

ESTRATÉGIAS DE INTEGRAÇÃO DA ECONOMIA CIRCULAR NAS CADEIAS DE SUPRIMENTOS SUSTENTÁVEIS

Milton Augusto Barbosa
Instituto Federal de São Paulo
mbarbosa@ifsp.edu.br

Débora Zumkeller Sabonaro
Universidade Federal de Alfnas
dzsabonaro@email.com

RESUMO

Nas próximas décadas, as estratégias para integração dos pilares da Economia Circular (EC) nas Cadeias de Suprimentos Sustentáveis (CSS) será um tema relevante para as organizações atingirem os objetivos de sustentabilidade. Os profissionais designados a planejar estratégias de integração para a sustentabilidade, perguntarão como alcançar uma abrangência multidisciplinar aos processos das organizações. E, as questões a serem respondidas neste artigo são quais e como serão o planejamento das ações para conseguir atingir os objetivos nas CSS? Assim, este artigo vai conceituar o tema e demonstrar possíveis propostas de integração dos pilares de EC nas CSS utilizando de ferramentas e conceitos do tema. As repostas e resultados deste artigo eleva o conhecimento do tema e possibilita possíveis aplicações de economia circular nas organizações.

Palavras-chave: Cadeia de Suprimentos. Economia Circular. Estratégia. Integração. Sustentabilidade.

STRATEGIES FOR INTEGRATING THE CIRCULAR ECONOMY INTO SUSTAINABLE SUPPLY CHAINS

ABSTRACT

In the coming decades, strategies for integrating the pillars of the Circular Economy (CE) into Sustainable Supply Chains (CSS) will be a relevant topic for organizations to achieve sustainability objectives. The professionals assigned to plan the integration strategy for sustainability will ask how to achieve a multidisciplinary approach to the organizations' processes. And, the questions to be answered in this article are what and how will the actions be planned to achieve the objectives in the CSS? Therefore, this article will conceptualize the topic and demonstrate possible proposals for integrating the CE pillars into CSS using tools and concepts from the topic. The answers and results of this article increase knowledge of the topic and enable possible applications of circular economy in organizations.

Key words: Supply chain. Circular Economy. Strategy. Integration. Sustainability.

1. INTRODUÇÃO

O consumo crescente de produtos e serviços no planeta terra, indica uma tendência de escassez de alguns recursos utilizados nas cadeias de suprimentos para satisfazer as necessidades humanas futuras.

Os indicadores de sustentabilidade e impactos ambientais demonstram através de números um consumo desordenado de recursos naturais, consumo excessivo e poluição de água, consumo excessivo de energias não renováveis e poluidoras, contaminação e poluição de solo, produção excessiva dos bens de consumo e suas embalagens, excesso de uso de materiais não degradáveis e às vezes contaminantes, não reutilizáveis, não recicláveis e descartes incorretos dos produtos no final do ciclo de vida gerando as poluições no meio ambiente onde os seres vivos estão sofrendo as mais graves consequências de acordo com sua luta de combate aos efeitos que estão expostos.

As aplicações empíricas com resultados factíveis ainda são incipientes com casos isolados de controles de processos que geram economia e consequentemente reduzem os impactos negativos ambientais.

Dessa forma, o artigo apresenta os conceitos e uma metodologia de integração dos pilares da Economia Circular (EC) nas Cadeias de Suprimentos Sustentáveis.

As organizações podem utilizar a metodologia em suas cadeias, mapeando processos específicos e aplicando ações dos pilares da EC nas CSS.

A aplicação metodológica das ações pode auxiliar nas ações e propiciar alcançar os objetivos organizacionais de sustentabilidade.

2. CONCEITOS

A metodologia para conceituar Economia Circular (EC) e Cadeia de Suprimentos Sustentáveis (CSS) foi realizada uma coletânea bibliográfica, que segundo (VERGARA, 2009, p. 42) “é um estudo sistematizado desenvolvido com base em material publicado em livros, revistas, jornais, redes eletrônicas, isto é, material acessível ao público em geral. Fornece instrumental analítico para qualquer outro tipo de pesquisa, mas também pode-se esgotar em si mesma.”

2.1 ECONOMIA CIRCULAR

Segundo Bag (2022), a economia circular traz um conceito que permite a utilização otimizada de recursos para obter uma sustentabilidade futura.

“Uma economia circular é restauradora e regenerativa por design. Isso significa que os materiais fluem constantemente em um sistema de circuito fechado, em vez de serem usados uma vez e depois descartados.” (ARFELIS, 2022, p. 1)

“O aumento da competição econômica global e a crescente importância das questões ambientais forçam os fabricantes a considerar a implementação de cadeias de suprimentos de circuito fechado, garantindo a recuperação de produtos em fim de vida para reciclagem ou reutilização, porém estão sujeitos a muitas incertezas em seus fluxos, dadas as condições

variáveis dos produtos fim de vida.” (DELPLA, 2022, p. 1)

“No mundo da economia circular (EC), o design é uma ferramenta vital para transformar resíduos em riqueza, para aprimorar a reciclagem de materiais para novos produtos (por exemplo, design para modularidade, design para desmontagem, etc.”. (GHOREISHI, 2022, p.1)

“A desmontagem e remanufatura ainda é uma utopia e que sem ela a Economia Circular é deficiente e depende de eliminar as barreiras do pensamento do *design* de produto inicial e prever o final de vida do produto, da cultura das pessoas, da informação, do conhecimento, do custo e do uso de tecnologia futura para realidades futuras da E C. Segundo.” (CAPPELLETTI, 2022, p.1)

Dessa forma, muitas propostas do conceito de sustentabilidade e princípios 6Rs foram estudadas como base da alteração do modelo de produção linear para produção circular com objetivo de cumprir as metas futuras e não levar o planeta a um caos ambiental, e consequentemente social.

“O foco nos 6Rs, como Recuperar, Reutilizar, Remanufaturar, Reciclar, Redesenhar e Reduzir destaca as oportunidades disponíveis na transformação da economia linear para a economia circular, que melhora os direcionadores sociais, econômicos e ambientais da organização.” (MANAVALAN, 2019, p. 477)

A economia circular apresenta os princípios de destino do que é produzido e como é descartado, estende a vida útil do produto desde a concepção de criação, permite reparos e manutenções para nova forma de consumo, aumenta a reciclagem dos componentes e

materiais, otimizam os processos produtivos utilizando resíduos como recursos, utiliza água na forma consciente e utilização de energias renováveis, criando uma expectativa social de saúde e bem estar para a humanidade, otimizando resultados econômicos da empresa.

2.2 CADEIAS DE SUPRIMENTOS SUSTENTÁVEIS

O conceito básico de uma cadeia de suprimentos, adaptada de BALLOU, (2009), é considerar que a sua extensão é desde o primeiro fornecedor do fornecedor, com entradas e saídas da empresa foco, até o distribuidor e o último cliente final que utilizou o produto ou o serviço do segmento.

A cadeia de suprimentos sustentável consiste na gestão dos impactos ambientais das entradas de matéria prima, material auxiliar e recursos dos fornecedores, dos resíduos e subprodutos da operação na empresa, foco e dos resíduos, subprodutos e produto fim de vida dos clientes.

Considerando a cadeia de suprimentos é necessário mensurar todas as operações de entrada no consumo de recursos, matéria prima e materiais auxiliares, as operações dos processos, a saída de produtos e serviços, os subprodutos e resíduos e o produto no final de vida.

“O efeito direto das tecnologias de processamento de dados e tecnologias de fabricação inteligente na EC demonstra que a digitalização tanto do fluxo de materiais quanto do fluxo de informações permite que as empresas alcancem metas amplas de EC. Essas tecnologias digitais são as principais responsáveis por alterar o fluxo de informações dentro das empresas, que tem um papel central na EC: coletar e dominar

dados em relação aos fluxos de materiais, recursos e resíduos, bem como o comportamento dos usuários sobre o uso do produto, é a nova fronteira para uma transição real e positiva para o paradigma da CE.” (DI MARIA, 2022, p. 628)

Para a cadeia de suprimentos sustentável é necessário um planejamento de como alcançar os objetivos de ter um produto ou serviço com conceito de operação circular, com pilares da economia circular.

“A fabricação sustentável se estende além do processo de fabricação e do produto, incluindo a cadeia de suprimentos, em vários ciclos de vida do produto, bem como nas considerações de fim de vida. As empresas podem obter uma vantagem competitiva aplicando a fabricação sustentável para produtos e operações mais amigáveis ao meio ambiente.” (JENSEN, 2017, p. 377)

O planejamento é desenvolver produtos e serviços que possam atender os requisitos de uso e reúso de recursos naturais, materiais com maior valorização, com menor consumo possível de energias e águas em processos, mitigando os impactos de poluição em solo, águas e ar em todas as operações no fim de vida do produto.

“Uma economia circular é restauradora e regenerativa por design. Isso significa que os materiais fluem constantemente em um sistema

de circuito fechado, em vez de serem usados uma vez e depois descartados.”(ARFELIS, 2022, p. 1)

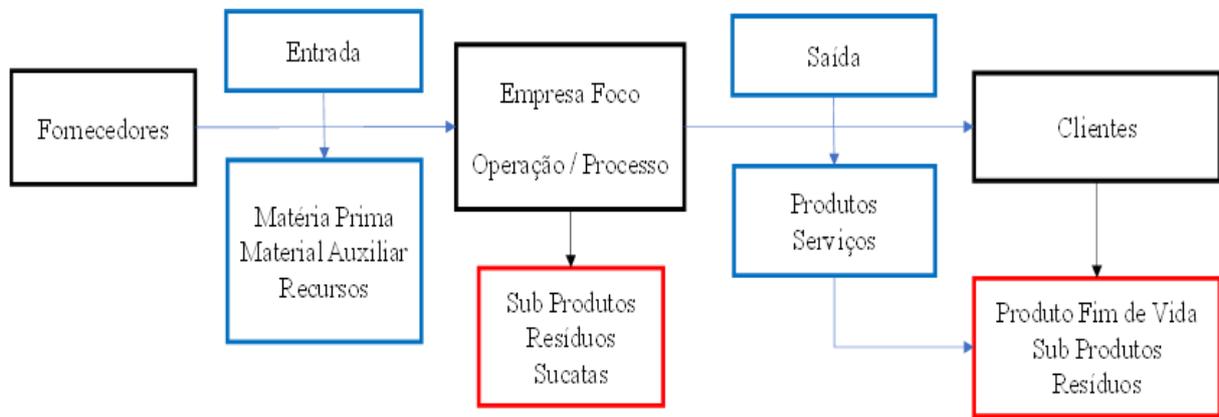
Os reparos e consertos para fazer o reuso diminuindo o consumo de novos materiais economizando os recursos naturais, energia e matérias é necessário ser analisado. E a reciclagem e destinação correta para diminuição do lixo residual em aterros buscando com as ações dos pilares de EC para a busca constante de uma produção limpa e circular em ciclos fechados buscando o uso das tecnologias da I4.0.

3. ESTRATÉGIAS DE INTEGRAÇÃO DA ECONOMIA CIRCULAR NAS CADEIAS DE SUPRIMENTOS SUSTENTÁVEIS

Vamos utilizar os conceitos da revisão de literatura e a pesquisa metodológica associada a caminhos, formas, maneiras e procedimentos para definir quais e como serão as ações para atingir os objetivos nas cadeias de suprimentos sustentáveis.

É importante considerar a cadeia de suprimentos sustentável (CSS), adaptada de BALLOU (2009) com todas as etapas, entrada de recursos, materiais, processos de fabricação, saída de produtos, resíduos e produto fim de vida. A Figura 1 representa a CSS.

Figura 1 – Cadeia de Suprimentos Sustentáveis



Fonte: Adaptada de (Ballou, 2009) pelo autor

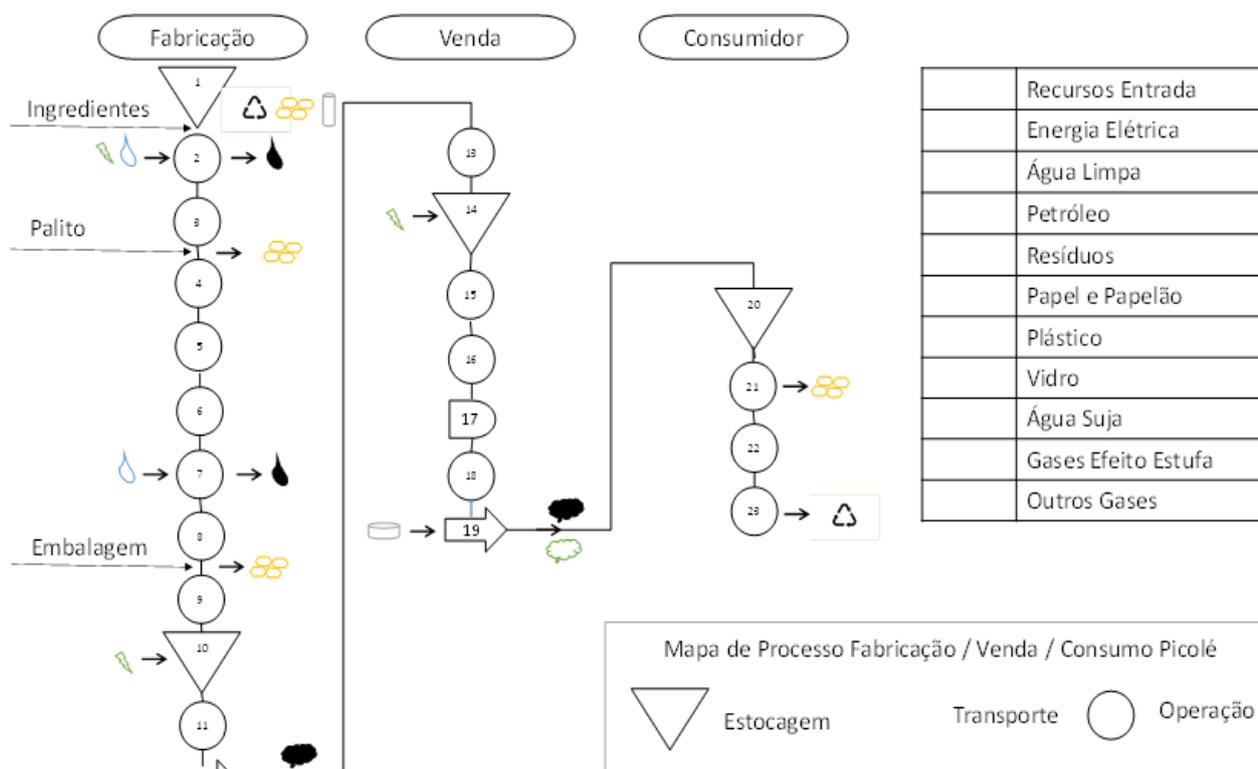
Um mapeamento de uma cadeia de suprimentos, denominada de *Value Stream Mapping* (VSM), mais simples ou mais detalhadas contribui muito para uma análise ambiental e econômica, pois indica os valores monetários positivos e negativos de todos os processos, inclusive os aspectos e impactos ambientais.

Para auxiliar o procedimento declaratório de entrada de recursos e saída de resíduos, subprodutos e produtos fim de vida pode usar um fluxograma de cada segmento de produto/serviço

Figura 2 – Modelo de Mapeamento da Cadeia de Suprimentos Especifica

que permite um mapeamento mais detalhado da cadeia de suprimentos.

A Figura 2 (BRAGA, 2021, p. 72) representa um modelo para mapear a cadeia de suprimentos especifica de um determinado produto/serviço, que possibilita as ações de integração dos pilares da EC e as etapas da cadeia de suprimentos.



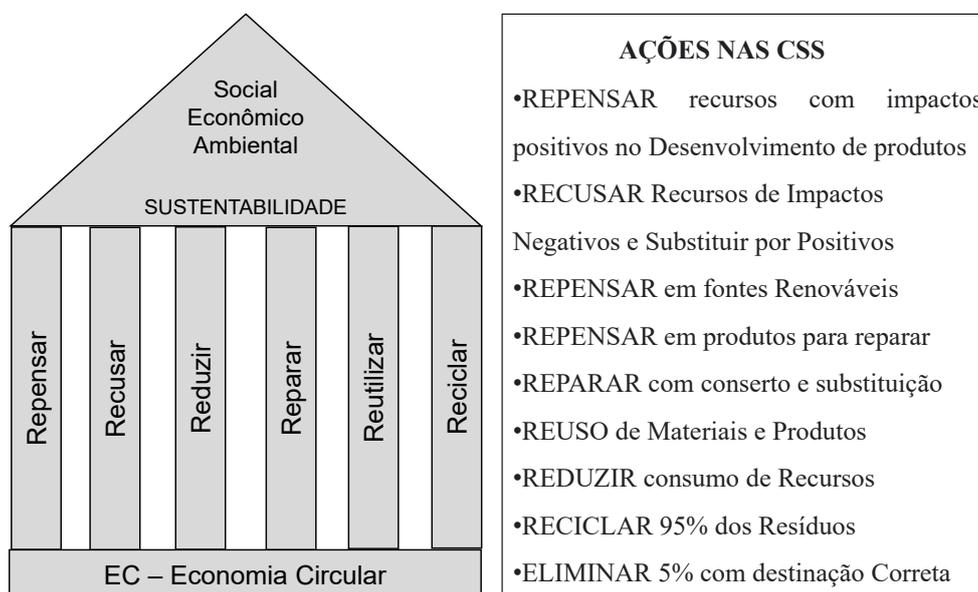
Fonte: (Braga, 2021)

Os pilares da economia circular a serem integrados com ações no fluxo mapeado da cadeia de suprimentos sustentáveis tem base no 6Rs conforme Figura 3. Demonstra quais são as ações dos pilares da EC que são aplicados no desenvolvimento dos produtos, na escolha dos recursos, dos materiais, na definição dos processos, na saída dos produtos, nos resíduos e

nos produtos de fim de vida da CSS.

As ações dos pilares da Economia Circular podem ser direcionadas utilizando a ferramenta de estratégia Matriz FOFA que considera os pontos fortes de impactos positivos e oportunidades e os pontos fracos de impactos negativos e ameaças.

Figura 3 – Ações nas CSS



Fonte: Elaborada pelo autor

Os pontos fracos devem ser transformados em pontos fortes com ações eliminando as ameaças transformando em oportunidades da EC nas CSS.

O Quadro 1 apresenta como são as ações transformadoras de integração dos pilares da Economia circular nas Cadeias de Suprimentos sustentáveis.

Essas ações com base em pontos fortes da matriz FOFA nas CSS podem colocar uma empresa em um patamar de alcançar os objetivos organizacionais de sustentabilidade.

Para suporte operacional na CSS, as atividades da logística reversa é fundamental para cumprir os pilares da EC para os objetivos da sustentabilidade.

A matriz FOFA neste contexto, está descrevendo de forma genérica as ações estratégicas de conseguir objetivos nos pilares de EC em uma CSS, de entrada de recursos, processo e saída de produtos e serviços, em recursos, resíduos e produto fim de vida.

Quadro 1: Ações Matriz FOFA / SWOT para Pilares de EC

Pontos Fortes - (<i>Strengths</i>)	Pontos Fracos - (<i>Weaknesses</i>)
1 - Reparo e manutenção de Produto para reúso 2- Reciclagem de Produto Alto Valor fim de vida 3 – Redução de consumo de recursos e redução de custos 4- Produtos que possam ter reparos, compartilhados, reutilizados e reciclados 5- Embalagens mínimas, reusáveis e recicláveis 6- Energias renováveis geram redução de custos e retorna o investimento, preservam os recursos e têm menores impactos ao meio ambiente	1- Produtos descartáveis 2- Produto fim de vida se torna sucata com contaminação 3- Produtos lacrados que não permite reparo 4- Produtos de materiais não recicláveis 5 - Embalagem do produto 6- Energias Não Renováveis e poluidoras 7 - Materiais que colocam a saúde humana em riscos de forma direta ou indireta

<p>7- Os materiais entram em ciclos nas cadeias, reduzem lixo e contaminação do meio ambiente</p> <p>8-O controle e monitoramento do processo reduzem custo e melhora o fator econômico eliminando desperdícios e contaminação</p> <p>9- Prevenção de contaminações e desastres ambientais</p> <p>10- Fornecedores consegue melhoria na sustentabilidade (ambiental, econômica e ambiental) utilizando como marketing verde real</p>	<p>8- Processos sem definição que tem desperdício de eficiência e produtividade</p> <p>9- Processos que contaminam o ambiente</p> <p>10- Fornecedores que não seguem sistema de gestão ambiental</p>
<p>Oportunidades - (<i>Opportunities</i>)</p>	<p>Ameaças - (<i>Threats</i>)</p>
<p>1 - Rastrear produtos nos clientes com RFID e sensores inteligentes para avisar para realizar reparos e manutenção as vezes on-line.</p> <p>2- Rastrear produtos nos clientes com RFID para reciclagem de produto que tem valor de uso de material reciclado gerando fidelização de nova aquisição.</p> <p>3- No desenvolvimento do produto permitir que partes do produto possam ter reparos</p> <p>4- No desenvolvimento do produto optar por materiais reciclados</p> <p>4- Oferecer nos pontos de vendas sistema de coletas e aviso de devolução do produto para reciclagem ou destinação correta</p> <p>4- Utilizar sistema de avisos de cargas de materiais para reciclagem ou destinação correta com sensores ou códigos QR / RFID</p> <p>5 – Reduzir o uso de recursos materiais, hídricos e energéticos, utilidade de locomoção com menor emissão poluente e compartilhamento do uso de produtos e serviços.</p> <p>6- Recusar energias não renováveis e repensar em energias renováveis, materiais não recicláveis e repensar em embalagens que possam ser recusadas e ou de materiais recicláveis</p> <p>7-Recusar Materiais contaminantes e substituir por materiais biodegradáveis e não contaminantes</p> <p>8- Utilização de tecnologias para controle e monitoramento dos processos que impactam o meio ambiente</p> <p>9- Repensar em trocar por processos não contaminantes.</p> <p>9- Utiliza de tecnologias para realizar tratamentos e monitorar a não contaminação, rastrear e monitorar para não ter contaminação</p> <p>9- Utilizar de sistemas de contenção e incineração com controle e rastreio de contaminação</p> <p>10 - Recusar fornecedores sem ações de melhoria no Sistema de gestão ambiental em declaratória de</p>	<p>1-Produto com baixa durabilidade em tempo</p> <p>2-Produto vai para lixo e contaminações</p> <p>3-Dificuldade de consertar</p> <p>4-Materiais de baixo valor que não tem reciclagem</p> <p>5-Aumento de Lixo sem reciclar</p> <p>6-Escassez de recursos fósseis e poluição de ar, solo e águas</p> <p>7-Materiais e Produtos contaminantes de ar, Solo e Água</p> <p>8-Desperdício de recursos por falta de controle e otimização de Processo</p> <p>9-Processos produtivos com operações contaminantes</p> <p>10-Fornecedores não sustentáveis</p>

impactos na cadeia de suprimentos.	
------------------------------------	--

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

O Quadro 2 indica um plano de ação básico para atingir os objetivos de sustentabilidade.

Se torna declaratório o problema ambiental do mapeamento de acordo com o impacto e ações com base em EC.

Quadro 2: Plano de Ação

Plano de Ação					
Problema Ambiental	Qual ação?	Como Implementar?	Onde Implementar?	Quando Implementar?	Quem Implementar?

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

O Quadro 3 apresenta uma correlação das atividades da logística empresarial para atendimento ao cliente e apresenta as ações de infraestrutura utilizando tecnologias para o fluxo operacional reverso, denominada de logística reversa.

as ações de suporte na CSS para atender os indicadores de performance dos pilares da EC.

A sequência aplicada da revisão da literatura deste artigo, oportuna as organizações a conseguir êxito estratégico na integração dos pilares da EC nas CSS e conseguir os objetivos.

O quadro da logística reversa demonstra

Quadro 3: Atividades da Logística Empresarial Integrada e Logística Reversa

Logística Empresarial Integrada nas CS <i>Nível de Serviço ao Cliente</i>	Logística Reversa Integrada nas CSS <i>Objetivos dos Pilares da EC para Sustentabilidade</i>
Colocação de pedido para aquisição de Insumos e produtos via tecnologias da informação.	Aviso de Resíduos, subprodutos e produtos fim de vida.
Transporte e distribuição de Insumos e Produtos na SC.	Transporte de destinação de resíduos, subprodutos e produtos fim de vida na SC.
Gestão de quantidade de Estoques de Insumos e Produtos na SC para entregas e distribuição de acordo com a demanda de consumo.	Gestão de estoques de resíduos, subprodutos e produtos fim de vida para operacionalizar a infraestrutura para operacionalizar o fluxo reverso.
Embalagem para proteção do produto e unitização de cargas para distribuição.	Coletores, caçambas, contentores, lixeiras para unitização de cargas para desmontagens, separação, remanufaturas, e destinação correta.
Manuseio e movimentação com equipamentos mecânicos, motorizados e automatizados das embalagens para estocagem e distribuição de produtos.	Manuseio e movimentação de coletores, caçambas, lixeiras com equipamentos mecânicos e motorizados de cargas para fluxo reverso para os pilares de EC.

Armazenagem e Estocagem das embalagens de Insumos e produtos para consolidação de cargas entregas e distribuição de acordo com os pedidos	Armazenagem e estocagem de caçambas com resíduos, subprodutos e produtos fim de vida para consolidação de cargas de acordo com avisos para transporte e destinação correta.
Programação de necessidades de materiais e fabricação de produtos de acordo com a demanda e colocação de pedidos de produtos.	Programação de coletas e transporte de Coletores, caçambas, contentores, lixeiras e distribuição correta de resíduos, subprodutos e produtos fim de vida na SC.
Obtenção e Compras de Insumos e materiais auxiliares de acordo com a programação e demanda de produtos da colocação de pedidos.	Comercialização de reciclagem, reúso, remanufatura, reparos ou destinação correta de resíduos, subprodutos e produtos fim de vida de acordo com o estoque da armazenagem.
Tecnologia da Informação aplicados em softwares de MRP que otimizam e simulam os processos virtualmente para melhoria no nível de serviço e aumento de produtividade econômica.	Tecnologia da Informação que otimizam e simulam os processos virtualmente da logística reversa e suas atividades para o meio ambiente e a sociedade com redução dos impactos de poluição e degradação.

Fonte: Adaptado de Balou (2009) pelo autor

Essa integração de EC nas CSS pode ser aplicada com um mapeamento da cadeia de valor considerando os resíduos, subprodutos e produto fim de vida, na sequencia identificar os impactos negativos para executar ações de acordo com a matriz FOFA estruturando com atividades da logística reversa nas CSS.

4. CONCLUSÕES

O capítulo apresenta conceito e metodologia que auxilia aplicar as ações estratégicas dos pilares da Economia Circular (EC) nas Cadeias de Suprimentos Sustentáveis (CSS).

O mapeamento da cadeia de valor especifica oportuna as ações integradas dos pilares da EC nas CSS para alcançar os objetivos de sustentabilidade.

As organizações podem utilizar de matriz FOFA com ações de EC para transformar pontos

fracos e ameaças em pontos fortes e oportunidades sustentáveis nas CSS.

As ações dos pilares da EC nas CSS dependem de atividades da logística reversa estruturadas e concomitantes ao planejamento estratégico para a sustentabilidade.

Os conceito e metodologias podem ser adaptados e melhorados em cada cadeia de valor especifica trazendo resultados ambientais, econômicos e sociais nas organizações.

As organizações tendem no futuro próximo usar as tecnologias da I4.0 nos pilares da EC nas CSS para transformar os processos físicos em virtuais.

5. AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal de São Paulo (IFSP) e a Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR Sorocaba) – PPGBMA.

REFERÊNCIAS

- ALCOCER. A Methodological Assessment Based on a Systematic Review of Circular Economy and Bioenergy Addressed by Education and Communication. **Sustainability (Switzerland)**, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/su13084273>>.
- ARFELIS, S. . R. J. E. A. Architecture Development to Incorporate Industry 4.0 Solutions to Plastics Management: Circular Economy. **Lecture Notes in Networks and Systems**, p. 121-127, 2022. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/356423082_Architecture_Development_to_Incorporate_Industry_40_Solutions_to_Plastics_Management_Circular_Economy>.
- BAG, S. . E. A. Relationships between industry 4.0, sustainable manufacturing and circular economy: proposal of a research framework. **International Journal of Organizational Analysis**, p. 864-898, 2022. Disponível em: <<https://doi-org.ez338.periodicos.capes.gov.br/10.1108/IJOA-04-2020-2120>>.
- BALLOU, R. H. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: Logística Empresarial**. Porto Alegre - RS: Bookman Editora, 2009. 616 p.
- BARBOSA, M. A. **Dissertação Mestrado PPG em Processos Tecnológicos e Ambientais**. Sorocaba: Universidade de Sorocaba, 2015.
- BRAGA, B. E. A. **Introdução à Engenharia Ambiental: o desafio do desenvolvimento sustentável**. 2a. ed. São Paulo: Pearson, 2021. 336 p.
- CAPPELLETTI, F. E. A. How de-manufacturing supports circular economy linking design and EoL - a literature review. **Journal of Manufacturing Systems**, p. 118-133, 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2022.03.007>>.
- DELPLA, V. E. A. Circular manufacturing 4.0: towards internet of things embedded closed-loop supply chains. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, 2022. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s00170-021-08058-3>>.
- DI MARIA, E. Industry 4.0 technologies and circular economy: The mediating role of supply chain integration. **Business Strategy and the Environment**, 2022. Disponível em: <<https://doi-org.ez338.periodicos.capes.gov.br/10.1002/bse.2940>>.
- EISENREICH, A. E. A. Toward a circular value chain: Impact of the circular economy on a company's value chain processes. **Journal of Cleaner Production**, 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134375>>.
- GHOREISHI, M. E. A. The Case of Fabric and Textile Industry: The Emerging Role of Digitalization, Internet-of-Things and Industry 4.0 for Circularity. **Lecture Notes in Networks and Systems**, p. 189-200, 2022.
- JENSEN, J. P. E. A. Enabling Circular Economy Through Product Stewardship. **Procedia Manufacturing**, p. 377-384, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.02.048>>.
- KHAN, S. A. R. E. A. The role of block chain technology in circular economy practices to improve organisational performance. **International Journal of Logistics Research and Applications**, p. 605-622, 2022. Disponível em: <<https://doi-org.ez338.periodicos.capes.gov.br/10.1080/13675567.2021.1872512>>.
- MANAVALAN, E. . E. A. An analysis on sustainable supply chain for circular economy. **Procedia Manufacturing**, p. 477-484, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.04.059>>.
- MBOLI, J. S. E. A. An Internet of Things-enabled decision support system for circular economy business model. **Software - Practice and Experience**, p. 772-787, 2022. Disponível em: <<https://doi-org.ez338.periodicos.capes.gov.br/10.1002/spe.2825>>.
- RIZVI, S. W. H. E. A. Circular economy under the impact of IT tools: a content-based review. **International Journal of Sustainable Engineering**, p. 87-97, 2021. Disponível em: <<https://doi-org.ez338.periodicos.capes.gov.br/10.1080/19397038.2020.1773567>>.

VERGARA, S. C. **Começando a definir a metodologia. Projetos e relatórios de pesquisa me administração.** 11. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

Milton Augusto Barbosa

Professor no Instituto Federal de São Paulo, Engenheiro de Produção, Mestre em Processos Tecnológicos e Ambientais e Doutorando no programa Monitoramento Ambiental na UFSCAR.

Dra. Débora Zumkeller Sabonaro

Professora na UFSCAR e UNIFAL, Engenheira Agrônoma e Pós Doutora em Tecnologias Aplicadas.
