



## Cadeia de Suprimentos Sustentável, Economia Circular, Indústria 4.0 e Gestão do Conhecimento: uma Visão Integrada de Funcionamento

**Recebido:** 14 dez. 2021

**Aprovado:** 19 abr. 2022

**Versão do autor aceita publicada online:** 19 abr. 2022


**Publicado online:** 23 maio 2022

### Como citar esse artigo - American Psychological Association (APA)

Almeida, I. M., Teles, G. M. G., Tavares, T. B. G., & Muniz Junior, J. (jan./mar. 2024). Cadeia de suprimentos sustentável, economia circular, indústria 4.0 e gestão do conhecimento: uma visão integrada de funcionamento. *Exacta*, 22(1), p. 144-173.

<https://doi.org/10.5585/exactaep.2022.21293>

---

Submeta seu artigo para este periódico 

**Processo de Avaliação:** *Double Blind Review*

**Editor:**  Dr. Luiz Fernando Rodrigues Pinto



Dados Crossmark



## CADEIA DE SUPRIMENTOS SUSTENTÁVEL, ECONOMIA CIRCULAR, INDÚSTRIA 4.0 E GESTÃO DO

### CONHECIMENTO: UMA VISÃO INTEGRADA DE FUNCIONAMENTO

Ilton Marchi de Almeida<sup>1</sup> Glaucia Machado Gervasio Teles<sup>2</sup> Thiago de Barros Gonzalez  
Tavares<sup>3</sup> Jorge Muniz Junior<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Universidade Estadual Paulista (UNESP) - Bauru, SP. Departamento de Engenharia de Produção

<sup>2</sup> Universidade Estadual Paulista (UNESP) - Bauru, SP. Departamento de Engenharia de Produção

<sup>3</sup> Universidade Estadual Paulista (UNESP) - Bauru, SP. Departamento de Engenharia de Produção

<sup>4</sup> Universidade Estadual Paulista (UNESP) - Guaratinguetá, SP. Departamento de Engenharia de  
Produção

#### Nota dos autores

Autores declaram que não há conflito de interesses.



### Resumo

A pesquisa aborda o conceito da cadeia de suprimentos sustentável viabilizado por meio dos princípios da economia circular, sincronizando as tecnologias da indústria 4.0 aos princípios da gestão de conhecimentos. O artigo busca maiores níveis de sustentabilidade, atendendo a forte mobilização da sociedade por produtos com melhores desempenhos ambientais. Apesar de muitos estudos abordarem separadamente os conceitos, poucos estudos avançam na visão integrada de funcionamento da cadeia de suprimentos de produtos circulares. A revisão sistemática da literatura buscou relacionar a integração dos conceitos identificando aspectos chaves das partes interessadas, processos e ferramentas, que podem ser sincronizados para auxiliar as organizações na implantação do ambiente circular nas operações da cadeia de suprimentos e gerar ganhos de sustentabilidade. O trabalho abre caminho para pesquisas futuras e aplicações práticas, considerando a necessidade de funcionamento sistêmico de tecnologias que promovam a atuação conjunta e ambiente de cooperação entre organizações, que favoreçam ganhos de sustentabilidade.

*Palavras-chave:* cadeia de suprimentos sustentável, economia circular, gestão do conhecimento, inovação aberta, Indústria 4.0

### Abstract

The research addresses the concept of the sustainable supply chain made possible through the principles of circular economy, synchronizing the technologies of industry 4.0 to the principles of knowledge management. The article seeks higher levels of sustainability, given the strong mobilization of society for products with better environmental performances. Although many studies have separately addressed the concepts, few studies advance the integrated vision of the operation of the supply chain of circular products. The systematic review of the literature sought to relate the integration of concepts identifying key aspects of stakeholders, processes and tools, which can be synchronized to auxiliary organizations in the implementation of the circular environment in supply chain operations and generate sustainability gains. The work paves the way for future research and

practical applications, considering the need for systemic functioning of technologies that promote joint action and cooperation environment between organizations, which favor sustainability gains.

*Keywords:* sustainable supply chain, circular economy, knowledge management, open innovation, Industry 4.0

## 1 Introdução

Sustentabilidade nas organizações lida com sociedade, economia e ambiente e busca atender as necessidades do presente sem limitar as opções das próximas gerações (Vegter et al., 2020), e aponta atualmente para as questões ambientais como necessárias para que as atividades humanas no planeta não dependam da capacidade de regeneração dos ecossistemas. A economia circular (EC) vem sendo citada como meio para tratar preocupações ambientais atuais, ao utilizar a recirculação de materiais e energia, evitando extrações *upstream* e descartes *downstream*, preservando os ecossistemas (Blanc & Le Blanc, 2015). Os princípios da EC consideram a criação de um ciclo fechado de recirculação, que busca a permanência dos materiais e energia pelo maior tempo possível, diminuindo a dependência de novas extrações de recursos e descartes ao meio ambiente (Weetman, 2016). Assim a EC contrasta da abordagem tradicional da economia linear de extração e descarte, que considera o meio ambiente uma fonte infinita de recursos e reservatório de resíduos (Pearce & Turner, 1991).

Buscando satisfazer as novas expectativas da sociedade, os desenvolvimentos de produtos e serviços já consideram demandas ambientais e requisitos de sustentabilidade desde o momento da concepção, seguindo princípios da economia circular, que promovam o uso prolongado, atualizações e capacidade de recuperação (Ellen MacArthur Foundation et al., 2014). Como consequência, as cadeias de suprimentos que suportam os produtos dentro do conceito da EC, são demandadas para identificar estratégias de recirculação e gerar melhores desempenhos ambientais (Loizia et al., 2021). Neste sentido, quando a organização utiliza os princípios da EC há a necessidade de maior integração na cadeia de suprimentos e capacidade para lidar com maiores níveis de complexidade e incerteza

## DO CONHECIMENTO: UMA VISÃO INTEGRADA DE FUNCIONAMENTO



(Vegter et al., 2020). Entretanto, caso a organização vença as barreiras de implementação, o modelo circular de funcionamento alcançado adquire maior capacidade de gerar ganhos de sustentabilidade (Lechner & Reimann, 2020).

Recurso geralmente utilizado nas atividades da cadeia de suprimentos, as novas tecnologias da informação e comunicação em tempo real aumentaram a capacidade de gestão do fluxo de materiais, contribuindo nas operações logísticas de forma eficaz/eficiente, utilizando novas ferramentas para geolocalização, gestão de estoque e rastreabilidade de todo o ciclo de vida do produto (Varriale et al., 2021). Tecnologias da indústria 4.0 (I4.0) como *big data*, transformação digital e IoT/CoT (*Internet of Things/ Cloud of Things*), assumiram o papel de auxiliar as organizações no tratamento de grande volume de informações, gerenciando insumos, produções, logísticas de entregas de produtos e prestações de serviços. Os atores das operações da *Sustainable Supply Chain* (SSC) e novos participantes em potencial, foram expostos às demandas de coordenação das ações conjuntas de fechamento dos ciclos de vida de produtos e serviços circulares (Jabbour et al., 2018; Thoben et al., 2017).

Considerando o cenário circular de funcionamento da SSC, a *Knowledge Management* (KM) das organizações deixa o modelo intrínseco de capacitação da economia linear para adotar estratégias que transcendem os limites da empresa e passam a exigir que os profissionais compartilhem e compreendam as informações trocadas com as partes interessadas da SSC, identificando oportunidade de circularidade de materiais e energia, evitando novas extrações de recursos e descartes ao ambiente, bem como o uso tecnológico adequadamente oferecido pela I4.0 (den Hollander et al., 2017).

A busca por operações de desenvolvimento que apresentem melhores reputações ambientais, chamou atenção de pesquisadores que aumentaram significativamente a quantidade de estudos que busquem alternativas para promover a circularidade nos desenvolvimentos. Entretanto poucos estudos avançam na visão integrada de funcionamento da cadeia de suprimentos de um produto circular (Dev et al., 2020). Neste sentido, este trabalho aborda o problema de pesquisa que

destaca a carência de estudos que avaliem a visão integrada de funcionamento dos princípios de circularidade na SSC. A relevância dos temas SSC, EC, I4.0 e KM levanta as seguintes questões de pesquisa: Há uma relação entre os temas SSC, EC, I4.0 e KM? Os temas SSC, EC, I4.0 e KM podem ser tratados de forma integrada? O artigo discute a relação do tema Cadeia de Suprimentos Sustentável com EC, I4.0 e KM por meio de uma revisão teórica destes temas. Assim, esta pesquisa procura preencher a lacuna de conhecimento relacionada ao funcionamento sistêmico das partes interessadas que atuam na SSC em busca de melhor desempenho ambiental, analisando os princípios da EC, tecnologias da I4.0 e KM. Deste modo, pretende-se identificar quais atributos podem ser sincronizados para auxiliar as organizações em direção à implantação de circularidade de materiais e energia.

O artigo está estruturado apresentando na próxima seção os procedimentos metodológicos que buscaram sistematizar pesquisas publicadas relacionadas aos temas SSC, I4.0, KM e EC. A terceira seção faz referência aos resultados da revisão de literatura sobre os conceitos da SSC, EC, I4.0 e KM associados ao contexto de funcionamento da SSC. Uma seção de discussão e resultados apresenta a consolidação dos benefícios gerados a SSC quando sincronizada aos atributos da EC, I4.0 e KM. A última seção apresenta as conclusões, recomendações de pesquisas futuras e limitações dos resultados deste estudo.

## 2 Procedimento Metodológico

A busca pela solução do problema de pesquisa adotou a revisão da literatura como fonte da informação para identificar o estado da arte da manifestação conjunta dos temas escolhidos por este trabalho. A premissa inicial da abordagem considerou que os temas escolhidos, quando utilizados conjuntamente, apresentariam grande potencial para a geração dos benefícios esperados na operacionalização da SSC.

Utilizando a base *Web of Science* (WOS), pesquisou-se os tópicos *supply chain*, I4.0 e *knowledge management/sharing* e *circular economy*. Ao pesquisar os temas da pesquisa na WOS (2013-2021), seguiu-se o seguinte protocolo: Tópicos de pesquisa - I4.0, KM, *Supply Chain* (N = 40);

## DO CONHECIMENTO: UMA VISÃO INTEGRADA DE FUNCIONAMENTO



Critério de exclusão - somente artigos de periódicos científicos em inglês (N=21). O protocolo identificou 21 artigos que continham os termos compatíveis com os critérios adotados, sendo que somente 3 abordavam o tópico *circular economy* (Figura 1).

**Figura 1***Protocolo de pesquisa*

Fronteiras da pesquisa	Período pesquisado
- <i>Web of Science</i> (WoS)	2013/2021
<b>Principal objetivo da pesquisa</b> - Sistematizar trabalhos publicados relacionados à <i>Supply chain</i> , I4.0, KM e CE	<b>Termos pesquisados:</b> <i>Supply chain</i> , I4.0, KM, CE
<b>Definindo as fronteiras conceituais</b> - Esclarecer o estado da arte da literatura existente sobre a manifestação conjunta dos temas I4.0, KM, <i>Supply chain</i> e CE	<i>Supply chain</i> + I4.0 1.056 artigos
<b>Aplicação dos critérios de exclusão</b> - Somente artigos em inglês - Somente artigos de periódicos científicas	<i>Supply chain</i> + I4.0 + KM 21 (40) artigos
	<i>Supply chain</i> + I4.0 + KM + CE 3 artigos

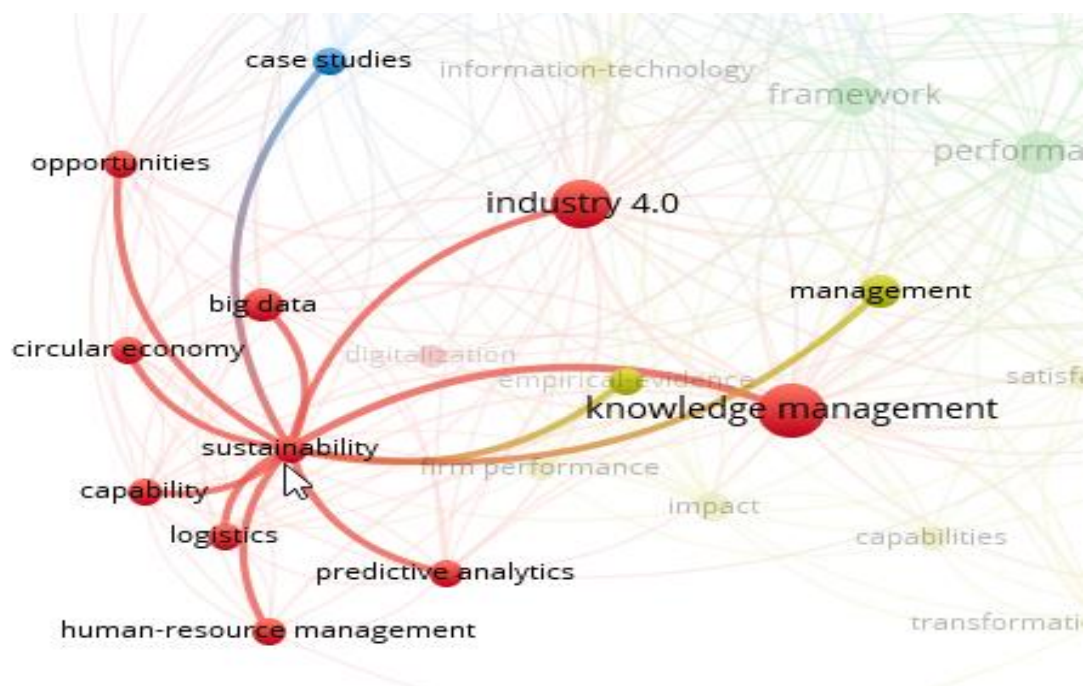
Fonte: Elaborado pelos autores.

Uma análise de conteúdo dos artigos com relação a manifestação conjunta dos três primeiros termos - *Supply Chain*, I4.0, KM - foi realizada para identificar a coocorrência de termos apontados como aderentes às necessidades de funcionamento da EC. Assim, atributos associados aos três primeiros critérios que contribuam com os princípios de circularidades foram identificados. A figura 2 permite identificar, mesmo que em número limitado de artigos, a conexão entre as manifestações das coocorrências das citações sobre sustentabilidade associadas a EC, KM e I4.0. A presença dos termos reunidos no mesmo cluster permite considerar que os artigos compatíveis com o protocolo da pesquisa apontam para o funcionamento sistêmico destes conceitos. Destaca-se

assim que a literatura pesquisada colabora com a visão de relação entre estes conceitos às citações de sustentabilidade.

**Figura 2**

*Ocorrência de termos associados às palavras chaves (VOSVIEWER)*



Fonte: Elaborado pelos autores.

### 3 Cadeia de Suprimentos Sustentável: Conceitos e Relações

A cadeia de suprimentos passou por transformações à medida que seus participantes se adaptaram aos desafios de cada revolução industrial e o modelo de funcionamento foi moldado para criar/recuperar/manter modelos de negócio em funcionamento à medida que o cenário de operação era modificado por transformações da sociedade (Santander et al., 2020). Muitos modelos de negócio deixaram de existir por não se adaptarem às exigências pretendidas das partes interessadas. A cadeia de suprimentos atual identifica três objetivos, interesses econômicos, demandas sociais e preocupações ambientais, sendo que a fusão destes três objetivos da cadeia de suprimentos gerou a denominação de cadeia de suprimentos sustentável SSC (Vegter et al., 2020).



## DO CONHECIMENTO: UMA VISÃO INTEGRADA DE FUNCIONAMENTO



A tabela 1 abaixo apresenta os principais conceitos associados aos temas SSC, EC, I4.0 e KM. A apresentação destes conceitos busca atender a premissa de apresentar definições individuais antes de avaliar possíveis colaborações de ações conjuntas destas abordagens.

**Tabela 1**

*Principais conceitos associados aos temas SSC, EC, I4.0 e KM*

Métodos	Principais conceitos	Referências
SSC	Operação que se preocupa com a integração de objetivos ambientais, sociais e econômicos nos processos da cadeia de suprimentos buscando sustentabilidade.	(Koberg & Longoni, 2019)
EC	Vista como um método para operacionalização dos conceitos de desenvolvimento sustentável, utilizando princípios de circularidade de materiais e energia em ciclo fechado, buscando eliminar a dependência do meio ambiente.	(Kirchherr et al., 2017)
I4.0	Conjunto de tecnologias pertencentes a quarta revolução industrial que podem ser consideradas como as mais relevantes para a integração da cadeia de suprimentos.	(Ardito et al., 2019)
KM	“Atuação sistematizada, formal e deliberada no sentido de capturar, preservar, compartilhar e (re) utilizar os conhecimentos tácitos e explícitos criados e empregados pelas pessoas durante as tarefas de rotina e de melhoria dos processos produtivos, de modo a gerar resultados mensuráveis para a organização e para as pessoas.”	(Muniz et al., 2010)

Fonte: Elaborado pelos autores.

### 3.1 Economia Circular e Cadeia de Suprimentos Sustentável

Reconhecida como estratégia para avançar em melhores desempenhos ambientais, os princípios da EC (Boulding E. & E., 1966) rejeitam a visão da economia linear, que defende a abordagem unidirecional de atuação da extração ao descarte, buscando iniciativas de circularidade de materiais e energia, partindo da premissa de criar ciclos fechados de funcionamento que não dependam da capacidade de recuperação dos ecossistemas (Ellen MacArthur Foundation et al., 2014).

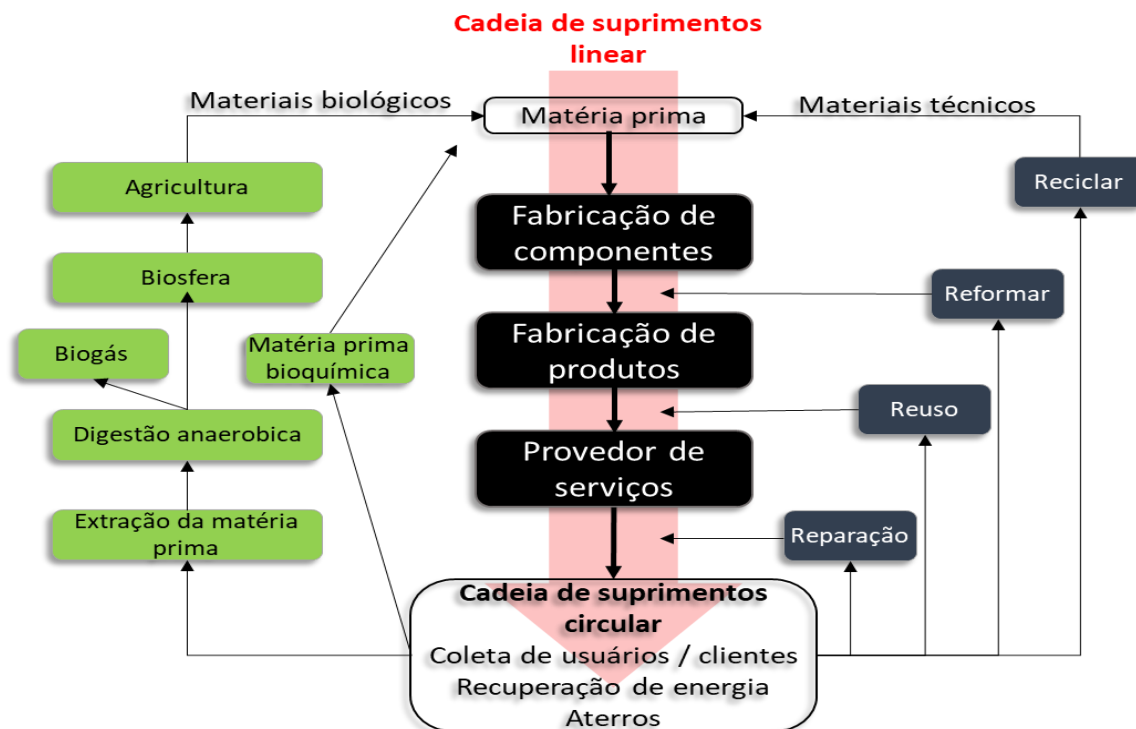
Neste contexto, o modelo de funcionamento da cadeia de suprimentos assume posição de destaque nas estratégias das organizações. O conhecimento dos atores verticais (*upstream* e *downstream*) e horizontais precisa ser compartilhado para garantir níveis maiores de funcionamento sincronizado e identificação de oportunidades de circularidade (den Hollander et al., 2017).

A construção de um produto a partir da utilização de vários insumos, disponibilidade de recursos que garantam a operação e a capacidade de lidar com a pulverização de materiais advindos da desconstrução dos produtos, geram desafios aos participantes da cadeia de suprimentos. A atuação do passado das organizações que apresentava um foco individual deu lugar a uma operação que utiliza dados compartilhados entre os participantes, que buscam garantir maiores níveis de destinação circular de materiais e energia, gerando ganhos de sustentabilidade. Entretanto, este novo cenário gera um relevante aumento de complexidade, incerteza e volatilidade das previsibilidades do mercado e dificuldade das ações de planejamento estratégico (Vegter et al., 2020).

A figura 3 abaixo apresenta a comparação entre a visão de funcionamento da cadeia de suprimentos linear e a visão circular. A visualização permite perceber o aumento significativo de atividades e atores que o modelo circular impõe à cadeia de suprimentos. O modelo de negócio circular exige das partes interessadas a criação de estratégias que garantam o ciclo fechado de utilização de materiais e energia, buscando a redução da extração de matéria prima no ambiente e evitando o descarte no término de vida útil dos produtos.

Figura 3

Cadeia de suprimentos linear e Cadeia de suprimentos circular



Fonte: Adaptado de (Ellen MacArthur Foundation et al., 2014).

### 3.2 Indústria 4.0 e Cadeia de Suprimentos Sustentável

As empresas buscam a melhoria contínua para reduzir o *lead time*, custos, aumentar a capacidade produtiva e recentemente, maiores níveis de sustentabilidade dos modelos de negócio por reaproveitamento de componentes (de Assis et al., 2021).

Considerando os pilares da sustentabilidade, as estratégias de desenvolvimento atuais buscam reduzir a exploração de novos recursos naturais de forma a atender as necessidades da sociedade e economia, garantindo a capacidade de preservação dos ecossistemas (Lazar et al., 2021).

Os órgãos intergovernamentais como a ONU, buscam a sustentabilidade requisitando o cumprimento dos ODS. Objetivos como o ODS 12 (consumo e produção responsável) destaca a necessidade de utilização de produtos e serviços inteligentes, bem como a produção de forma eficiente, gerando o menor impacto ambiental. A utilização combinada dos conceitos da I4.0 e EC

para atender os ODS, busca relacionar de forma ampla os aspectos das atividades humanas e a necessidade de utilização de recursos. O movimento atual em busca de maiores níveis de sustentabilidade difere de outros movimentos globais como as Revoluções Industriais, que tinha o foco na estratégia operacional e maximização produtiva (Wiśniewska-Sałek, 2021).

A rápida evolução da conectividade de dispositivos, avanços científicos em inteligência artificial e automação das tecnologias da I4.0 geram uma oportunidade para viabilizar a integração da cadeia de suprimentos (Song et al., 2021). As tecnologias I4.0 permitem maior conexão e colaboração de pessoas e máquinas na cadeia de suprimentos na busca de reduzir custos e processos agregando valor ao produto (Nedelko, 2021). Tendo como base a integração do mundo físico com o virtual, por meio da comunicação entre máquinas, tecnologias como *IOT* e *CPS (Cyber-Physical System)* suportam o processo de fábricas inteligentes, que usam como base as tecnologias de comunicação (Malik et al., 2021).

O cenário atual de operação das organizações induz a migração do modelo de indústria atual para o atingimento de maiores níveis de uso das tecnologias da I4.0, buscando a maior capacidade para gerenciar e controlar os sistemas por meio da utilização de dados e novas ferramentas. Quando comparado aos modelos de operações anteriores, o modelo atual apresenta o diferencial de gerenciar uma operação expandida, conectando os dados externos gerados por fornecedores e clientes de forma mais ampla e ágil (Ozkan-Ozen et al., 2020).

As contribuições de tecnologias como a digitalização da I4.0, considerando a amplificação das variáveis de gerenciamento, adquirem relevância no suporte a decisão de forma precisa e rápida, melhorando as habilidades analíticas por meio da disponibilidade de dados (*IoT/CoT*) e identificação de possíveis cenários e atuação (de Assis et al., 2021).

As oportunidades e benefícios previstos com a I4.0 são amplas, permitindo a logística se comportar de forma adaptável aos requisitos da cadeia, otimizando fluxos de produção, coordenação em tempo real, fluxo de valor e redução de custos operacionais (Hofmann & Rüsçh, 2017). As tecnologias da I4.0 poderão gerar vantagens significativas às empresas por meio de um

## DO CONHECIMENTO: UMA VISÃO INTEGRADA DE FUNCIONAMENTO



processamento de informações ágil e com o monitoramento constante de dados em nuvem (Varriale et al., 2021).

### 3.3 Gestão do conhecimento e Cadeia de Suprimentos Sustentável

O conhecimento pode ser adquirido por meio de experiências práticas, atividades manuais ou tecnológicas, atitudes, valores, habilidade em processos, dados ou padrão de comunicação que tragam coerência a atividade e que esta possa ser sistemática e eficaz (Gardezabal et al., 2021). “Gestão do conhecimento é a atuação sistematizada, formal e deliberada no sentido de capturar, preservar, compartilhar e (re) utilizar os conhecimentos tácitos e explícitos criados e empregados pelas pessoas durante as tarefas de rotina e de melhoria dos processos produtivos, de modo a gerar resultados mensuráveis para a organização e para as pessoas” (Muniz et al., 2010). Portanto, a gestão do conhecimento envolve a criação, compartilhamento, uso do conhecimento e informações em uma organização (Schniederjans et al., 2020).

A proposta de prática da KM tem sido explorada por vários autores como uma estratégia de facilitar a prática da atividade industrial, por meio do gerenciamento das informações, ou em medidas corretivas, ou na aplicação de inovação, ou como abertura a conceitos que trazem processo enxuto, reuso de insumos ou implantação das ferramentas trazidas pela I4.0 (Gardezabal et al., 2021; Gloet & Samson, 2020; Kalogeraki et al., 2018; Kassaneh et al., 2021; Pandey et al., 2021).

A KM contribui para o compartilhamento de conhecimento do negócio entre as empresas que atuam na SSC (Ingemarsdotter et al., 2020; Pandey et al., 2021; Schniederjans et al., 2020), quando praticada com o objetivo de propagar as informações necessárias para a obtenção de maiores níveis de sustentabilidade, disseminando informações que viabilizem a capacitação das partes interessadas no uso das tecnologias da I4.0 e conseqüentemente, melhorar o funcionamento da SSC.

A KM assume papel relevante na coordenação dos atores da SSC, devido a sua competência focada em contribuições em vários níveis decisórios, auxiliando o foco estratégico, a proteção da reputação e desempenho da organização, segurança das informações, relacionamento,

rastreabilidade, padrões e gestão de risco (Gloet & Samson, 2020). Os benefícios gerados pela KM, facilitam o atendimento dos compromissos com as práticas adotadas pelo conceito SSC e geram maior eficiência/eficácia para capacitar as organizações na utilização de sistemas tecnológicos (Sassanelli et al., 2019).

Embora a KM seja apresentada como um conceito atrativo, esta é relatada como desafiadora devido a necessidade de integração gerencial, operacional e tecnológica. Entretanto, a KM pode propiciar práticas atrativas a SSC, sendo a agilidade, flexibilidade e alinhamento de todos os participantes da cadeia de suprimentos, permitindo assim como resultado que os fluxos de conhecimento e do processo ocorra entre os participantes da SSC (Kalogeraki et al., 2018). Assim, pode-se considerar que a KM no contexto da SSC seja uma oportunidade de criação de novos conhecimentos e melhoria do desempenho operacional.

#### 4 Discussão e Resultados

A revisão de literatura apontou que estratégias relativas a sustentabilidade depende da utilização combinada de conceitos que capacitem às organizações para lidar com o ambiente circular (Jabbour et al., 2018). Os desafios atuais criam obstáculos à operação das organizações que transcendem às práticas consolidados ao longo dos anos, associada a ações individuais e focadas principalmente na geração de benefício social e econômico da sustentabilidade. Recentemente, aspectos ambientais de sustentabilidade assumiram maior relevância para a sobrevivência de organizações, influenciando os resultados sociais e econômicos (Vegter et al., 2020).

##### 4.1 Contribuições da EC para a SSC

Considerando que a sustentabilidade representa as dimensões sociais, ambientais e econômicas, a cadeia de suprimentos que atendia aos princípios da economia linear de origem na extração e término no descarte foi demandada para agregar maior atenção aos aspectos de desempenho ambiental ao seu escopo de atuação. Neste sentido, os princípios da EC oferecem abordagens que protegem o meio ambiente das operações das cadeias de suprimentos, quando estabelecem que as movimentações de materiais e energia devam ser realizadas em ciclo fechado,

## DO CONHECIMENTO: UMA VISÃO INTEGRADA DE FUNCIONAMENTO



em que os participantes da cadeia de suprimentos garantem a origem e destinação dos ciclos de vida de produtos e serviços independentes do meio ambiente (Santander et al., 2020).

A transição do modelo linear de produção para o circular impõe que os modelos de negócio sejam operados conforme os princípios da EC. Desde o momento da concepção de produtos e serviços, os requisitos de circularidade precisam ser aplicados na identificação de fornecedores, meios de produção, logística de abastecimento, coprodutos, subprodutos e resíduos. A visão expandida do funcionamento das operações circulares de produção é base para o mapeamento da cadeia de suprimentos. Assim, a cadeia de suprimentos adquire maior grau de sustentabilidade se incorporar no seu escopo de atuação a gestão da visão expandida de recirculação de materiais e energia conforme os princípios da EC (Lechner & Reimann, 2020).

Ganhos de operações individuais de sustentabilidade no contexto da EC são potencializadas quando as cadeias de suprimentos de várias empresas são integradas como forma de garantir o fechamento dos ciclos de circulação. Identificações de insumos que sejam gerados a partir da reciclagem de resíduos *upstream* são ações fundamentais para a descobertas de novas destinações de materiais que seriam descartados no meio ambiente. Seguindo a mesma abordagem, os produtos e os meios produtivos devem considerar a capacidade de criar insumos para processos *downstream* a partir de estratégias de criação de coprodutos, subprodutos e capacidade de reciclagem de resíduos, incluindo previsões de destinação para o término de vida útil dos produtos (den Hollander et al., 2017).

A visão expandida da SSC conforme os princípios da EC permite constatar que produtos com reputações ambientais aceitáveis, conforme os princípios da economia linear, podem oferecer maiores impactos ao meio ambiente quando não são capazes de conter maiores extrações e descartes durante a produção e término de vida útil. Assim, a operação circular gera a expansão de atuação da cadeia de suprimentos, que é capaz de gerar ganhos de sustentabilidade se atuar fechando os ciclos de recirculação de materiais e energia, protegendo o ambiente de novas extrações de recursos e da destinação dos resíduos gerados (Vegter et al., 2020).

#### 4.2 Contribuições da I4.0 para a SSC

Os artigos pesquisados apontam que mais de 50% das dificuldades do funcionamento da SSC, utilizando as tecnologias da I4.0 são oriundas da falta de conhecimento sobre gestão de dados e falta de compreensão da estrutura organizacional descentralizada necessária para a obtenção do funcionamento circular da cadeia de suprimentos (Kazancoglu et al., 2020, 2021; Ozkan-Ozen et al., 2020).

Ferramentas e processos existentes podem necessitar de melhorias e/ou adaptações devido ao alto dinamismo de operações e processos atuais e a solução pode muitas vezes passar pelas tecnologias da I4.0. A adição de dinamismo por meio da utilização de um *software* da I4.0 pode resultar em redução de *lead time* de processos por meio da simulação de diversos cenários. A mesma abordagem pode ser empregada em métodos tradicionais como *Value Stream Mapping* na Gestão de Operações e Engenharia Industrial, porém mais trabalhoso e com maior lentidão para a geração dos resultados (de Assis et al., 2021).

A pesquisa de Malik et al. (2021) identificou que a utilização de tecnologias da I4.0 tais como a Inteligência Artificial gera consequências no ambiente de trabalho e as classificou em três grupos distintos (*Tecnostress*, Impactos positivos das I4.0 e Impactos não intencionais). A tabela 2 agrupa em cada um dos três grupos os motivadores que geram cada uma dessas consequências (*Tecnostress*, Impactos positivos das I4.0 e Impactos não intencionais).





Tabela 2

Fatores da I4.0

Consequências	Tecnostress	Impactos positivos da I4.0	Impactos não intencionais
Motivador 1	Sobrecarga de trabalho	Criatividade	Gerenciamento de mudanças
Motivador 2	Insegurança	Autonomia	Risco de extinção de emprego
Motivador 3	Complexidade	Flexibilidade	Gestão de informações perdidas
Motivador 4	Novos cenários sistêmicos	Inovação	Inovação aberta

Fonte: Adaptado de Malik et al. (2021)

Os resultados sugerem que o *Big Data* traz efeitos positivos na orientação da cadeia de suprimentos quando existe a referência à Economia Circular, sendo um recurso valioso para tomada de decisões. Isso é mostrado por meio da validação de algumas hipóteses criadas para validação do papel do *Big Data* na performance de uma empresa que trabalha com EC (Del Giudice et al., 2021).

No modelo de negócio sustentável, que considera o funcionamento fechado da cadeia de suprimentos, deve-se aumentar os níveis de circularidade de materiais e energia. Neste sentido, a I4.0 fornece as ferramentas que capacitem as organizações a funcionarem de acordo com os princípios da EC, tornando as empresas cada vez mais sustentáveis, independentemente do seu modelo de negócio e área de atuação.

Buscando viabilizar o funcionamento da SSC, integrando a cadeia de suprimentos para alcançar melhoria de performance ambiental por meio da operação circular, nota-se que a organização necessita lidar com o aumento de complexidade gerado pelo acréscimo de variáveis do funcionamento dos princípios da EC e pela I4.0.

### 4.3 Contribuições da KM para a SSC

A implementação dos conceitos da EC, I4.0 e KM na cultura, padrões e processo da cadeia de suprimentos de uma organização gera desconforto aos envolvidos no processo, criando barreiras que dificultam seguir em direção aos princípios de funcionamento da SSC. A literatura aponta que uma das barreiras é gerada no momento de implementar a integração da EC e I4.0 na SSC, devido a necessidade de mudança na prática de compartilhamento de dados das empresas. Antes uma empresa funcionava sozinha, não tendo a necessidade de compartilhar suas informações de entrada e saída a elementos externos a organização, sendo que na proposta de integração da SSC, o compartilhamento de informações da empresa com os participantes da cadeia de suprimentos se apresenta como um requisito necessário (Lichtenthaler, 2011).

A KM tratado nessa ótica de transparência na cadeia de suprimentos, carrega abordagens similares aos defendidos pela *Open Innovation* (OI). A inovação aberta trabalha os fluxos de informações gerados pela entrada e saída do processo em busca de aceleração, identificar práticas inovadoras e expandir o mercado de atuação da organização (West et al., 2014). Contrariando a abordagem individualista de gestão do conhecimento associada a economia linear, identificada como Inovação Fechada; os princípios da “Inovação Aberta” combinam ideias internas e externas geradoras de valor que atendem um modelo de negócio (Chesbrough, 2003). Iniciativas de abertura de dados de circulação de material e energia, como os defendidos nos princípios da Inovação Aberta (Bogers et al., 2018), podem acelerar a identificação de novas oportunidades de recirculação e capacitação de novos participantes na cadeia de suprimentos, capazes de novos direcionamentos circulares aos produtos (Tseng & Bui, 2017). A inovação aberta apresenta a gestão do conhecimento como integrante funcional no tratamento de informações externos e internos, devendo o conhecimento ser trabalhado em 3 formas síncronas para ser efetivo: exploração do conhecimento, retenção do conhecimento e exposição do conhecimento. A KM é apontado a partir dessa premissa como o elo necessário para a comunicação da SSC em sua nova forma.

## DO CONHECIMENTO: UMA VISÃO INTEGRADA DE FUNCIONAMENTO



A KM tem a possibilidade de atuar como facilitador, criando uma linguagem de comunicação real entre os conceitos, o processo, a prática e os envolvidos, de forma sincronizada e confiável às adaptações propostas ao roteiro da organização. Propõe a prática a fim que a KM agregue valor a SSC (Ding et al., 2017). Os novos desafios impostos pela necessidade de funcionamento sincronizado da SSC fazem com que o conhecimento das organizações seja disseminado entre os participantes com o objetivo de garantir que materiais e energia sejam mantidos em ciclo fechado. A cooperação entre os participantes, utilizando as tecnologias emergentes da I4.0, favorece a identificação de destinação de resíduos para serem reaproveitados em novos modelos de negócio (Schniederjans et al., 2020). O simples fato de conhecer a operação vertical e horizontal faz com que os processos sejam adaptados para melhor atender aos participantes da SSC.

Os participantes da SSC mais citados pela literatura são: o funcionário, que ao ter contato direto e regular com os processos, retêm um conhecimento que é considerado um ativo e este podendo evoluir com a inserção de novas ideias e tecnologias; a liderança, ao ser responsável pela melhor assimilação, armazenagem e logística dos conhecimentos (Birasnav & Bienstock, 2019; Malik et al., 2021; Ozkan-Ozen et al., 2020; Schniederjans et al., 2020; Song et al., 2021; Stentoft et al., 2021; Yadav et al., 2020); as ferramentas utilizadas no processo, pois são vistas como facilitadoras para o processo e recurso para a padronização de toda a cadeia de suprimentos, viabilizando a criação de novas ferramentas ou adaptações; os fornecedores, ao assumirem a função de compartilhamento do conhecimento, gerando aprendizados e melhorias, que podem ser inseridas no processo, promovendo a circularidade aos materiais, disseminação de tecnologias e inovação a cadeia (Karia, 2018; Melander & Pazirandeh, 2019; Narwane et al., n.d.; Noruzy et al., 2013; Omar et al., 2019; Raut et al., 2019; Shamim et al., 2017).

O estado da arte sobre o papel da KM na SSC mostra que a KM é um facilitador chave no desempenho da integração da EC e I4.0 na SSC. Assim, a KM pode ser abordado por meio de dois conceitos: a exploração do conhecimento e o compartilhamento, visando expandir os conhecimentos organizacionais frente a SSC (Kalogeraki et al., 2018). A KM pode ajudar a reduzir as lacunas de

conhecimento que são fundamentais nas ações como as realizadas nas operações logísticas, nos métodos de fabricação, gestão de compras, suprimentos e vendas, e facilitar a criação de um ambiente rastreável e transparente (Kassaneh et al., 2021). Na visão de funcionamento ideal da SSC, quando a implementação do processo tiver alcançado todos os participantes e gerar o conhecimento necessário dentro de cada atividade, a organização terá conseguido superar a complexidade de gerenciar um número elevado de variáveis e melhorar sua performance interna e externa. Espera-se que o contexto de funcionamento com maior nível de aderência aos princípios da SSC e suportados pelos recursos da KM, seja capaz de viabilizar a operação de agrupamentos organizacionais (*clusters*) que busquem ações coordenadas em direção a maiores níveis de sustentabilidade.

#### 4.4 Contribuições combinadas da EC, I4.0 e KM para SSC

As organizações passaram a considerar outros fatores por intermédio de um gerenciamento colaborativo para rastrear insumos e produtos em toda a cadeia produtiva. Conduta adotada em conjunto, voltadas à preservação ambiental, que exige ação coordenada da cadeia de suprimentos para ganhos de sustentabilidade. Comportamento que reforça a necessidade de identificação de estratégias que lidam com fatores internos das organizações, mas que passem a considerar como área de atuação as ações associadas ao funcionamento da cadeia de suprimentos na qual a organização participa.

As organizações estão sendo demandadas a desenvolver capacitações que considerem este novo cenários de atuação, que vai além dos atendimentos dos requisitos internos, buscando proficiência para lidar com o aumento do escopo e complexidade das operações expandidas das SSC. Os artigos identificados pelo protocolo desta pesquisa destacam termos associados a barreiras e desafios na implantação de novas tecnologias que suportem as organizações a compartilhar conhecimentos necessários para a sobrevivência nestes novos cenários de operações sustentáveis das SSC.

As organizações podem desenvolver suas atividades do uso de estratégias competitivas, como diferenciação e capacidade de resposta, devido os conceitos de velocidade, confiabilidade e

## DO CONHECIMENTO: UMA VISÃO INTEGRADA DE FUNCIONAMENTO



flexibilidade. Entretanto, estas estratégias de diferenciação não mais se limitam à empresa, mas se estendem da base de fornecedores até os clientes, que precisam de uma gestão eficaz e eficiente no ambiente da SSC (Ozkan-Ozen et al., 2020).

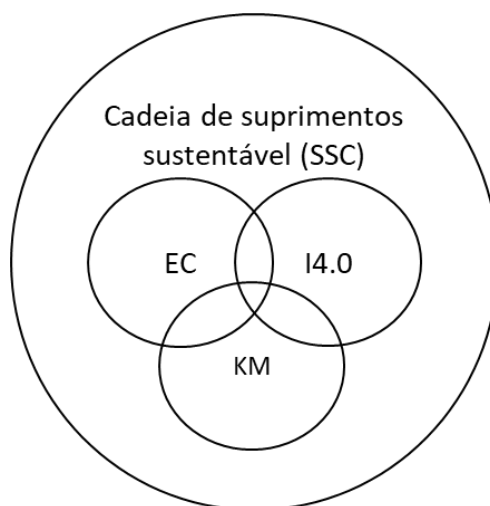
A busca pelas iniciativas dos princípios da EC, viabilizadas pelo uso das tecnologias da I4.0 e capacitadas pelas contribuições da KM, tem maior probabilidade de sucesso quando combinados sistemicamente com o funcionamento da SSC, criando a *Circular Supply Chain* (CSC). Neste sentido, a visão sistêmica da SSC pode influenciar decisões desde análises de localização e layout de instalação de uma empresa e seleção de modais de transporte que garantam a circularidade de materiais, até indicar melhores destinações para resíduos e práticas de logística reversa (Del Giudice et al., 2021).

O funcionamento da SSC requer o uso de ferramentas e processos que considerem a vida útil prolongada de produtos, bem como incluir um processo de tomada de decisão que amplie o formato tradicional e contemple os pilares do desenvolvimento sustentável, visando a proteção dos aspectos ambientais. O atendimento a esses requisitos gera uma cadeia de suprimentos voltada para a independência da extração de novos recursos naturais, redução dos potenciais impactos por meio da eliminação de descartes ao meio ambiente, resultando em melhoria de imagem e reputação ambiental junto aos consumidores (Wiśniewska-Szałek, 2021).

A figura 4 abaixo busca consolidar a visão integrada de funcionamento da SSC que destaca a presença de princípios interligados das abordagens da EC, I4.0 e KM como componentes viabilizadores de maiores níveis de sustentabilidade.

Figura 4

Visão integrada de funcionamento da SSC, EC, I4.0 e KM



Fonte: Elaborado pelos autores

## 5 CONCLUSÕES

Considerando a mudança de cenário de atuação das organizações em busca de atendimento das atuais expectativas da sociedade de desenvolvimentos sustentável, este trabalho buscou contribuir com a literatura destacando o papel combinado da utilização de conceitos relacionados a EC, I4.0 e a KM que promovam maiores desempenhos ambientais da cadeia de suprimentos, por meio da aplicação de princípios de circularidade de materiais e energia.

O novo contexto de atuação das organizações impõe exigências de desempenho que transcendem as dimensões econômicas e sociais da sustentabilidade. Os resultados desta pesquisa indicam que a dimensão ambiental da sustentabilidade deve receber atenção das organizações como critério influenciador de continuidade das suas operações. Neste sentido, a utilização combinada dos princípios da EC, I4.0 e KM como recurso para a operação da SSC apresenta maior potencial de geração dos ganhos de sustentabilidade.

As implicações teóricas desta pesquisa estão relacionadas à necessidade de que pesquisas futuras deverão tratar o contexto de funcionamento da SSC considerando a necessidade de funcionamento sistêmico de tecnologias que promovam a atuação conjunta, ambiente de

## DO CONHECIMENTO: UMA VISÃO INTEGRADA DE FUNCIONAMENTO



cooperação entre organizações e que favoreçam ganhos de sustentabilidade. No mesmo sentido, as implicações práticas estão relacionadas a compartilhar com as organizações a visão deste novo contexto de operação, que para conseguir ganhos de sustentabilidade precisará desenvolver novas abordagens de atuação.

O uso dos dados deste trabalho precisa considerar as limitações de que seus resultados foram gerados a partir de dados teóricos e que, devido a relativa novidade dos termos utilizados como palavras chaves, pode-se considerar que parte das pesquisas existentes não foi identificada devido à utilização de diferentes denominações. Entretanto, a abordagem de manter os termos escolhidos segue a premissa de buscar aderência e padronização conforme os artigos científicos e órgãos intergovernamentais como a ONU.

#### Referências

- Ardito, L., Petruzzelli, A. M., Panniello, U., & Garavelli, A. C. (2019). Towards Industry 4.0 Mapping digital technologies for supply chain management-marketing integration. *BUSINESS PROCESS MANAGEMENT JOURNAL*, 25(2, SI), 323–346. <https://doi.org/10.1108/BPMJ-04-2017-0088>
- Birasnav, M., & Bienstock, J. (2019). Supply chain integration, advanced manufacturing technology, and strategic leadership: An empirical study. *COMPUTERS & INDUSTRIAL ENGINEERING*, 130, 142–157. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.01.021>
- Blanc, D. Le, & Le Blanc, D. (2015). Towards Integration at Last? The Sustainable Development Goals as a Network of Targets. *Sustainable Development*, 23(3). <https://doi.org/10.1002/sd.1582>
- Bogers, M., Chesbrough, H., & Moedas, C. (2018). Open innovation: Research, practices, and policies. *California Management Review*, 60(2). <https://doi.org/10.1177/0008125617745086>
- Boulding E., K., & E., K. B. (1966). The Economics of the Coming Spaceship Earth. In *Environmental*

*Quality in a Growing Economy.*

Chesbrough, H. (2003). The logic of open innovation: Managing intellectual property. In *California Management Review* (Vol. 45, Issue 3). <https://doi.org/10.2307/41166175>

de Assis, R. F., de Santa-Eulalia, L. A., Ferreira, W. de P., Armellini, F., Anholon, R., Rampasso, I. S., & dos Santos, J. G. (2021). Translating value stream maps into system dynamics models: a practical framework. *INTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCED MANUFACTURING TECHNOLOGY*, 114(11–12), 3537–3550. <https://doi.org/10.1007/s00170-021-07053-y>

Del Giudice, M., Chierici, R., Mazzucchelli, A., & Fiano, F. (2021). Supply chain management in the era of circular economy: the moderating effect of big data. *INTERNATIONAL JOURNAL OF LOGISTICS MANAGEMENT*, 32(2), 337–356. <https://doi.org/10.1108/IJLM-03-2020-0119>

den Hollander, M. C., Bakker, C. A., & Hultink, E. J. (2017). Product Design in a Circular Economy: Development of a Typology of Key Concepts and Terms. *Journal of Industrial Ecology*, 21(3). <https://doi.org/10.1111/jiec.12610>

Dev, N. K., Shankar, R., & Qaiser, F. H. (2020). Industry 4.0 and circular economy: Operational excellence for sustainable reverse supply chain performance. *Resources, Conservation and Recycling*, 153. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104583>

Ding, G., Liu, H., Huang, Q., & Gu, J. (2017). Moderating effects of guanxi and face on the relationship between psychological motivation and knowledge-sharing in China. *Journal of Knowledge Management*, 21(5). <https://doi.org/10.1108/JKM-10-2016-0439>





Ellen MacArthur Foundation, McKinsey & Company, Foundation, E. M., Company, M. &, Ellen

MacArthur Foundation, & McKinsey & Company. (2014). Towards the Circular Economy : Accelerating the scale-up across global supply chains. *World Economic Forum*.

Gardezabal, A., Lunt, T., Jahn, M. M., Verhulst, N., Hellin, J., & Govaerts, B. (2021). Knowledge management for innovation in agri-food systems: a conceptual framework. *Knowledge Management Research and Practice*. <https://doi.org/10.1080/14778238.2021.1884010>

Gloet, M., & Samson, D. (2020). Knowledge and Innovation Management to Support Supply Chain Innovation and Sustainability Practices. *Information Systems Management*. <https://doi.org/10.1080/10580530.2020.1818898>

Hofmann, E., & Rüsçh, M. (2017). Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics. *Computers in Industry*, 89. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2017.04.002>

Ingemarsdotter, E., Jamsin, E., & Balkenende, R. (2020). Opportunities and challenges in IoT-enabled circular business model implementation – A case study. *Resources, Conservation and Recycling*, 162. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105047>

Jabbour, A. B. L. S., Jabbour, C. J. C., Foropon, C., & Filho, M. G. (2018). When titans meet – Can industry 4.0 revolutionise the environmentally-sustainable manufacturing wave? The role of critical success factors. *Technological Forecasting and Social Change*, 132. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.01.017>

Kalogeraki, E. M., Apostolou, D., Polemi, N., & Papastergiou, S. (2018). Knowledge management methodology for identifying threats in maritime/logistics supply chains. *Knowledge*

*Management Research and Practice*, 16(4).

<https://doi.org/10.1080/14778238.2018.1486789>

Karia, N. (2018). Knowledge resources, technology resources and competitive advantage of logistics service providers. *KNOWLEDGE MANAGEMENT RESEARCH \& PRACTICE*, 16(4), 451–463.

<https://doi.org/10.1080/14778238.2018.1521541>

Kassaneh, T. C., Bolisani, E., & Cegarra-Navarro, J. G. (2021). Knowledge management practices for sustainable supply chain management: A challenge for business education. *Sustainability (Switzerland)*, 13(5). <https://doi.org/10.3390/su13052956>

<https://doi.org/10.3390/su13052956>

Kazancoglu, I., Kazancoglu, Y., Yarimoglu, E., & Kahraman, A. (2020). A conceptual framework for barriers of circular supply chains for sustainability in the textile industry. *Sustainable Development*, 28(5), 1477–1492. <https://doi.org/10.1002/sd.2100>

<https://doi.org/10.1002/sd.2100>

Kazancoglu, I., Sagnak, M., Kumar Mangla, S., & Kazancoglu, Y. (2021). Circular economy and the policy: A framework for improving the corporate environmental management in supply chains. *Business Strategy and the Environment*, 30(1), 590–608.

<https://doi.org/10.1002/bse.2641>

Kirchherr, J., Reike, D., & Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. In *Resources, Conservation and Recycling* (Vol. 127).

<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005>

Koberg, E., & Longoni, A. (2019). A systematic review of sustainable supply chain management in global supply chains. In *Journal of Cleaner Production* (Vol. 207).



<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.033>

Lazar, S., Klimecka-tatar, D., & Obrecht, M. (2021). Sustainability orientation and focus in logistics and supply chains. *Sustainability (Switzerland)*, 13(6). <https://doi.org/10.3390/su13063280>

Lechner, G., & Reimann, M. (2020). Integrated decision-making in reverse logistics: an optimisation of interacting acquisition, grading and disposition processes. *International Journal of Production Research*, 58(19), 5786–5805. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1659518>

Lichtenthaler, U. (2011). Open innovation: Past research, current debates, and future directions. *Academy of Management Perspectives*, 25(1). <https://doi.org/10.5465/AMP.2011.59198451>

Loizia, P., Voukkali, I., Zorpas, A. A., Navarro Pedreño, J., Chatziparaskeva, G., Inglezakis, V. J., Vardopoulos, I., & Doula, M. (2021). Measuring the level of environmental performance in insular areas, through key performed indicators, in the framework of waste strategy development. *Science of the Total Environment*, 753. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141974>

Malik, N., Tripathi, S. N., Kar, A. K., & Gupta, S. (2021). Impact of artificial intelligence on employees working in industry 4.0 led organizations. *International Journal of Manpower*. <https://doi.org/10.1108/IJM-03-2021-0173>

Melander, L., & Pazirandeh, A. (2019). Collaboration beyond the supply network for green innovation: insight from 11 cases. *SUPPLY CHAIN MANAGEMENT-AN INTERNATIONAL JOURNAL*, 24(4), 509–523. <https://doi.org/10.1108/SCM-08-2018-0285>

Muniz, J., Batista, E. D., & Loureiro, G. (2010). Knowledge-based integrated Production Management Model applied to automotive companies. *International Journal of Knowledge Management Studies*, 4(3). <https://doi.org/10.1504/IJKMS.2010.038171>

Narwane, V. S., Raut, R. D., Mangla, S. K., Gardas, B. B., Narkhede, B. E., Awasthi, A., & Priyadarshinee, P. (n.d.). Mediating role of cloud of things in improving performance of small and medium enterprises in the Indian context. *ANNALS OF OPERATIONS RESEARCH*. <https://doi.org/10.1007/s10479-019-03502-w>

Nedelko, Z. (2021). What Drives the Usage of Management Tools Supporting Industry 4.0 in Organizations? *SENSORS*, 21(10). <https://doi.org/10.3390/s21103512>

Noruzi, A., Dalfard, V. M., Azhdari, B., Nazari-Shirkouhi, S., & Rezazadeh, A. (2013). Relations between transformational leadership, organizational learning, knowledge management, organizational innovation, and organizational performance: an empirical investigation of manufacturing firms. *INTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCED MANUFACTURING TECHNOLOGY*, 64(5–8), 1073–1085. <https://doi.org/10.1007/s00170-012-4038-y>

Omar, Y. M., Minoufekr, M., & Plapper, P. (2019). Business analytics in manufacturing: Current trends, challenges and pathway to market leadership. *OPERATIONS RESEARCH PERSPECTIVES*, 6. <https://doi.org/10.1016/j.orp.2019.100127>

Ozkan-Ozen, Y. D., Kazancoglu, Y., & Mangla, S. K. (2020). SYNCHRONIZED BARRIERS FOR CIRCULAR SUPPLY CHAINS IN INDUSTRY 3.5/INDUSTRY 4.0 TRANSITION FOR SUSTAINABLE RESOURCE MANAGEMENT. *RESOURCES CONSERVATION AND RECYCLING*, 161. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104986>



Pandey, J., Gupta, M., Behl, A., Pereira, V., Budhwar, P., Varma, A., Hassan, Y., & Kukreja, P. (2021).

Technology-enabled knowledge management for community healthcare workers: The effects of knowledge sharing and knowledge hiding. *Journal of Business Research*, 135.

<https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.07.001>

Pearce, D. W., & Turner, R. K. (1991). *Economics of Natural Resources and the Environment*.

Baltimore MD: Johns Hopkins University Press, 1990, 378 pp. *American Journal of Agricultural Economics*, 73(1). <https://doi.org/10.2307/1242904>

Raut, R. D., Mangla, S. K., Narwane, V. S., Gardas, B. B., Priyadarshinee, P., & Narkhede, B. E. (2019).

Linking big data analytics and operational sustainability practices for sustainable business management. *JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION*, 224, 10–24.

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.181>

Santander, P., Cruz Sanchez, F. A., Boudaoud, H., & Camargo, M. (2020). Closed loop supply chain

network for local and distributed plastic recycling for 3D printing: a MILP-based optimization approach. *Resources, Conservation and Recycling*, 154.

<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104531>

Sassanelli, C., Rossi, M., Pezzotta, G., de Jesus Pacheco, D. A., & Terzi, S. (2019). Defining lean product

service systems features and research trends through a systematic literature review. In *International Journal of Product Lifecycle Management* (Vol. 12, Issue 1).

<https://doi.org/10.1504/IJPLM.2019.104371>

Schniederjans, D. G., Curado, C., & Khalajhedayati, M. (2020). Supply chain digitisation trends: An

integration of knowledge management. *INTERNATIONAL JOURNAL OF PRODUCTION*

*ECONOMICS*, 220. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.07.012>

Shamim, S., Cang, S., Yu, H., & Li, Y. (2017). Examining the Feasibilities of Industry 4.0 for the Hospitality Sector with the Lens of Management Practice. *ENERGIES*, 10(4).  
<https://doi.org/10.3390/en10040499>

Song, S., Shi, X., Song, G., & Huq, F. A. (2021). Linking digitalization and human capital to shape supply chain integration in omni-channel retailing. *Industrial Management and Data Systems*, 121(11), 2298–2317. <https://doi.org/10.1108/IMDS-09-2020-0526>

Stentoft, J., Adboll Wickstrom, K., Philipsen, K., & Haug, A. (2021). Drivers and barriers for Industry 4.0 readiness and practice: empirical evidence from small and medium-sized manufacturers. *PRODUCTION PLANNING & CONTROL*, 32(10), 811–828.  
<https://doi.org/10.1080/09537287.2020.1768318>

Thoben, K. D., Wiesner, S. A., & Wuest, T. (2017). “Industrie 4.0” and smart manufacturing-a review of research issues and application examples. In *International Journal of Automation Technology* (Vol. 11, Issue 1). <https://doi.org/10.20965/ijat.2017.p0004>

Tseng, M. L., & Bui, T. D. (2017). Identifying eco-innovation in industrial symbiosis under linguistic preferences: A novel hierarchical approach. *Journal of Cleaner Production*, 140.  
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.10.014>

Varriale, V., Cammarano, A., Michelino, F., & Caputo, M. (2021). Sustainable supply chains with blockchain, IoT and RFID: A simulation on order management. *Sustainability (Switzerland)*, 13(11). <https://doi.org/10.3390/su13116372>



Vegter, D., Hillegersberg, J. Van, & Olthaar, M. (2020). Supply chains in circular business models: processes and performance objectives. *Resources, Conservation and Recycling*, 162. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105046>

Weetman, C. (2016). *A circular economy handbook for business and supply chains: Repair, remake, redesign, rethink*. Kogan Page Publishers.

West, J., Salter, A., Vanhaverbeke, W., & Chesbrough, H. (2014). Open innovation: The next decade. In *Research Policy* (Vol. 43, Issue 5). <https://doi.org/10.1016/j.respol.2014.03.001>

Wiśniewska-Sałek, A. (2021). Managing a Sustainable Supply Chain-Statistical Analysis of Natural Resources in the Furniture Industry. In *Management Systems in Production Engineering* (Vol. 29, Issue 3). <https://doi.org/10.2478/mspe-2021-0028>

Yadav, G., Luthra, S., Jakhar, S. K., Mangla, S. K., & Rai, D. P. (2020). A framework to overcome sustainable supply chain challenges through solution measures of industry 4.0 and circular economy: An automotive case. *JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION*, 254. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120112>