



Campus São Mateus  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO



ARTIGO ORIGINAL

OPEN ACCESS

## UM ESTUDO DE REVISÃO DE LITERATURA UTILIZANDO O PROKNOW-C PARA PROBLEMAS DE SEQUENCIAMENTO DA PRODUÇÃO COM A PERSPECTIVA SUSTENTÁVEL

A LITERATURE REVIEW STUDY USING PROKNOW-C FOR PRODUCTION SEQUENCING PROBLEMS WITH A SUSTAINABLE PERSPECTIVE

UN ESTUDIO DE REVISIÓN DE LA LITERATURA UTILIZANDO PROKNOW-C PARA PROBLEMAS DE SECUENCIACIÓN DE PRODUCCIÓN CON UNA PERSPECTIVA SOSTENIBLE

Arthur Guilherme Siqueira da Silva <sup>1\*</sup> & Marcos Wagner Jesus Servare Junior <sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Centro Universitário Salesiano, UniSales

<sup>1\*</sup> [arthur.silvaguilherme@hotmail.com](mailto:arthur.silvaguilherme@hotmail.com) <sup>2</sup> [rmarcos.servare@salesiano.br](mailto:rmarcos.servare@salesiano.br)

### ARTIGO INFO.

Recebido: 15.05.2023

Aprovado: 19.06.2023

Disponibilizado: 10.07.2023

**PALAVRAS-CHAVE:** Cadeia de suprimentos sustentável; Tomada de decisão; Programação da produção; Gases estufa.

**KEYWORDS:** Sustainable supply chain; Decision making; Production scheduling; Greenhouse gases.

**PALABRAS CLAVE:** Cadena de suministro sostenible; Toma de decisiones; Programación de la producción; Gases de invernadero.

\*Autor Correspondente: Silva, A. G. S., da.

### RESUMO

A programação da produção dentro da cadeia de suprimentos é essencial para que uma organização obtenha o êxito ou fracasso no seu negócio. Deste modo, a busca pela eficiência e otimização tornou-se um assunto constantemente pautado no meio acadêmico. Entretanto, ao longo dos últimos 20 anos, as consequências desse comportamento estão sendo reverberadas em nosso planeta. Com isso, este presente artigo tem como o objetivo realizar uma revisão de literatura, utilizando a metodologia ProKnow-C, quanto aos impactos ambientais da má utilização e alocação de recursos durante a programação da produção dentro dos pátios de estocagem. O seu desenvolvimento foi baseado na seleção de um portfólio bibliográfico, por meio do impacto acadêmico, no período dos últimos cinco anos, através de palavras-chave. Após a seleção do portfólio, foi feita uma análise bibliométrica e sistêmica, onde foi possível perceber que, a busca por uma cadeia de suprimentos sustentável está ganhando relevância dentro da literatura no cenário nacional, mas é algo ainda embrionário. Dessa forma, pode-se concluir que, optar por uma programação de produção que agrida menos ao meio ambiente, se tornará fator essencial na tomada de decisões que orientam um processo produtivo.

### ABSTRACT

*Production scheduling within the supply chain is essential for an organization to succeed or fail in its business. In this way, the search for efficiency and optimization has become*

*a subject constantly guided in the academic environment. However, over the last 20 years, the consequences of this behavior are being reverberated on our planet. Therefore, this article aims to carry out a literature review, using the ProKnow-C methodology, regarding the environmental impacts of misuse and allocation of resources during production scheduling within the stockyards. Its development was based on the selection of a bibliographic portfolio, through the academic impact, within the last five years, through keywords. After selecting the portfolio, a bibliometric and systemic analysis was carried out, where it was possible to perceive that the search for a sustainable supply chain is gaining relevance within the literature on the national scene, but it is still embryonic. Thus, it can be concluded that, by opting for a production schedule that is less harmful to the environment, it will become an essential factor in making decisions that guide a production process.*

### RESUMEN

*La programación de la producción dentro de la cadena de suministro es esencial para que una organización tenga éxito o fracase en su negocio. De esta forma, la búsqueda de la eficiencia y optimización se ha convertido en un tema constantemente orientado en el ámbito académico. Sin embargo, en los últimos 20 años, las consecuencias de este comportamiento están repercutiendo en nuestro planeta. Por lo tanto, este artículo tiene como objetivo realizar una revisión de la literatura, utilizando la metodología ProKnow-C, sobre los impactos ambientales del mal uso y la asignación de recursos durante la programación de la producción dentro de los patios de acopio. Su desarrollo se basó en la selección de un portafolio bibliográfico, a través del impacto académico, dentro de los últimos cinco años, a través de palabras clave. Luego de la selección del portafolio, se realizó un análisis bibliométrico y sistémico, donde se pudo percibir que la búsqueda de una cadena de suministro sostenible está cobrando relevancia dentro de la literatura en el panorama nacional, pero aún es embrionario. Así, se puede concluir que, al optar por un programa de producción menos nocivo para el medio ambiente, se convertirá en un factor fundamental en la toma de decisiones que orienten un proceso productivo.*



## INTRODUÇÃO

O Acordo de Paris, assinado em 2015, é um marco importante no contexto das questões ambientais globais, estabelecendo metas e diretrizes para combater as mudanças climáticas e reduzir as emissões de gases de efeito estufa. De acordo com a Organização Meteorológica Mundial (OMM, 2023), aproximadamente 73% das emissões globais de gases do efeito estufa são provenientes do setor de energia, o que está diretamente relacionado às metas estabelecidas pelo Acordo de Paris.

O relatório "Unidos pela Ciência" da ONU (2021) destaca que a temperatura global será, em média, 1°C mais quente do que os níveis pré-industriais nos próximos cinco anos. Esse cenário reforça a urgência de tomar medidas para mitigar as mudanças climáticas, conforme estabelecido pelo Acordo de Paris.

No contexto empresarial, a sustentabilidade ambiental, social e de governança corporativa (ESG, na sigla em inglês) tem se tornado cada vez mais relevante. O Acordo de Paris influenciou essa mudança de perspectiva, levando as organizações a considerarem não apenas os aspectos econômicos, mas também os impactos ambientais e sociais em suas decisões.

No gerenciamento da cadeia de suprimentos, destaca-se que ele afeta todos os níveis hierárquicos, econômicos e operacionais de uma organização. Nesse sentido, a busca por Cadeias de Suprimentos Sustentáveis (CSS) tem ganhado destaque. Essas cadeias levam em consideração não apenas os aspectos econômicos, mas também os ambientais e sociais em seu planejamento e programação de produção, buscando um equilíbrio entre os critérios econômicos, sociais e ambientais, mesmo que haja conflito entre eles (Chaabane et al., 2012).

Conforme destacado por Tautenhain e Nascimento (2019), a cadeia de suprimentos abrange todas as etapas da produção, desde os fornecedores de matéria-prima até os centros de distribuição, onde os produtos são armazenados ou entregues aos clientes finais. Esse enfoque revela que o desafio do gerenciamento da cadeia de suprimentos, conhecido como *supply chain management*, afeta todos os níveis hierárquicos, econômicos e operacionais de uma organização.

Com isso, dentro do contexto do gerenciamento da cadeia de suprimentos de minério de ferro em pátios portuários, a complexidade da cadeia e a variação na demanda representam desafios significativos. Esses fatores dificultam o planejamento adequado da alocação das pilhas de minério e a eficiência do sequenciamento das operações.

Assim, o estudo realizado por Servare Junior et al. (2019) evidencia que o planejamento adequado da alocação das pilhas e o sequenciamento eficiente da utilização dos recursos têm um impacto significativo nos indicadores de desempenho da atividade em questão. Portanto, tanto o gerenciamento da cadeia de suprimentos, como a alocação dos recursos nas etapas de produção, possuem um impacto direto no desempenho e nos resultados da empresa, enfatizando a importância de estratégias eficazes nesses aspectos-chave.

Além disso, Marinot et al. (2018) ressaltam a importância da programação adequada dos recursos para reduzir o tempo de operação dos navios nos portos. A disponibilidade dos



recursos necessários no momento correto é crucial para evitar atrasos nos prazos e garantir um adequado atracamento dos navios.

Desse modo, o objetivo desta pesquisa é realizar um estudo de revisão de literatura, utilizando a metodologia *ProKnow-C*, sobre os impactos da má utilização e alocação de recursos durante a programação da produção nos pátios de estocagem. Para isso, o trabalho foi desenvolvido com base na seleção de um portfólio bibliográfico que considerou o impacto acadêmico gerado nos últimos cinco anos, por meio do uso de palavras-chave relevantes.

O presente trabalho está estruturado da seguinte forma: na Seção 1 apresenta-se a introdução da problemática abordada; na Seção 2 são apresentados os artigos selecionados utilizando a metodologia de pesquisa *ProKnow-C*; na Seção 3 é realizada uma análise bibliométrica e sistêmica do portfólio bibliográfico; e, por fim, na Seção 4, são apresentadas as considerações finais.

### **PROKNOW-C**

O método para construção do banco bibliográfico utilizado foi *Knowledge Development Process - Constructivist* (ProKnow-C). De acordo com Ensslin et al. (2015) é uma ferramenta que proporciona uma condução estruturada e rigorosa da seleção de artigos a partir do uso de palavras-chave, que são capazes de configurar o eixo explorado. Essa ferramenta é formada por quatro etapas, sendo elas: (I) seleção do portfólio bibliográfico; (II) análise bibliométrica; (III) análise sistêmica; e (IV) recomendações para a pergunta da pesquisa e objetivo geral dessa.

## **DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DA METODOLOGIA PROKNOW-C**

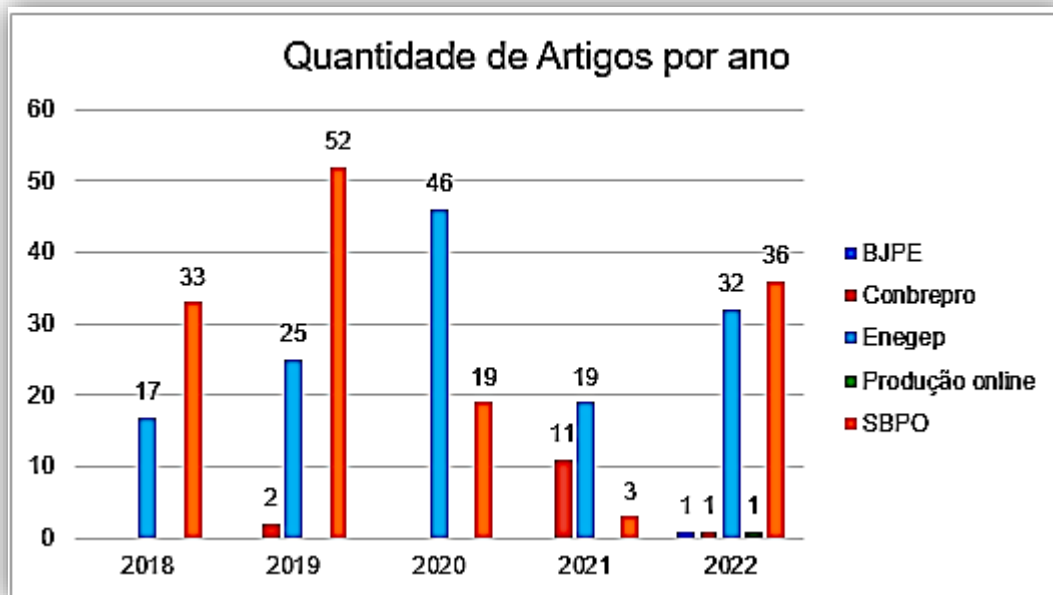
### **SELEÇÃO DO PORTFÓLIO BIBLIOGRÁFICO**

Para o início da análise, baseado no tema central do artigo – os impactos da má utilização e alocação de recursos durante a programação da produção dentro dos pátios de estocagem –, foram utilizadas as seguintes palavras-chave com o objetivo de realizar uma busca nos bancos de dados de artigos científicos disponibilizados, sendo elas: sequenciamento da produção; modelagem matemática; pesquisa operacional e; pátio. Com isso, foi possível visualizar a quantidade de artigos selecionados a partir desse parâmetro estabelecido (Figura 1).

A busca por um portfólio bibliográfico neste artigo (Figura 1) baseou-se em análises e filtros para que ambos corroborassem ao tema proposto. Assim, foram utilizadas as palavras-chave citadas acima para realizar a busca por artigos em revistas e congressos da área de engenharia de produção. Desse modo, as palavras-chave escolhidas foram inseridas nos campos de pesquisa das seguintes fontes: ConBRepo (Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção); BJPE (*Brazilian Journal of Production Engineering*); ENEGEP (Encontro Nacional de Engenharia de Produção); SBPO (Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional) e; Produção Online. O período de pesquisa selecionado foi de 5 anos, isto é, do ano de 2018 a 2022.



Figura1. Quantidade de artigos publicados em português por periódicos em cada ano



Fonte: Autores.

A aplicação dos filtros foi dividida em seis etapas, sendo elas: (I) Artigos brutos; (II) Filtro de Redundância; (III) Filtro de Relevância; (IV) Filtro de Citações; (V) Filtro de Leitura dos Resumos; e (VI) Filtro Leitura Integral (Figura 2).

Etapa I - Artigos Brutos: Essa etapa consistiu na busca inicial de artigos apenas pelas palavras-chave nos anais das revistas e congressos, sem aplicar nenhum filtro. Portanto, foram encontrados, no total, 298 artigos, conforme na Figura 2.

Etapa II - Filtro de Redundância: Foi feita uma revisão dos artigos selecionados na Etapa I para verificar se havia repetição de artigos. Com isso, os que estavam em redundância foram eliminados, restando o total de 282 artigos.

Etapa III - Filtro de Relevância: Nesta etapa foi realizada a leitura dos títulos dos artigos com o intuito de verificar quais teriam maior relação com o eixo de pesquisa explorado e poderiam contribuir com a revisão de literatura. Assim, de 282 artigos, permaneceram apenas 61.

Etapa IV - Filtro de Citações: Foi necessária a utilização do *Google Scholar* (Google, 2023), também conhecido como Google Acadêmico, com o objetivo de contabilizar a quantidade de citações dos artigos e, em conjunto, avaliar a relevância dos artigos em relação aos seus autores, além de considerar a data de publicação. Entretanto, não foi possível achar nenhuma citação dos 61 artigos que restaram após o filtro de relevância.

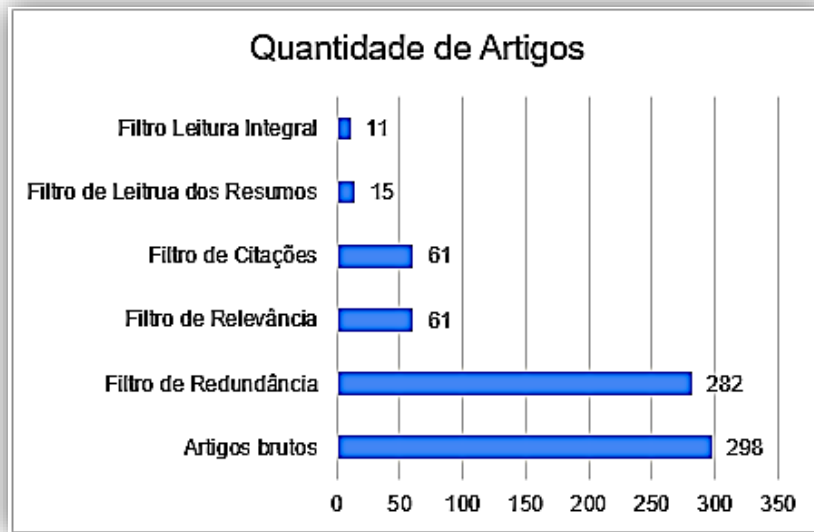
Etapa V - Filtro de Leitura dos Resumos: Como não foi possível achar nenhuma citação dos artigos na etapa IV, foi efetuada a leitura dos resumos dos 61 artigos. A partir disso, foram eliminados 46 artigos, restando apenas 15.

Etapa VI - Filtro Leitura Integral: Nesta etapa final, foi feita a leitura dos 15 artigos de forma integral. Após a análise, verificou-se que, dos 15 artigos desta etapa, 11 estavam dentro do eixo temático buscado e contribuíram para o portfólio bibliográfico final.

A Figura 2 representa a quantidade de artigos em cada etapa.



Figura 2. Quantidade de artigos em cada etapa



Fonte: Autores.

Dessa forma, ao final de todas as etapas, obteve-se no total 11 artigos científicos para compor o portfólio bibliográfico (Quadro 1). Nele apresenta-se a seleção final dos artigos evidenciando os autores, ano e local de publicação.

Quadro 1. Relação de artigos ao final das etapas

ARTIGOS	LOCAL DE PUBLICAÇÃO	ANO
Ikeda et al. (2018)	Enegep	2018
Marinot et al. (2018)	SBPO	2018
Rupolo e Mantovani (2018)	SBPO	2018
Heymann et al. (2019)	Enegep	2019
Mundim et al. (2019)	SBPO	2019
Servare Junior et al. (2019)	SBPO	2019
Tautenhain e Nascimento (2019)	SBPO	2019
Silva e Oliveira Silva (2021)	Enegep	2021
Lima et al. (2021)	Enegep	2021
Lucas et al. (2022)	SBPO	2022
Rezende et al. (2022)	Enegep	2022

Fonte: Autores.

### ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA DO PORTFÓLIO

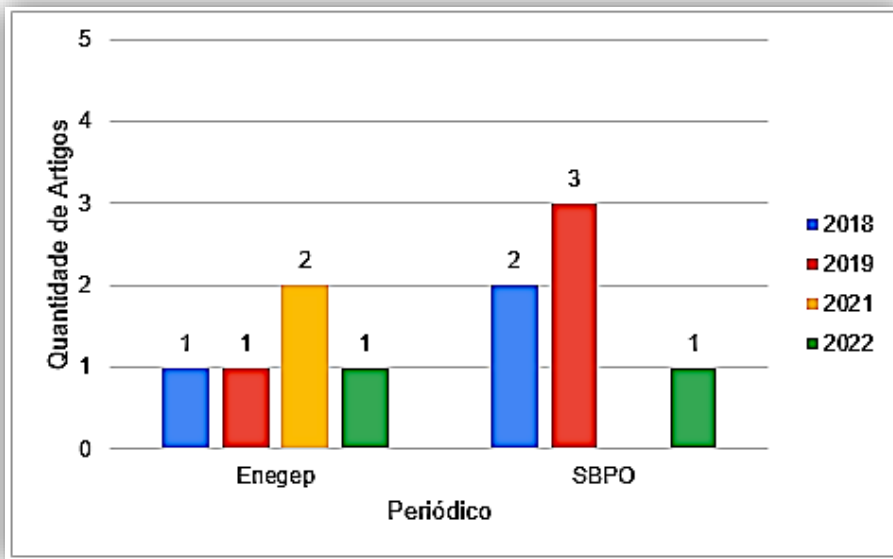
Com base no levantamento realizado, as análises bibliométricas se deram a partir de algumas métricas adotadas, sendo elas: fonte com maior número de artigos; ano de publicação; e citações. Assim, foi possível observar as análises dos 11 artigos finais, após a aplicação da metodologia *ProKnow-C*.

#### FONTE COM MAIOR NÚMERO DE ARTIGOS

Ao observar a origem de publicação dos artigos selecionados para o *portfólio* (Figura 3), foi possível evidenciar que 54,5% dos artigos foram publicados no Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional (SBPO) e 45,5% foram publicados no Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP). Assim, o Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional demonstrou ser um potencial de referência no que tange o assunto programação da produção através da modelagem matemática.



Figura 3. Número de artigos por periódico

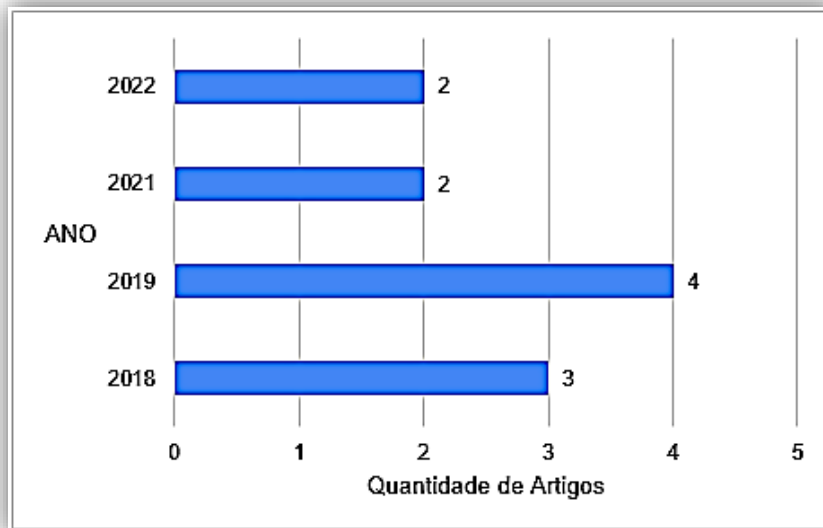


Fonte: Autores

#### ANO DE PUBLICAÇÃO

Observando a Figura 4 abaixo, cerca de 36,4% dos artigos foram publicados no ano de 2019. Logo em seguida, encontra-se o ano de 2018, com cerca de 27,3%. E, por fim, o ano de 2021 e 2022 ambos com, respectivamente, 18,2%.

Figura 4. Relação quantidade de artigos por ano de publicação



Fonte: Autores

#### CITAÇÕES

No quesito de relevância, não foi encontrada nenhuma citação de acordo com a pesquisa realizada no *Google Scholar* (Quadro 2). Dessa forma, pode-se verificar que, não foi encontrada nenhuma citação dos artigos selecionados do portfólio bibliográfico devido o eixo temático explorado ser algo que, ou vem pouco sendo debatido, ou é algo novo dentro da literatura.





Quadro 2. Número de citações por artigo

ARTIGOS	LOCAL DE PUBLICAÇÃO	ANO	CITAÇÕES
Ikeda et al. (2018)	Enegep	2018	0
Marinot et al. (2018)	SBPO	2018	0
Rupolo e Mantovani (2018)	SBPO	2018	0
Heymann et al. (2019)	Enegep	2019	0
Mundim et al. (2019)	SBPO	2019	0
Servare Junior et al. (2019)	SBPO	2019	0
Tautenhain e Nascimento (2019)	SBPO	2019	0
Silva e Oliveira Silva (2021)	Enegep	2021	0
Lima et al. (2021)	Enegep	2021	0
Lucas et al. (2022)	SBPO	2022	0
Rezende et al. (2022)	Enegep	2022	0

Fonte: Autores

### ANÁLISE SISTÊMICA DO PORTFÓLIO

Após a seleção dos artigos e análise bibliométrica do portfólio, o próximo passo foi a realização da análise sistêmica, no qual o objetivo foi:

- I) Avaliar o conteúdo dos artigos;
- II) O desenvolvimento de cada trabalho;
- III) As técnicas e abordagens utilizadas.

Ikeda et al. (2018) evidenciaram que a utilização do carvão mineral em conjunto com a biomassa para a realização da cocombustão, mostra-se com uma alternativa viável para a redução da emissão de CO<sup>2</sup> na atmosfera dentro de uma cadeia de suprimentos. Isso se dá devido à energia necessária de ativação para o início da reação de combustão ser reduzida ao utilizar essa mistura. Com isso, constatou-se que a presença da biomassa na combustão do carvão melhora os índices técnicos da queima do carvão. Dessa maneira, conclui-se que ao realizar essa troca os maquinários utilizados durante a programação da produção serão menos nocivos à atmosfera, devido estarem emitindo uma quantidade menor de gases de efeito estufa.

Marinot et al. (2018) propuseram um modelo matemático de programação linear inteiro misto baseado na integração de dois problemas conhecidos na literatura, o *Berth Allocation Problem* e o *Multi-mode Resource Constrained Project Scheduling Problem*. O objetivo é programar a fila de atracação de navios considerando a disponibilidade dos recursos no pátio portuário, em busca da redução do tempo de estadia dos navios no porto. Dessa forma, o presente artigo foi aplicado em um porto de carga geral do Espírito Santo, que possui como atividade primária a movimentação de fardos de celulose. Foram considerados 5 recursos fundamentais para a atracação dos navios, sendo eles: guindastes; área de pátio; empilhadeiras; trabalhadores e caminhões. Com isso, através do *solver* CPLEX, é gasto em média 14,6 minutos de execução. Os resultados demonstraram que o comprimento do cais, impacta fortemente no tempo de estadia dos navios e, em contrapartida, a quantidade dos outros recursos não se mostrou um fator crítico para a operação.



Rupolo e Mantovani (2018) propuseram uma metodologia que tem como objetivo realizar o planejamento de redes de distribuição de média tensão (MT) e baixa tensão (BT) de maneira integrada, através de fontes baseadas na geração de energias renováveis. Para reduzir os impactos ambientais ao planeta, percebeu-se que é preciso realizar a integração de fontes de geração distribuída de energias renováveis dentro do planejamento e programação do sistema, devido às mudanças climáticas que vem ocorrendo, pois a produção e consumo de energia contribuem, significativamente, ao efeito estufa, que ocasiona o aumento da temperatura global do planeta. Os resultados mostram que, ao incorporar a geração distribuída de energias renováveis aos sistemas de distribuição, é possível reduzir, de forma significativa, a emissão de gases poluentes e minimizar os custos associados à programação da operação e à confiabilidade do processo.

Heymann et al. (2019), realizaram uma análise através de um estudo de caso baseado na avaliação do desempenho anual de sete empresas do setor de energia, durante o período de 2012 a 2017, listadas no Índice de Sustentabilidade Empresarial (ISE), sob o ponto de vista das três dimensões da sustentabilidade, isto é, econômica, ambiental e social. Assim, conseguiram demonstrar a carência existente na literatura sobre os impactos sustentáveis gerados a partir da tomada de decisão dos *stakeholders* em decidirem quais ações, organizações ou iniciativas que irão investir seus recursos.

Mundim et al. (2019) utilizaram um modelo matemático baseado em minimizar a redução da emissão de gases CO<sup>2</sup> na frota de caminhões usada para realizar o roteamento do estoque no processo produtivo da organização. Com isso, ao compararem com o modelo que busca minimizar o custo no problema de roteamento do estoque, denominado MMIRP, o modelo matemático mostrou resultados melhores a partir dos testes. Além disso, a abordagem proposta, financeiramente, mostrou-se competitiva com a literatura clássica, auxiliando na tomada de decisão.

Servare Junior et al. (2019) apresentaram um modelo matemático para um sistema de armazenamento de minério no sistema pátio-porto com o objetivo de maximizar a quantidade de navios atendidos no horizonte de planejamento, aproximando assim da realidade observada nas empresas. Com isso, foi possível observar que os níveis de impacto dentro do processo produtivo foram gerados a partir de um horizonte da cadeia de suprimentos bem estabelecida e planejada. Desse modo, os resultados concluíram que, o modelo proposto é uma ferramenta fundamental na tomada de decisão.

Tautenhain e Nascimento (2019), através de um artigo de revisão de literatura, realizaram uma análise dos modelos e métodos de solução multiobjetivo, durante os cinco últimos anos, para a otimização da cadeia de suprimentos sustentáveis, também conhecida como CCS. A partir da avaliação em cima de três critérios definidos – econômico, social e ambiental –, foi possível observar de forma explícita os impactos gerados dos modelos propostos em cada trabalho avaliado. Nos resultados verifica-se que a maioria dos modelos analisados não realiza





a inclusão da incerteza e, uma possível justificativa para essa lacuna seria, a dificuldade computacional em lidar com a incerteza dentro das soluções propostas.

Silva e Oliveira Silva (2021) realizaram uma revisão de literatura dos impactos da manufatura avançada sob os olhares de uma produção sustentável, onde propuseram a troca pelo sistema de produção *green flow shop scheduling*, isto é, é um sistema que visa otimizar o consumo de energia e minimizar os impactos ambientais.

O cenário de aplicação da pesquisa de Lima et al. (2021) é o estado de Rondônia, onde o objeto é a busca da melhor cidade para ser a sede de uma indústria de produtos domissanitários. Com isso, a fim de mitigar os custos com transporte e reduzir a emissão de CO<sup>2</sup>, foi elaborada uma meta-heurística para o roteamento dos veículos a fim de encontrar as cidades com menores distâncias. Assim sendo, os resultados foram capazes de auxiliar na tomada de decisões devido às soluções promissoras.

A revisão bibliográfica realizada por Lucas et al. (2022) mostra que há poucos artigos científicos que possuem como eixo temático, a aplicação de técnicas de otimização em cadeias de suprimentos visando à transição energética.

Rezende et al. (2022) propuseram a aplicação meta-heurística ALNS (*Adaptive Large Neighborhood Search*) para resolver o MP-VRP, que é um problema que busca a otimização das rotas de uma frota e do carregamento desses veículos. Entretanto, é um problema recente e não vem sendo debatido no mundo acadêmico, o que ocasiona um recorte de dados mais enxutos. Para ocorrer a adaptação da meta-heurística ALNS, foram necessárias seis versões, onde cada versão tinha uma sub-heurística a menos para a análise do desempenho. Assim, os resultados obtidos mostraram que não ocorreu uma variância significativa, mas a versão completa do ALNS apresentou resultados melhores.

### CLASSIFICAÇÃO DOS ARTIGOS

Desse modo, após a análise sistêmica do conteúdo de cada artigo do portfólio, os Quadros 3 e 4 são a representação de um conjunto de características usadas para classificar os artigos com o objetivo de obter uma visão mais assertiva, sendo elas:

- Técnicas para solução: Nesta seção os artigos foram classificados de acordo com o tipo de programação matemática utilizada, tais quais, meta-heurística (MH), programação linear inteira mista (MILP), programação não linear inteira mista (MINLP) e método de apoio multicritério para decisão (MAMD).
- Função objetivo: Contém a principal informação, no qual os autores desejam minimizar (Mi) ou maximizar (Ma) o objetivo geral determinado.
- Critério: Usado para determinar se o artigo analisado atinge o âmbito econômico (Ec) ou sustentável (S).
- Variáveis otimizadas: As variáveis são utilizadas no desenvolvimento dos modelos matemáticos e, neste caso, cada artigo apresenta variáveis para otimizar a função objetivo e estão sujeitas às restrições empregadas no modelo, por exemplo, custos (C), emissão de gases poluentes (E) e transporte (Tr).



- Definição do problema: Nesta seção foram abordadas as principais características dos modelos, como por exemplo, quantos períodos e produtos que o modelo considera planejar e o número de critérios observados para a tomada de decisão.

Com isso, os impactos gerados ao meio ambiente por causa da programação da produção, listados nesta pesquisa, podem ser vistos com suas principais características resumidamente nos Quadros 3 e 4.

**Quadro 3.** Classificação das características usadas

CLASSIFICAÇÃO		CÓDIGO
Função	Minimizar	Mi
	Maximizar	Ma
Objetivo	Sustentável	S
	Econômico	Ec
Variáveis otimizadas	Custo	C
	Tempo	T
	Capacidade da instalação	Cp
	Emissão de gases poluentes	E
	Operação	O
	Confiabilidade	Cf
	Investimento	I
	Transporte	Tr
	Estoque	Es
	Consumo de energia	Cs
Técnicas de solução	Meta-heurística	MH
	Programação Linear Inteira Mista	MILP
	Programação Não Linear Inteira Mista	MINLP
	Método de Apoio Multicritério a Decisão	MAMD
Definição do Problema	Período	
	Período único	PU
	Multi-período	MP
	Produto	
	Produto único	PrU
	Multi-produto	MPr
	Critério	
	Critério único	CrU
Multi-critério	MCr	

Fonte: Autores

**Quadro 4.** Código após a revisão dos artigos sobre impactos ambientais durante a programação da produção

ARTIGOS	Técnicas de solução	Função Objetivo	Critério	Variáveis otimizadas	Definição do Problema
Ikeda et al. (2018)	MAMD	-	S	E	MCr
Marinot et al. (2018)	MILP	Mi	Ec	T; Cp	MP; MPr
Rupolo e Mantovani (2018)	MINLP	Mi	S; Ec	C; Em; O; Cf	MCr; MP
Heymann et al. (2019)	MAMD	Ma	S	I	MCr
Mundim et al. (2019)	MILP	Mi	S; Ec	C; Em; Tr; Es	MP
Servare Junior et al. (2019)	MILP	Ma	Ec	T; Cp; Tr; Es	MPr
Tautenhain e Nascimento (2019)	-	Mi; Ma	S; Ec	C; Es	MP; MPr; E
Silva e Oliveira Silva (2021)	MILP	Mi; Ma	S	C; T; E; Cs; O	MP; MPr
Lima et al. (2021)	MH	Mi	S; Ec	C; E; Tr	MP; PrU
Lucas et al. (2022)	-	-	S; Ec	-	-
Rezende et al. (2022)	MH	-	Ec	-	-

Fonte: Autores

Ao realizar a classificação dos artigos selecionados no quadro acima foi possível ter uma visão analítica do que cada estudo se propõe dentro dos parâmetros impostos. Assim, percebe-se que nesse eixo de pesquisa, dos 11 artigos do portfólio, 44,4% utiliza a técnica de solução



Programação Linear Inteira Mista (MILP), o que representa ser uma ótima solução para resolver os problemas da programação da produção.

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

Depois da execução de todas as etapas pré-estabelecidas pela metodologia *ProKnow-c*, desde os dados brutos, até a realização da análise bibliométrica e sistêmica, conclui-se que o referente estudo foi realizado com êxito em relação ao seu eixo temático: os impactos ambientais da má utilização e alocação de recursos durante a programação da produção dentro dos pátios de estocagem.

A seleção dos artigos para o portfólio bibliográfico foi realizada em congressos, simpósios e revistas de engenharia de produção, por meio do uso de palavras-chave, sendo elas: sequenciamento da produção; modelagem matemática; pesquisa operacional; e pátio. Dessa forma, o banco de dados que teve maior influência no portfólio foi o SBPO, com cerca de 54,5% de ocupação. Entretanto, ao realizar o filtro de citações no Google Scholar, os 61 artigos, que estava nessa etapa, não foram citados em nenhum outro trabalho acadêmico desenvolvido. Com isso, foi possível concluir que o eixo temático que está sendo explorado é algo que não vem sendo debatido e, assim, foi necessário a leitura de todos os resumos, restando apenas 15 artigos. Ao final, seguindo as etapas da metodologia usada, gerou-se 11 artigos científicos relevantes que se relacionam com o tema pesquisado.

Na etapa da análise sistêmica foi avaliado o conteúdo dos trabalhos selecionados e, logo após, foi realizada uma classificação com relação às categorias principais (modelo matemático, função objetiva, critério, variáveis otimizadas e definição do problema), gerando assim, uma visão analítica mais aprofundada.

Portanto, na etapa da análise sistêmica, foi avaliado o conteúdo dos trabalhos selecionados e constatou-se uma crescente atenção e interesse das organizações nos impactos ambientais ocasionados a partir da programação da cadeia de suprimentos. Esse cenário deu-se devido ao Acordo de Paris, isto é, um compromisso mundial, adotado por 195 países, que propõe metas para a redução de emissão de gases de efeito estufa.

Com isso, a visão geral dos papéis de modelos matemáticos existentes usando critérios sustentáveis na literatura foi realizada, e então classificamos os artigos selecionados no Quadro 4 de acordo os recursos apresentados no Quadro 3.

No que diz respeito à literatura acima mencionada, dois principais atributos foram considerados em oportunidades de pesquisa no futuro:

- I) No Brasil, há poucos trabalhos que abordam a temática da alocação de recursos durante a programação da produção considerando o impacto ambiental gerado e, devido a isso, um sinal de alerta deve ser ligado, principalmente ao olhar para o horizonte estabelecido pelo Acordo de Paris. Em contrapartida, a literatura estrangeira demonstra artigos avançados sobre a transição energética dentro da cadeia de suprimentos e conta com um *portfólio* bem estabelecido.
- II) A busca por trabalhos que abordam o termo CCS (Cadeia de Suprimentos Sustentáveis), que se tornou conhecido durante a utilização do *Proknow-C*.

### AGRADECIMENTOS

Ao Programa institucional de iniciação a pesquisa científicas e inovação tecnológica.



## REFERÊNCIAS

- Caiado, R. G. G., Heymann, M. C., Lima, G. B. A., & Pereira, V. (2019). *Análise do desempenho sustentável com uso de métodos de apoio a decisão - estudo de caso em empresas de energia do ciclo 2012 – 2017*. Santos, São Paulo. Recuperado de [https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN\\_STO\\_29\\_2\\_1650\\_38263.pdf3](https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_29_2_1650_38263.pdf3)
- Chaabane, A., Ramudhin, A., & Paquet, M. (2012). Design of sustainable supply chains under the emission trading scheme. *International Journal of Production Economics*, 135(1), 37-49. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925527310004184>
- Ensslin, L., Waiczysk, C., Chaves, L. C., & Ensslin, E. R. (2015). Processo para evidencição do estado da arte aplicado ao tema gestão de produção científica. *Informação & Informação*, 20(2), 187-219. Recuperado de <https://www.scielo.br/j/tinf/a/S6F75sK7gyVFwggw/prd4Dcc/?lang=pt>
- Fischetti, E. A. de S., Lima, G. L., & Lins, S. L. S. (2021). *Otimização do roteamento de veículos: meta-heurística GRASP-VND aplicada na otimização da localização industrial e na redução da emissão de carbono*. Foz do Iguaçu, Paraná. Recuperado de [https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN\\_STO\\_35\\_6\\_1834\\_42227.pdf](https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_35_6_1834_42227.pdf)
- Ikeda, I., Galina, N. R., Oliveira, G. C., & Veraldo, L. G., jr. (2018). *Avaliação da CO-combustão de carvão e biomassa utilizando o método de análise hierárquica (AHP)*. Maceió, Alagoas. Recuperado de [https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN\\_STP\\_26\\_3\\_510\\_35443.pdf](https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_26_3_510_35443.pdf)
- Lucas, T., Lins, I. D., & Moura, M, das C. (2022). *A transição energética e a modelagem e otimização de cadeias de suprimentos: uma revisão bibliométrica*. In: anais do simpósio brasileiro de pesquisa operacional. Juiz de Fora. Campinas, Galoá. Recuperado de <https://proceedings.science/sbpo/sbpo-2022/trabalhos/a-transicao-energetica-e-a-modelagem-e-otimizacao-de-cadeias-de-suprimentos-uma?lang=pt-br>
- Marinot, P. P., et al. (2018). *Modelo matemático para planejamento da fila de navios integrado à alocação de recursos do porto*. In: anais do simpósio brasileiro de pesquisa operacional. Rio de Janeiro. Campinas, Galoá. Recuperado de <https://proceedings.science/sbpo/sbpo-2018/trabalhos/modelo-matematico-para-planejamento-da-fila-de-navios-integrado-a-alocacao-de-re?lang=pt-br>
- Mundim, A. A. da S., et al. (2019). *Estudo do modelo do problema de roteamento de estoque minimizando a emissão de dióxido de carbono*. In: anais do simpósio brasileiro de pesquisa operacional. Limeira. Campinas, Galoá. Recuperado de <https://proceedings.science/sbpo/sbpo-2019/trabalhos/estudo-do-modelo-do-problema-de-roteamento-de-estoque-minimizando-a-emissao-de-d?lang=pt-br>
- Rezende, D. B. A., Ribas, U. H. M., Rodrigues, L. F., & Silva, A. S. (2022). *Busca adaptativa em vizinhança de grande porte para o problema de carregamento de múltiplas pilhas com roteirização de veículos*. Foz do Iguaçu, Paraná. Recuperado de [https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN\\_ST\\_384\\_1900\\_43019.pdf](https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_ST_384_1900_43019.pdf)
- Organização Meteorológica Mundial. (2023). *OMM destaca que 73% das emissões globais de gases do efeito estufa são provenientes do setor de energia* [Comunicado à imprensa]. Recuperado de <https://news.un.org/pt/story/2023/04/1812282>
- ONU. (2021). *Unidos pela Ciência: Relatório especial sobre a mudança climática*. Recuperado de <https://news.un.org/pt/story/2021/09/1763362>
- Rupolo, D. & Mantovani, J. R. S. (2018). *Planejamento integrado de sistemas de distribuição de mt/bt, com fontes de geração de energia renováveis e controle de emissões de gases poluentes*. In: anais do simpósio brasileiro de pesquisa operacional. Rio de Janeiro. Campinas, Galoá. Recuperado de <https://proceedings.science/sbpo/sbpo-2018/trabalhos/planejamento-integrado-de-sistemas-de-distribuicao-de-mtbt-com-fontes-de-geracao?lang=pt-br>
- Servare, M. W. J., Jr., Rocha, H., & Salles, J. L. F. (2019). *Modelo matemático multi-produtos para planejamento de alocação de pilha de minério*. In: anais do simpósio brasileiro de pesquisa operacional. Limeira. Campinas, Galoá. Recuperado de <https://proceedings.science/sbpo/sbpo-2019/trabalhos/modelo-matematico-multi-produtos-para-planejamento-de-alocacao-de-pilha-de-miner?lang=pt-br>
- Tautenhain, C. P. dos S. & Nascimento, M. (2019). *Modelos e métodos para otimização de cadeias de suprimentos sustentáveis*. In: anais do simpósio brasileiro de pesquisa operacional. Limeira. Campinas, Galoá. Recuperado de <https://proceedings.science/sbpo/sbpo-2019/trabalhos/modelos-e-metodos-para-otimizacao-de-cadeias-de-suprimentos-sustentaveis?lang=pt-b>

