos e despesas que se fazem mister, para atender à letra da lei (KAEBERNICK et al, 2003).

A reação inicial dos atores econômicos privados, especialmente de seus acionistas e financiadores externos, como instituições financeiras e fornecedores, foi a preocupação com a redução de disponibilidade financeira, que os investimentos, para prevenir ou reduzir os impactos ambientais, exigiriam. Na sequência, a referida preocupação migrou para o montante fixo mensal/ anual, de custos e despesas, das medidas demandadas para atender a legislação ambiental, visto que se trataria de valores que representariam, a rigor, uma redução

do resultado econômico das organizações. Dependendo da referida redução do resultado econômico, as ações da organização poderiam perder, inclusive, a atratividade no mercado de capitais, provocando a descapitalização da empresa, bem como impactos negativos na capacidade de captação de recursos junto às instituições financeiras e compras a prazo, junto aos fornecedores (JASCH, 2006).

Para fazer frente ao desafio posto, de adequar as estruturas organizacionais para atender a legislação ambiental, sem colocar em risco a operação, surgiu a necessidade de realizar uma identificação de todos os valores envolvidos para criar estruturas permanentes ou temporárias, exigidas para alcançar o referido objetivo. Assim surgiu a contabilidade ambiental, uma extensão/ ampliação da contabilidade tradicional, com vistas ao registro sistemático de todos os investimentos, custos e despesas, ambientais, ou seja, que visam restringir, prevenir ou reduzir os riscos ambientais, decorrente ou inerente à atividade fim da organização.

Nesta perspectiva os custos ambientais podem ser definidos como custos incorridos durante a operação da organização, para prevenir os riscos ambientais decorrentes ou vinculados às atividades executadas, para alcançar os objetivos organizacionais, bem como minimizar os impactos ambientais, já evidenciados, ou potenciais (JASCH, 2006). Os custos ambientais podem ser de natureza interna (conjunto de atividades executadas no âmbito interno da organização) ou externa (modais logísticos de aquisição ou distribuição, disposição inadequada dos produtos após encerrada a sua vida útil, de embalagens, inadequação do reuso ou imperícia na manipulação de produtos, pelos consumidores finais, entre outros).

Considerando a natureza distinta dos custos ambientais, diversos estudos realizados sobre o tema propuseram classificações ou modelos de classifica-los. Um dos estudos pioneiros foi o de Diependaal e Walle (1994) que propõe cinco categorias de custos ambientais, a saber: (i) custos de prevenção; (ii) custos de correção integrada ao processo; (iii) custos de correção dos efeitos do processo; (iv) custos das falhas internas e (v) custos das falhas externas.

Dois anos depois, Campos (1996) corroborando e visando aperfeiçoar o modelo proposto, sugeriu três classificações: (i) custo de adequação; (ii) custos das falhas de adequação e (iii) custos tratados

como externalidades. Para verificar, alocar e avaliar os custos ambientais, Regatschnig e Schnitzer (1998) propuseram seis etapas: (i) criar definições; (ii) instalar uma equipe de custos ambientais; (iii) classificar os custos ambientais no tocante ao tratamento, eliminação, pessoas envolvidas, serviços de terceiros, valores para o licenciamento das operações, perdas representadas pelos resíduos, depreciação, manutenção, custos financeiros decorrentes de investimentos realizados e valoração dos riscos vinculados; (iv) mapeamento de todas as atividades operacionais, de custos envolvidos e receitas potenciais; (v) analisar os custos e potenciais receitas por unidade de negócios ou por processos e (vi) integrar os registros dos custos e receitas ambientais dentro do sistema geral contábil da organização.

O ciclo de vida norteou o modelo proposto por Durairaj et al. (2002) que resultou na indicação de oito categorias de custos ambientais: (i) custo do controle de efluentes; (ii) custo de tratamento de efluentes; (iii) custo de eliminação de efluentes; (iv) custo de implementação do sistema de gestão ambiental; (v) custo de taxas ambientais; (vi) custos de reabilitação; (vii) custos com energia e (viii) economia de custos decorrente de reciclagem e reutilização. No mesmo ano Kraemer (2002), a partir do foco direcionado para a identificação e mensuração de custos ambientais, de forma mais ampla, sugeriu a realização do diagnóstico ambiental preliminar, cujos resultados devem orientar os esforços despendidos para o mapeamento de processos e atividades empresariais, identificação dos aspectos e impactos ambientais, determinação do custo dos processos e atividades empresariais com ênfase nos ambientais. Em paralelo autor sugere a estruturação das perspectivas ambientais e adoção do BSC ambiental. Por fim recomenda-se a realização da análise estratégica ambiental de custo-benefício e proposição de inovação e melhoria.

Alguns anos após, Jasch (2006) concebeu uma tabela que cruzava as categorias ambientais (ar/atmosfera, águas residuais, águas subterrâneas, resíduos, gestão ambiental), com as categorias de custos e despesas (custo com tratamento de emissões e resíduos, custo com prevenção e gestão ambiental, valor de compra dos materiais de saída de não-produto, custos de processamento da saída do não-produto), com previsão de receitas ambientais, como prêmios e

subsídios, bem como de outros ganhos. Metodologia para avaliação de impactos e custos ambientais em processos industriais foi concebida no mesmo período por Silva e Amaral (2006) orientando-se pelo modelo proposto por Jasch (2006), sendo constituída por três fases: (i) pré-análise; (ii) análise e (iii) pós-análise. A fase de pré-análise compreende formação de equipes de apoio, preenchimento do QPA e definições estruturantes. A fase de análise consiste de mapeamento do processo, obtenção do inventário, avaliação ambiental, avaliação econômica e interpretação dos resultados. E, finalmente, a fase pós-análise que é representada por geração de cenários e plano de ação.

### **3. A ESTRATÉGIA DE PRODUÇÃO E INDÚSTRIA 4.0**

Diferentes autores destacam a importância da tecnologia e da pesquisa e desenvolvimento. Neste sentido pode ser considerada como precursora a corrente teórica baseada em Teoria da Firma - a RBV-*Resource-based View*, que teve início nas idéias de Penrose (1959) e destacou a importância dos recursos nas organizações. A partir do texto de Wernerfelt (1984) a RBV teve ampliada a sua utilização para explicar diferenças e vantagens competitivas entre as firmas. Um recurso, dentro da linha conceitual da RBV, é qualquer coisa (tangível ou intangível) que possa ser uma força ou fraqueza de uma firma. O conjunto dos recursos da firma, quanto a sua especificidade, raridade e dificuldade de substituição poderá constituir uma barreira para a entrada de concorrentes.

Fahy (2002) também demonstrou a importância dos recursos da firma comprovando, entre outras, a hipótese de que recursos específicos da firma são percebidos como uma fonte de vantagem competitiva sustentável mais importante no ambiente global do que recursos específicos do país por terem maiores barreiras de duplicação e ambigüidade causal, dificultando a concorrência. Barney (1991) classifica os recursos em três categorias: recursos de capital físico, recursos de capital humano e recursos de capital organizacional.

Kotha (1989) afirmou que apesar do link entre estratégia de negócios e a manufatura, os sistemas de manufatura eram também altamente direcionados por necessidades operacionais e oportunidades técnicas. Fatores associados à produção influenciam a inovação

e o desenvolvimento tecnológico como também afetam a demanda do mercado alterando preços e agregando valor aos produtos e os mais importantes foram destacados por Rosenberg (1982): as mudanças no processo de produção ou *design* que tornam a inovação ou mudanças associadas necessárias ou viáveis, falhas de qualidade ou deterioração, alto custo, problemas e ineficiência e a compra de novos equipamentos, incluindo a substituição de equipamentos antigos.

A pesquisa realizada pelo Vollmann et al (1992) comprovou que selecionar e adotar uma tecnologia incorreta pode dificultar a sobrevivência da organização e novas tecnologias podem até mesmo criar novas indústrias o que não significa que tecnologias conhecidas não tenham papel relevante na indústria. Esta comprovação foi reforçada pelos estudos de Roth, Giffi e Seal (1992) que destacam a tecnologia como um dos componentes do *framework* de operações e sugerem o desenvolvimento tecnológico baseado na visão de requisitos de competitividade futuros; identificação de vantagens competitivas que a tecnologia pode criar e desenvolvimento de uma nova base de conhecimento vinculada ao planejamento cuidadoso da evolução da tecnologia de forma consistente com a infra-estrutura.

Para Hayes et al (2005) a estratégia de capacidade interage com a gestão das operações. A capacidade real de operações é afetada por oito fatores: é baseada na tecnologia, depende da interação de restrições dos recursos, é dependente do mix de produtos/serviços, algumas vezes somente ela pode ser armazenada, depende de políticas de gestão, é dinâmica, é específica da localidade e é afetada pelo grau de variabilidade da demanda e tempo de processamento. Sonntag (2002) afirma que entender o processo de mudança tecnológica aumenta oportunidades e reduz riscos. Além disso, a tecnologia permite à organização desenvolver novas formas de atingir os resultados pela reorganização de seus processos.

Para Roblek (2016), a tecnologia pode ser representada nas três categorias, alguns exemplos são: na categoria física, por máquinas, projetos e desenhos técnicos; na categoria humana, pelas habilidades e conhecimentos dos colaboradores e na categoria organizacional, pelos sistemas de produção e procedimentos da qualidade. Tidd, Bessant e Pavitt (2005) afirmam que mudanças rápidas na tecnologia implicam na necessidade de avaliar a combinação da tecnologia

gerada internamente com aquisições externas para que não se fique para trás tecnologicamente.

Conhecida, também, como a Quarta Revolução Industrial, a Indústria 4.0 representa um conjunto de tecnologias digitais emergentes e inovadoras, propostas para alterar radicalmente as formas de operar das indústrias tradicionais. Em menos de dez anos (o termo foi cunhado originalmente por técnicos e engenheiros alemães em 2011, na Feira de Hannover) a referida ideia obteve maciça adesão da maioria das organizações industriais no planeta, bem como se tornou um frequente objeto de investigação no ambiente acadêmico (ROBLEK et al., 2016; YAO et al., 2017). As áreas, no ambiente operacional, que foram priorizadas, tanto para estudos, como aplicação das referidas tecnologias, foram a comunicação máquina-máquina, a integração e automação de sistemas de manufatura, baseadas em inteligência artificial e repositórios de conhecimento e orientação para serviços, por meio de processamento de dados na nuvem, para orientar o fluxo operacional, de forma autônoma (WANG et al, 2018).

A integração do sistema de manufatura na nuvem faculta, segundo Oliveira et al. (2017) a auto organização, por meio de ferramentas de inteligência artificial, de um número de indústrias complementares, que se relacionam intra-cadeia, em relações de subcontratação. A partir de dados fornecidos por cada uma das empresas, armazenadas na nuvem, o sistema, de forma autônoma, vincula as indústrias, de acordo com o perfil do seu parque fabril, evidencia a ocupação da planta (ou ociosidade momentânea), distância geográfica (logística), especialização, entre outros, promovendo a otimização da capacidade produtiva intra-cadeia.

Para promover a bem-sucedida integração da indústria 4.0 dentro do sistema tradicional da manufatura, é recomendado que haja uma preparação prévia, com base na adoção de requisição de materiais no software MRERP (*materials requirements enterprise resource planning*) e do sistema de planejamento de produção e controle da manufatura inteligente (PPCSMS) suportado pelo sistema cibernético e físico (IoT) orientado para os controles de máquinas e coleta de dados, otimização e controle de sistemas baseado no banco de dados apropriado (big data), preferencialmente com processamento na nuvem (TRSTENJAK; COSI, 2017).

*Big Data* armazena volume muito elevado e variado de dados, que são processados em alta velocidade, o que dificilmente poderia ser realizado de forma tradicional (WANG et al., 2016). Por meio de *Big Data* as tecnologias da indústria 4.0 extraem dados de vários formatos, com o intuito de processá-los e fornecer informações que possam ser utilizadas para a tomada de decisão, em uma ampla variedade de situações (ZHOU et al., 2015). O processo decisório respaldado em informações oriundas do Big Data resulta, na maioria das vezes, em menos erros, bem como aumenta a capacidade de interpretar cenários altamente complexos (KANG et al., 2016).

Já a internet das coisas habilita uma ampla diversidade de objetos a interagir, gerar dados e cooperar (sensores/ RFID, gadgets diversos, smartphones, etc.) apoiando-se nas tecnologias de comunicação móvel, Wi-fi e Bluetooth, bem como facilita a conexão entre máquinas e ser humano (OSMONBEKOV; JOHNSTON, 2018). A expectativa é de expansão rápida das tecnologias baseadas na IoT, devido à redução gradativa e significativa dos custos de sensores, que integram a referida tecnologia.

Diversos estudos já foram realizados com o referido intuito, ou seja, de evidenciar as possibilidades das tecnologias da indústria 4.0 em contribuir para a sustentabilidade, especialmente para as práticas estruturantes da economia circular (ZHONG ET. AL., 2017; FATORACHIAN; KAZEMI, 2018). Hofmann e Rüsçh (2017) argumentaram que a crescente adoção de automação industrial e logística reversa, baseadas em benefícios proporcionados, com destaque para a redução de custos, já evidencia o potencial de contribuição das tecnologias da indústria 4.0 para tornar as organizações sustentáveis. A constatação similar fizeram os pesquisadores Oliveira et al (2017) ao perceber os benefícios para a redução do impacto ambiental, após a combinação do modelo de *Smart Factory*, e a integração de sistemas físicos com os virtuais com as práticas de Análise de Ciclo de Vida do Produto e Ecodesign. Esta percepção encontra respaldo na afirmação de Moeuf et al (2018): "... a adoção da indústria 4.0 facilita a adoção de práticas verdes, que resultam em produtos sustentáveis, que não prejudicam o meio ambiente".

Nesta perspectiva, a área de operações precisa ser pensada de forma sistêmica, orgânica e holística, que é a proposta da abordagem

*Design Thinking*. Dunne e Martin (2006) definem o *Design Thinking* como um modelo mental baseado em lógica abdutiva que faculta desvincular-se da forma de pensar cartesiano e desenvolver uma reflexão mais abrangente, estimulando a criatividade na interpretação e resolução de problemas. Por fim, os resultados são generalizados por meio da indução, a partir das especificidades do(s) caso(s) estudado(s) (DUNNE; MARTIN, 2006). A abordagem *Design Thinking* foi objeto de análise de Vianna et al (2012) que sugeriu três macro etapas para a sua operacionalização, a saber, (i) Imersão, (ii) Ideação e (iii) Prototipação. A etapa da Imersão compreende uma série de atividades que se destinam a explorar o contexto da situação problema, com o objetivo de facultar a sua compreensão e a identificação da maioria das variáveis e fatores com os quais mantém vínculo (DUNNE; MARTIN, 2006; PINHEIRO; ALT, 2011).

Julga-se inerente a esta etapa a intensa interação com todos os envolvidos e interessados na resolução do problema (*stakeholders*). Na etapa de Ideação estimula-se a geração de ideias criativas para a resolução do(s) problema(s). Por suas características recomenda-se a participação de equipes multidisciplinares, haja vista que os problemas organizacionais evidenciam a referida complexidade, decorrente de uma combinação de diferentes áreas de conhecimento, competências e habilidades (DUNNE; MARTIN, 2006; PINHEIRO; ALT, 2011).

Nesse sentido, emerge uma das complexidades da técnica, pois indivíduos discordam entre si por compreender fatos diferentes, processando os fatos e informações, racionalmente (ou não) de forma diferente (DUNNE; MARTIN, 2006; VIANNA et al., 2012). Destarte, a referida abordagem pode contribuir para repensar o processo de manufatura que, apoiada pelas tecnologias apropriadas e viáveis (sob a perspectiva de análise de viabilidade técnica e econômica), poderá ser alterada para alcançar a sustentabilidade ambiental.

#### **4. METODOLOGIA**

Este trabalho foi construído com o intuito de refletir acerca do potencial de redução de custos operacionais, a partir da adoção de tecnologias da Indústria 4.0, com a utilização de duas abordagens: (i) Design Thinking e (ii) Cooper's Stage-Gate. A reflexão subjacente

refere-se ao paradigma dominante da área de Produção e Operações nas organizações, que remete à priorização do fluxo operacional, sincronização de tarefas, procedimentos e processos operacionais, com evidentes vantagens quando adotadas as duas abordagens citadas, para interpretar o universo organizacional (BROWN; DUGUID, 2001; KAPLAN; NORTON, 2004; BAUMGARTNER; RAUTER, 2017).

Considerando o ambiente de mercado cada vez mais complexo e multifacetado, decorrente de múltiplas variáveis presentes no ambiente externo à organização, bem como da variedade de interações identificadas entre os mais diversos elementos que compõem o ambiente interno da organização, com destaque para as pessoas, é possível afirmar que qualquer tipo de abordagem que visa simplificar a realidade, pode resultar em decisões equivocadas, que não contemplam a maioria das variáveis relevantes (HABERMAS, 2000; WEICK, 1995; GUBRIUM; HOLSTEIN, 2000). Esta situação pode representar riscos à organização, notadamente em relação à sustentabilidade nas suas três dimensões – social, ambiental e econômica (KAEBERNICK; KARA; SUN, 2003; RUSINKO, 2008; DEIF, 2011).

Nesta perspectiva a adoção do Design Thinking e Cooper's Stage-Gate para analisar as possíveis contribuições das tecnologias da Indústria 4.0, de forma a contribuir para a otimização dos recursos alocados, redução de perdas na produção e, conseqüentemente, de gestão de custos, pode ser considerada pertinente e adequada, devido à sua característica central, que consiste na inclusão da maioria das pessoas em atividades que visam a identificação de detalhes de procedimentos operacionais, por meio de um conjunto de técnicas que facultam a imersão situacional e contextual (BROWN, 2010; BONINI; SBRAGIA, 2011; LEAVY, 2010). O estímulo à criatividade, inerente da abordagem, convida o participante a “sair fora da caixa” e usar de pensamento divergente, contrariando o “status quo” e possibilita perceber nuances e detalhes que foram internalizados e naturalizados dentro da rotina operacional, facultando surgimento de novas alternativas de reduzir o impacto ambiental.

Por esse motivo a opção do percurso metodológico foi pela abordagem hermenêutica e método interpretativo, por situar este trabalho dentro do campo das ciências sociais, de acordo com a proposta de investigação apresentada. A hermenêutica, como abor-

dagem de investigação científica, foi concebida, originalmente, para interpretar os textos sagrados, clássicos e jurídicos, com o intuito de promover uma reflexão teórico metodológica (DOMINGUES, 2004). O seu surgimento é atribuído ao filósofo Wilhelm Dilthey, no ano 1900, com aportes teóricos relevantes de autores como Weber (1979), Mannheim (1974), Heidegger (1999), Hekman (1990) e Habermas (2000).

A abordagem hermenêutica é considerada como mais adequada para a análise de fenômenos sociais e culturais e consiste na interpretação das visões de mundo, em determinados recortes temporais, históricos e contextuais (WEBER, 1979; MANNHEIM, 1974; HEIDEGGER, 1999; HEKMAN, 1990; HABERMAS, 2000; DOMINGUES, 2004; VIEIRA; RIVERA, 2012). Os pressupostos axiológicos do método interpretativo, que surgiu em oposição ao positivismo que representava, até a metade do século passado, o paradigma dominante, na investigação científica, fundamentam-se na afirmação de que os seres humanos constroem múltiplas e diferentes realidades, que variam tanto de acordo com suas especificidades como dependem da “lente teórica”, concebida ex-ante, pelo pesquisador (GUBRIUM; HOLSTEIN, 2000; GILSTRAP, 2007).

O eixo estruturante deste trabalho consiste na identificação de aspectos centrais que são discutidos por autores dos três temas, a saber, Custos, Gestão de Operações (Cooper’s Stage-Gate), Design Thinking e Indústria 4.0, promovendo o diálogo entre eles e apontando possíveis convergências ou divergências, refletindo acerca da pertinência da adoção do Design Thinking e Cooper’s Stage-Gate para a identificação e análise das tecnologias da Indústria 4.0.

A escolha dos autores selecionados para participar do debate ocorreu com base no critério da contribuição oferecida de cada um deles dentro de seus respectivos campos de investigação, procurando combinar os textos seminais com os mais recentes, considerando os referidos temas. Para a pesquisa optou-se por livros e por periódicos que compõem a base SCIELO e SCOPUS, limitada ao período de cinco anos, de 2014 a 2018. Na base SCOPUS foi utilizado o filtro das áreas de conhecimento, optando-se por *Environmental Science, Engineering e Business, Management and Accounting*. Esta busca foi realizada entre 20 de Agosto a 15 de Novembro de 2018.

Os textos foram lidos na íntegra e submetidos à análise interpretativa dos autores da pesquisa, considerando as recomendações da abordagem hermenêutica qualitativa, procurando situá-los contextualmente e historicamente, facultando a identificação de aspectos que podem respaldar a hipótese estruturante deste trabalho, que é a recomendação da adoção de Design Thinking e Cooper's Stage-Gate no processo de identificação e análise de tecnologias da Indústria 4.0, para a redução de custos operacionais.

## 5. ANÁLISE REFLEXIVA

A operação industrial fundamenta-se em planejamento detalhado de processos, que consomem recursos, para facultar a execução de todas as atividades necessárias, que resultam em produto acabado. Estes recursos são os insumos, as horas de máquinas, horas de pessoas, envolvidas na execução de tarefas, de forma direta, e, de forma indireta, todo o conjunto de custos e despesas incorridas, para o custeio do locus, que pode ser representado por custo do metro quadrado ocupado, para realizar a operação (KAEBERNICK et al, 2003).

O quantum de recursos consumidos, em cada uma das atividades fabris previstas, dependerá de uma extensa lista de variáveis e fatores, a começar pelo tipo de produto fabricado, passando pelo modelo de negócios adotado (internalização plena, terceirização parcial ou total), design do produto e de embalagens (tanto final, como destinada ao transporte), intensiva de mão-de-obra ou tecnologia embarcada, entre outros. Cada decisão deliberada implicará em configurações distintas de conjuntos de recursos consumidos no processo produtivo, modelando os custos, diretos, indiretos e despesas (JASCH, 2006).

A competitividade dos atores econômicos que compõem o nicho específico do mercado de atuação da organização, também influenciam o processo decisório organizacional no tocante à escolha do modelo de negócios e, conseqüentemente, de custos e despesas incorridas. A escala de produção, que dependerá de sua capacidade de interação com o mercado de consumo, tanto intermediário, como final, implicará em alocação de valores de custos e despesas fixas, por unidade fabricada, contribuindo para aumentar ou reduzir a

capacidade competitiva organizacional (KAPLAN; NORTON, 2004).

De forma similar, o potencial risco ambiental das atividades operacionais realizadas, para completar o ciclo de vida do produto, desde a sua concepção até a sua disposição ambientalmente correta, englobando todas as atividades e recursos consumidos, também contribuirá para definir o montante de custos e despesas incorridas. Importante destacar, e dimensionar, também, os custos de oportunidade, decorrentes de investimentos ambientais realizados, representados por aquisição de máquinas e equipamentos, obras civis, instalações, entre outros, preconizados em normas legais que versam sobre cada uma das atividades industriais (OLIVEIRA et al, 2017).

Nesta perspectiva a adoção de determinadas tecnologias da indústria 4.0 se faz mister, em virtude de extinção ou, no mínimo, redução significativa, de atividades e tarefas, executadas por pessoas ou conjunto de equipamentos analógicos, não programáveis, sem dispositivos tecnológicos redundantes, que podem neutralizar atos falhos, intencionais ou não. A capacidade de tecnologias digitais, em reproduzir movimentos e operações, repetidas vezes, sem falhar, assegura um padrão fixo de funcionamento, previsibilidade e predição de eventos operacionais e de impactos ambientais (OSMONBEKOV; JOHNSTON, 2018).

A definição de padrões, para os processos industriais, reprodutíveis sequencialmente e com número predeterminado de operações, em face de fadiga e desgaste de componentes e peças de máquinas e equipamentos, previamente identificada e validada, facultando a manutenção preditiva (ao invés de reativa ou preventiva), evidencia possibilidades reais de intervenção em processos potencialmente poluidores, modelando-os e adequando aos parâmetros legais exigidos. Desta forma os custos e despesas ambientais, relacionadas a falhas em monitoramento de emissões atmosféricas, de caracterização e tratamento de efluentes líquidos e das etapas do processo produtivo que resultam na geração e, conseqüentemente, necessidade de classificação, triagem e disposição adequada de resíduos sólidos industriais, poderão ser reconhecidos, gerenciados e controlados (ROBLEK et al, 2016).

As tecnologias da indústria 4.0, com destaque para o sensoriamento, migração e compartilhamento dos dados na nuvem, a

internet das coisas, comunicação máquina a máquina, facultando o autoajuste de operações industriais programadas, transmissão de informações em tempo real, para a base informatizada, com alertas visuais e sonoros de falhas potenciais, ou de riscos iminentes de sinistros ambientalmente graves, contribuirão para a concepção de modelos de gestão da produção, bem como para a redução de custos ambientais relacionados (TRSTENJAK; COSIC, 2017). A literatura científica que versa sobre o tema em tela evidenciou que os valores de passivos ocultos, de riscos ambientais potenciais, que poderiam motivar a interrupção de atividades operacionais, ocupam as primeiras posições do ranking de preocupações de gestores organizacionais e de principais stakeholders envolvidos com a organização. Para prevenir a constituição de referidos passivos é recomendável um ambiente organizacional controlado e previsível, tanto em relação a atividades e operações executadas, bem como de recursos consumidos por elas (WANG et al, 2018).

Por esse motivo é possível entender que a adoção das tecnologias da indústria 4.0 poderá propiciar não apenas a organização e controle de operações industriais, mas, também criar um ambiente favorável para o reconhecimento, gerenciamento e controle de custos e despesas incorridas, inerentes a atividades e processos que visam a mitigação de impactos ambientais. Entretanto, o reconhecimento acerca da pertinência da adoção das tecnologias da indústria 4.0 é insuficiente, sendo necessário conceber um processo analítico com o conjunto de critérios e procedimentos pré-definidos, que facultem a identificação de quais tecnologias apresentam a relação custo benefício favorável (WANG et al, 2016). A conotação do termo “favorável” refere-se à viabilidade técnica e econômica, que resultará em benefícios superiores aos custos incorridos (inclusive os custos oportunidade do desembolso pelo investimento em bens de capital, obras civis, instalações, etc.).

Nesta perspectiva vale refletir acerca das características que um processo decisório consistente deve apresentar, no âmbito organizacional: (i) ampla participação de colaboradores de todos os níveis hierárquicos e setores organizacionais (Design Thinking); (ii) estímulo à ideação e inovação organizacional (produtos, processos, comunicação e estratégias), conforme preconizam Design

Thinking e Cooper's Stage-Gate; (iii) teste de ideias (prototipagem e piloto) para validação e seleção de projetos com a melhor relação custo x benefício – de acordo com o preconizado pela ferramenta Cooper's Stage-Gate; (iv) orçamento pré-definido (Design Thinking e Cooper's Stage-Gate); (v) controle e monitoramento de resultados pós implantação (equivalente ao lançamento do produto no mercado no modelo Cooper's Stage Gate); (vi) revisão e ajustes do projeto de adoção e operacionalização das tecnologias da indústria 4.0 (se for julgado necessário, conforme os resultados obtidos – de acordo com a recomendação contida na metodologia de Design Thinking e Cooper's Stage-Gate).

A mediação do processo de identificação de tecnologias da indústria 4.0 para facultar a mitigação de custos ambientais, por meio de Design Thinking e Cooper's Stage-Gate, evidencia convergência com os modelos de mensuração propostos por Kraemer (2002) e Jasch (2006), ou seja, iniciando com o diagnóstico ambiental preliminar, cujos resultados devem orientar os esforços despendidos para o mapeamento de processos e atividades empresariais, identificação dos aspectos e impactos ambientais, determinação do custo dos processos e atividades empresariais com ênfase nos ambientais (Design Thinking). Já a atividade de estruturação das perspectivas ambientais e adoção do BSC ambiental apresenta convergência com as duas ferramentas sugeridas, a saber, Design Thinking e Cooper's Stage-Gate, da mesma forma como a realização da análise estratégica ambiental de custo-benefício e proposição de inovação e melhoria.

Já a proposta de Jasch (2006) de cruzar as categorias ambientais (ar/atmosfera, águas residuais, águas subterrâneas, resíduos, gestão ambiental), com as categorias de custos e despesas (custo com tratamento de emissões e resíduos, custo com prevenção e gestão ambiental, valor de compra dos materiais de saída de não-produto, custos de processamento da saída do não-produto), com previsão de receitas ambientais, como prêmios e subsídios, bem como de outros ganhos apresenta aderência ao modus operandi de Design Thinking.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O esgotamento do modelo de desenvolvimento econômico tradicional, por não contemplar os riscos ambientais, suscitou reflexões

acerca de novas alternativas e possibilidades de desenvolvimento sustentável. Diversos estudos indicaram caminhos possíveis e viáveis, induzindo à adoção de medidas legais restritivas à operação industrial na maioria dos países, notadamente naqueles setores econômicos que apresentavam maiores impactos ambientais.

De forma concomitante, os avanços científicos e tecnológicos propiciaram a oferta de tecnologias, métodos e ferramentas para apoiar os gestores no controle, monitoramento, tratamento e disposição de elementos oriundos dos processos de manufatura, com potencial risco ambiental. Na última década destacaram-se as tecnologias da indústria 4.0 que quando adotadas e operacionalizadas no ambiente industrial, automatizam controles, eliminam falhas de operação manual, detectam riscos e previnem sinistros, facultando a concepção de métodos de gestão ambiental eficaz e bem sucedida.

No entanto, apesar da disponibilidade crescente de alternativas, de cunho tecnológico, os gestores organizacionais, especialmente das indústrias, continuam evidenciando preocupação com os investimentos que se fazem necessários para a prevenção de riscos ambientais, bem como os custos e despesas incorridas, para a sua manutenção. Em muitos casos, percebe-se, inclusive, o comportamento refratário dos gestores ao cumprimento de leis ambientais em vigor, com base no receio de perda da competitividade.

Em virtude de escassez de trabalhos científicos que associam a adoção das tecnologias da indústria 4.0 para a mitigação de custos ambientais em processos de manufatura, foi construído este trabalho, em formato de ensaio teórico reflexivo, evidenciando aspectos e apontando alternativas que podem indicar novas formas de gerenciamento ambiental, com redução de custos, por meio de operacionalização das tecnologias da indústria 4.0.

## REFERÊNCIAS

BARNEY, J. Firm resources and sustained competitive advantage. *Journal of Management*, v.17, n.1, p.99-120, 1991.

BAUMGARTNER, Rupert J.; RAUTER, Romana. Strategic perspectives of corporate sustainability management to develop a sustainable organization. *Journal of Cleaner Production*, v. 140, p. 81-92, 2017.

BONINI, Luiz Alberto; SBAGIA, Roberto. O modelo de *design thinking* como indutor da inovação nas empresas: um estudo empírico. **Revista de Gestão e Projetos-GeP**, v. 2, n. 1, p. 03-25, 2011.

BROWN, Tim. **Design Thinking**: Uma metodologia poderosa para decretar o fim das velhas ideias. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

BROWN, John Seely; DUGUID, Paul. Knowledge and organization: A social-practice perspective. **Organization Science**; Mar/Apr 2001; 12, 2; ABI/INFORM Global pg. 198-213

CAMPOS, L. M. S. **Um estudo para definição e identificação de custos de qualidade ambiental**. 1996. 114f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina. 1996.

CHRISTENSEN, Jens Froslev. Corporate strategy and the management of innovation and technology. **Industrial and Corporate Change**, 2002. Volume 11, Number 2, pgs. 263-288.

DEIF, Ahmed M. A System Model for Green Manufacturing. **Journal of Cleaner Production**, v. 19, n. 14, p. 1553-1559, 2011.

DIEPENDAAL, M. J.; WALLE, F. B. A model for environmental costs for corporation (MEC). **Waste Management & Research**, v.12, p. 429-439, 1994.

DOMINGUES, Ivan. **Epistemologia das Ciências Humanas. Tomo 1: Positivismo e Hermenêutica**. São Paulo: Loyola, 2004.

DUNNE, David; MARTIN, Roger. Design Thinking and how it will change management education: an interview and discussion. **Academy of Management Learning & Education**, v. 5, n. 4, p. 512 – 523, 2006.

DURAIRAJ, S. K.; ONG, S. K.; NEE, A. Y. C.; TAN, R. B. H. Evaluation of life cycle cost analysis methodologies. **International Journal of Corporate Sustainability**, v.9, p. 30-39, 2002.

FAHY, J. A resource-based analysis of sustainable competitive advantage in a global environment. **International Business Review**, v.11, p. 57-78, 2002.

FATORACHIAN, H., KAZEMI, H. A critical investigation of Industry 4.0 in manufacturing: theoretical operationalisation framework. **Prod. Plan. Control** 29, 633e644. 2018.

GILSTRAP, Donald. L. Phenomenological reduction and emergent design: complementary methods for leadership narrative interpretation and metanarrative development. **International Journal of Qualitative Methods**, Edmonton, v. 6, n. 1, p. 95-113, Mar. 2007.

GUBRIUM, J. F.; HOLSTEIN, J. A. Analyzing interpretive practice. In: DENZIN, N. K.; LINCOLN, Y. S. (Ed.) **The Handbook of Qualitative Research**. Thousand Oaks, California: Sage Publications, 2000, p. 487-508.

HABERMAS, Jürgen. **La lógica de las ciencias sociales**. 3. ed. Madrid, Espanha: Tecnos, 2000.

HAYES, Robert H.; PISANO, Gary; UPTON, David; WHEELWRIGHT, Steven. **Operations, strategy, and technology: Pursuing the competitive edge**. New York: John Wiley & Sons, 2005.

HEIDEGGER, Martin. **Introducción a la filosofía**. Trad. de Manuel J. Redondo. Madrid: Ediciones Cátedra, 1999.

- HEKMAN, Susan J. **Hermenêutica e sociologia do conhecimento**. Lisboa: Edições 70, 1990.
- HOFMANN, E., RÜSCH, M. Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics. **Comput. Ind.** 89, 23–34. 2017
- JASCH, C. How to perform an environmental management cost assessment in one day. **Journal of Cleaner Production**, v.14, n. 14, p. 1194-1213, 2006.
- KAEBERNICK, H., KARA, S., SUN, M. Sustainable product development and manufacturing by considering environmental requirements. **Robotics and Computer Integrated Manufacturing**, 19, 461-468. 2003.
- KANG, H.S., LEE, J.Y., CHOI, S., KIM, H., PARK, J.H., SON, J.Y., KIM, B.H., NOH, S. DO. Smart manufacturing: past research, present findings, and future directions. **Int. J. Precis. Eng. Manuf. - Green Technol.** 3, 111e128. 2016. <https://doi.org/10.1007/s40684-016-0015-5>.
- KAPLAN, Robert e NORTON, David. (2004). **Mapas estratégicos : convertendo ativos intangíveis em resultados tangíveis**. Rio de Janeiro : Elsevier, 2004.
- KRAMER, Greg. Outsourcing R&D. **Appliance Manufacturer**; Aug 2002; 50, 8; pg. 60.
- LEAVY, Brian. Design Thinking-a new mental model of value innovation. **Strategy & Leadership**. v. 38, n. 3, p. 5-14, 2010.
- MANNHEIM, Karl. **Sociologia da cultura**. São Paulo, Perspectiva. 1974.
- MOEUF, A., PELLERIN, R., LAMOURI, S., TAMAYO-GIRALDO, S., BARBARAY, R. The industrial management of SMEs in the era of Industry 4.0. **Int. J. Prod. Res.** 56, 1118e1136. 2018. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1372647>.
- OLIVEIRA, Fábio; FRANÇA, Sérgio Luiz Braga; RANGEL, Luis Alberto Ducan. Challenges and opportunities in a circular economy for a local productive arrangement of furniture in Brazil. Resources. **Conservation & Recycling**. v. 135, p. 202-209, 2017.
- OSMONBEKOV, T. D., & JOHNSTON, W. J. Adoption of the Internet of Things technologies in business procurement: impact on organizational buying behavior. **Journal of Business and Industrial Marketing**, 33(6), 781-791. (2018). <https://doi.org/10.1108/JBIM-10-2015-0190>
- PENROSE, Edith. **The theory of the growth of the firm**. New York: Wiley, 1959.
- PINHEIRO, Tennyson; ALT, Luis. **Design Thinking Brasil: empatia, colaboração e experimentação para pessoas, negócios e sociedade**. 2011.
- REGATSNIG, H.D.; SCHNITZER, H. A techno-economic approach to link waste minimization technologies with the reduction of corporate environmental costs: effects on the resource and energy efficiency of production. **Journal of Cleaner Production**, v. 6, pp. 213-225, 1998.
- ROBLEK, Vasja; MEŠKO, Maja; KRAPEŽ, Alojz. A Complex View of Industry 4.0 **SAGE Open** v. 6, ed 2, p. 1–11, 2016.
- RUSINKO, C.A.: Towards more sustainable management systems: through life cycle management and integration. **Journal of Cleaner Production**, vol. 16, pp. 1071–1080, 2008.
- SILVA, P. R. S.; AMARAL, F. G. MAICAPI – Metodologia para avaliação de impactos e custos ambientais em processos industriais: estudo de caso. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 11, n. 3, p. 212-222, 2006.

TIDD, J.; BESSANT, J.; PAVITT, K. **Managing innovation: integrating technological, market and organizational change**. 3. ed. Chichester: John Wiley & Sons, Ltd, 2005.

TRSTENJAK, M., COSIC, P. Process planning in industry 4.0 environment. **Procedia Manuf.** 11, 1744e1750 (Elsevier). 2017

VIANNA, Maurício et al. **Design Thinking: Business innovation**. Rio de Janeiro: MJV Press, 2012.

VIEIRA, A. M.; RIVERA, D. P. B. A Hermenêutica no Campo Organizacional: duas possibilidades interpretativistas de pesquisa. **Revista Brasileira de Gestão de Negócios**, v. 14, n. 44, p. 261-273, 2012.

WANG, N., LEE, J.C.K., ZHANG, J., CHEN, H., LI, H. Evaluation of Urban circular economy development: an empirical research of 40 cities in China. **J. Clean. Prod.** 180, 876e887, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.01.089>.

WANG, S., WAN, J., ZHANG, D., LI, D., ZHANG, C. Towards smart factory for industry 4.0: a self-organized multi-agent system with big data based feedback and coordination. **Comput. Network.** 101, 158e168. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2015.12.017>.

WEBER, M. **Ensaios de sociologia**. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1979.

WEICK, Karl E. **Sensemaking in organization**. London: Sage, 1995.

WERNERFELT, B. A resource-based view of the firm. **Strategic Management Journal**, v.5, n.2, p. 171-180, 1984.

YAO, X., ZHOU, J., ZHANG, J., BOËR, C.R. From intelligent manufacturing to smart manufacturing for industry 4.0 driven by next generation artificial intelligence and further on. In: 2017 **5th International Conference on Enterprise Systems**, vols. 22e24. IEEE, Beijing, China. Sept. 2017.

ZHONG, R.Y., XU, X., KLOTZ, E., NEWMAN, S.T. **Intelligent manufacturing in the context of industry 4.0: a review**. *Engineering* 3, 616e630. 2017. <https://doi.org/10.1016/J.ENG.2017.05.015>.

ZHOU, K., LIU, T., ZHOU, L. August. Industry 4.0: towards future industrial opportunities and challenges. In: **Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD), 2015 12th International Conference on. IEEE**, pp. 2147–2152, 2015.

Recebido em: 17-10-2021

Aprovado em: 10-3-2022

Avaliado pelo sistema double blind review.

Disponível em <http://mjs.metodista.br/index.php/roc>