LVI SBPO SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL
DE 04 ATÉ 07 NOVEMBRO 2024
FORTALEZA | CEARÁ

Otimização da cadeia de suprimentos de ajuda alimentar através da integração de problemas de localização, inventário e roteamento: Uma revisão da literatura

Gislaine Camila de Freitas
Universidade Federal de São Paulo
Av. Cesare Monsueto Giulio Lattes, 1201 - Eugênio de Melo, São José dos Campos - SP, 12247-014
gislaine.freitas@unifesp.br

Douglas José Alem Junior
Universidade de Edimburgo
29 Buccleuch Pl, Edinburgh EH8 9JS
douglas.alem@ed.ac.uk

Mariá Cristina Vasconcelos Nascimento
Instituto Tecnológico de Aeronáutica
Praça Marechal Eduardo Gomes, 50 - Vila das Acacias, São José dos Campos - SP, 12228-900
mariah@ita.br

RESUMO

A logística humanitária está relacionada com a gestão de recursos e processos para atender a população afetada por desastres naturais, conflitos armados, crises humanitárias e outras emergências. Este artigo analisa os desafios da integração de problemas relacionados à localização, inventário e roteamento na cadeia de abastecimento de ajuda alimentar. Foi realizada uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) do ano de 2019 até 2023, os artigos foram classificados em: Problema de Localização-Inventário-Roteamento (PLIR), Problema de Localização-Inventário (PLI), Problema de Inventário-Roteamento (PIR) e Problema de Localização-Roteamento (PLR). Para finalizar, elaboramos uma conclusão sobre a logística humanitária e propomos uma nova direção de estudo para pesquisas futuras.

PALAVRAS CHAVE. Ajuda alimentar. Cadeia de Suprimentos. Logística humanitária.

Revisão Sistemática da Literatura (2019-2023), Desafios na Logística Humanitária

ABSTRACT

Humanitarian logistics manages resources and processes to aid populations affected by natural disasters, armed conflicts, humanitarian crises, and other emergencies. This article examines the challenges of integrating issues related to location, inventory, and routing in the food aid supply chain. We conducted a Systematic Literature Review (SLR) from 2019 to 2023, categorizing articles into Location-Inventory-Routing Problem (LIRP), Location-Inventory Problem (LIP), Inventory-Routing Problem (IRP), and Location-Routing Problem (LRP). In conclusion, we summarize findings on humanitarian logistics and propose a new research direction for future studies.

KEYWORDS. Food Aid. Humanitarian Logistics. Supply Chain.

Systematic Literature Review (2019-2023), Challenges in Humanitarian Logistics

DOI: 10.59254/sbpo-2024-193795
https://proceedings.science/p/193795?lang=pt-br

1. Introdução

O número de pessoas que necessitam de ajuda em caso de emergência aumenta a cada ano [Baharmand et al., 2022]. Em 2020, mais de 82 milhões de pessoas tiveram que abandonar suas casas para escapar de conflitos e violência em todo o mundo. A pandemia de coronavírus que ocorreu em 2020 teve um impacto significativo na economia global, influenciando crises humanitárias em várias regiões do mundo. A situação criou uma enorme pressão sobre as organizações humanitárias, levando à interrupção de numerosos projetos e programas, enquanto outros foram suspensos ou funcionaram com uma capacidade reduzida. Pesquisas indicam que, até 2030, haverá um aumento de 46% no número de indivíduos que precisarão de ajuda humanitária, especificamente aqueles afetados por situações de vulnerabilidade [Anjomshoae et al., 2022].

A logística humanitária desempenha um papel fundamental no planejamento e decisão dos recursos que serão utilizados em cada situação, buscando utilizar mecanismos de forma rápida e eficiente para reduzir o sofrimento da população afetada [Veloso, 2022]. A gestão dessa Cadeia de Suprimentos (CS) abrange uma série de atividades desde a preparação e planejamento até a aquisição, transporte, armazenamento, monitoramento e questões alfandegárias. O seu objetivo é melhorar a eficiência e a eficácia das operações de ajuda, minimizando a repetição de processos e gerindo adequadamente os recursos disponíveis [Chirolli et al., 2023].

Conforme apontado por Veloso [2022], a logística humanitária enfrenta vários desafios, incluindo incertezas nas informações sobre desastres, que abrangem mudanças dinâmicas na localização, nas necessidades das vítimas e nas quantidades de suprimentos disponíveis. Portanto, para enfrentar a complexidade do estudo, concentramos na identificação de estudos relacionados à ajuda alimentar. Esta análise será realizada por meio de uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL). O objetivo deste artigo é analisar os desafios na integração de questões de localização, inventário e roteirização na logística humanitária.

Este artigo está estruturado da seguinte forma. A Seção 2 apresenta a revisão da literatura. A Seção 3 apresenta a metodologia de pesquisa utilizada na revisão sistemática da literatura. Os resultados e análises são apresentados na Seção 4. Por fim, a Seção 5 apresenta as conclusões.

2. Revisão da Literatura

O desempenho da cadeia de suprimentos está diretamente relacionado com a coordenação e gestão das atividades. Portanto, oferecer produtos ou serviços de alta qualidade a baixo custo representa um desafio significativo na gestão da CS. Para aumentar a competitividade, é fundamental estar atento a alguns fatores que influenciam o seu desempenho, como a localização dos centros de distribuição, uma estratégia para realizar um bom estoque de materiais e um planejamento ideal para a roteirização dos caminhões. Examinamos pesquisas que exploram quatro categorias abrangentes de decisões sobre o gerenciamento da CS com a integração dos problemas.

O Problema de Localização-Inventário (PLI) visa integrar decisões estratégicas para encontrar a combinação ideal de localização de instalações com decisões táticas e operacionais de gerenciamento de estoque. Ao longo dos anos, muitos estudos foram desenvolvidos com foco no PLI. Puga e Tancrez [2017] propuseram um algoritmo heurístico iterativo que estima essas variáveis, resolve o programa linear resultante e usa a solução para melhorar as estimativas das variáveis. Wang et al. [2020] formularam um modelo de otimização estocástica em dois estágios. O problema proposto é resolvido usando uma meta-heurística hierárquica de três fases eficiente. Li et al. [2023] resolveram esse problema com um algoritmo de Geração de Colunas (GC), baseado em *branch-and-bound*.

O Problema de Inventário-Roteamento (PIR) é uma extensão do problema de roteamento de veículos (do inglês *Vehicle Routing Problem* - VRP). Envolve o planejamento de rotas para os veículos de entrega, tendo em conta não só a procura dos clientes, mas também os níveis de estoque

DOI: 10.59254/sbpo-2024-193795
https://proceedings.science/p/193795?lang=pt-br

disponíveis nos diferentes pontos de armazenamento. Alinaghian et al. [2021] apresentaram um novo modelo matemático de Programação Linear Inteira Mista (PLIM) para o problema. Para resolver este problema, foram projetados três meta-heurísticas. Mahjoob et al. [2022] desenvolveram um Algoritmo Genético Adaptativo Modificado (AGAM). O desempenho do AGAM foi testado comparado com o software CPLEX limitado em tempo e uma abordagem heurística da literatura.

O Problema de Localização-Roteamento (PLR) é um desafio que combina decisões operacionais sobre operações de roteamento de veículos com decisões estratégicas sobre a determinação da localização ideal de instalações ou armazéns a partir dos quais a distribuição ocorrerá. Tordecilla et al. [2023] examinaram o PLR, três formulações Lineares Inteiras Mistas(LIM) são propostas e uma metaheurística. Os autores realizaram comparações entre os modelos que mostraram a ineficiência em custo e tempo nos três algoritmos LIM para solucionar problemas de grande porte, enquanto a metaheurística obteve bons resultados.Hassanpour et al. [2023] propuseram um modelo estocástico bi-objetivo que aborda o PLR de resíduos infecciosos com incertezas de demanda e tempo de serviço. O problema foi resolvido empregando uma estratégia restrita ε juntamente com um algoritmo de ramificação e preço (do inglês *branch-and-price*) que se trata da metodologia de otimização combinatória.

Problema de Localização-Inventário-Roteamento (PLIR) refere-se à estratégia de localização, considerando fatores como custos de armazenamento, capacidade de armazenamento, custos de transporte e demanda do cliente. O trabalho de [Liu et al., 2021] propõe uma abordagem para o PLIR focada na cadeia de abastecimento de produtos perecíveis nos mercados emergentes, considerando os fatores de emissão de carbono e frescor do produto. Foi desenvolvido um modelo de planejamento multiobjetivo e foram estabelecidas restrições com base na situação real do PLIR. Abbasian et al. [2023] desenvolveram um método de otimização híbrido para solucionar o PLIR em uma indústria de alimentos perecíveis. O modelo proposto considera os efeitos das perturbações nas rotas e das condições de tráfego na deterioração dos produtos.

3. Metodologia

Nossa pesquisa utilizará o método empírico, no qual optamos por uma RSL. A metodologia para condução da RSL seguiu os padrões e modelos de protocolo para revisões sistemáticas propostos por [Vilela et al., 2017]. A RSL desempenha um papel crucial em qualquer fase da pesquisa acadêmica ao fornecer contextualização para o estudo e possibilitar uma análise detalhada dos referenciais teóricos relacionados ao mesmo assunto. Além disso, esta investigação permite a exploração de áreas ainda não abordadas, possibilitando assim a sua inclusão em pesquisas futuras [Faria, 2019]. É importante mencionar que as questões de todas as subseções foram planejadas antes da execução.

3.1. Pergunta de Pesquisa

O objetivo do presente trabalho é identificar estudos que abordem a integração de problemas de localização, inventário e roteamento na cadeia de abastecimento de ajuda alimentar, a fim de diminuir a lacuna neste campo. Portanto, pretendemos abordar as questões de pesquisa delineadas na Tabela 1. A tabela apresenta a extração dos dados, mostrando os métodos utilizados nos artigos selecionados para inclusão. Os dados de extração abordarão a resposta às questões de pesquisa. Outros detalhes estão na Subseção 3.5.

3.2. Estratégia de Pesquisa

As pesquisas nas bases de dados para a RSL foram concluídas em outubro de 2023. O método PICOC (do inglês *population, intervention, comparison, outcomes and context*) foi utilizado nesta revisão da literatura para estruturar a questão de pesquisa e facilitar o processo de pesquisa. Os parâmetros de PICOC que orientaram esta revisão foram os seguintes:

DOI: 10.59254/sbpo-2024-193795
https://proceedings.science/p/193795?lang=pt-br

Tabela 1: Perguntas de pesquisa, motivações e extração de dados

Pergunta de Pesquisa (PP)	Descrição e Motivação	Extração de Dados
1. Como a integração dos problemas pode afetar a eficiência logística das organizações de ajuda humanitária?	Esta pergunta visa analisar o impacto da integração de problemas na eficiência logística de empresas de ajuda humanitária para melhorar a eficiência das entregas de assistência em situações de crise.	Resultados.
2. Quais ferramentas os artigos que integram os problemas utilizam?	Esta pergunta busca descobrir as ferramentas e métodos específicos mencionados em artigos que discutem a integração de problemas, oferecendo *insights* sobre abordagens práticas usadas para melhorar a eficiência logística dentro das organizações de ajuda humanitária.	Técnicas e Ferramentas.
3. Quais são as oportunidades previstas na área abordadas do estudo?	Esta pergunta visa destacar futuras oportunidades e potenciais avanços na área delineada no estudo, guiando melhorias contínuas nas operações de ajuda humanitária e logística.	Objetivo/Assunto.
4. Quais são os desafios e tendências presentes neste tópico?	O objetivo desta pergunta é identificar os desafios atuais e as tendências relevantes relacionadas ao tema em questão, fornecendo uma visão abrangente do cenário em constante evolução das operações de ajuda humanitária e logística.	Desafios e tendências.
5. Quais são os estudos principais que mostram a eficácia da integração dos problemas logísticos humanitários na ajuda alimentar?	Esta pergunta permite identificar os estudos mais relevantes que fornecem evidências concretas do sucesso da integração de problemas na logística humanitária, validando sua eficácia na melhoria das operações de ajuda humanitária.	Benefícios.

- (P) População: Organizações de ajuda humanitária que operam ajudando pessoas em insegurança alimentar.
- (I) Intervenções: Implementação de estratégias na logística humanitária para os problemas de Localização-Inventário-Roteamento (LIR), Inventário-Localização (IL), Localização-Roteamento (LR) e Inventário-Roteamento (IR) .
- (C) Comparação: Comparar a eficácia de diferentes abordagens dos problemas nas cadeias de abastecimento humanitário.
- (O) Resultado: Maior eficiência logística levando a uma melhor prestação de ajuda às populações afetadas.
- (C) Contexto: Este estudo concentra-se na otimização das práticas de gestão da CS para

DOI: 10.59254/sbpo-2024-193795
https://proceedings.science/p/193795?lang=pt-br

garantir o atendimento no tempo certo e de maneira eficaz a assistência humanitária em situações de crise.

A pesquisa realizada incluiu sete bases de dados: ACM Digital Library, EI Compendex, IEEE Digital Library, ISI Web of Science, Science Direct, Scopus e SpringerLink. As principais palavras para esta investigação são: cadeia de suprimentos de ajuda alimentar, logística humanitária, equidade, alívio da insegurança, localização, inventário e roteamento. Abaixo, descrevemos a *string* de pesquisa utilizada. Estabelecemos interações com o banco de dados por meio de palavras-chave, títulos e resumos para defini-los:

(*"Equity"OR "Fairness"OR "Food Insecurity Relief"OR "Food Assistance"OR "Food aid"OR "Food aid distribution"OR "Food aid Supply Chain"OR "Food aid allocation"OR "Humanitarian Logistics"OR "Humanitarian Operations"OR "Insecurity relief"OR "Disaster Relief"OR "Hunger Relief") AND ("Location-Inventory-Routing"OR "Inventory-Location"OR "Inventory-Routing"OR "Location-Routing"*).

Uma ferramenta chamada Parsifal (https://parsif.al) foi utilizada para apoiar esta pesquisa. O objetivo desta ferramenta é auxiliar o pesquisador na condução da revisão sistemática. A plataforma é online, facilitando esse trabalho. Além disso, ao final de todos os processos, a plataforma apresenta gráficos que refletem a análise da pesquisa.

3.3. Critérios de inclusão e exclusão

Os critérios de inclusão dos artigos foram: Inventário-Localização; Roteamento-Inventário; Localização-Roteamento; Localização-Inventário-Roteamento.

Os critérios de exclusão foram:

- Outro tema (Estudos que integraram os problemas, mas não estão relacionados com logística humanitária);
- Livro;
- Conferência;
- Duplicado (apenas uma cópia de cada estudo foi incluído);
- Cumprir quase todos os critérios, exceto a ajuda alimentar;
- Não acessível (Publicações cujo texto estava inacessível);
- Não integrado (Publicações que abordam questões individuais em vez de integrar múltiplos problemas);
- Artigo de revisão;
- Estudos anteriores a 2019.

3.4. Avaliação de Qualidade

Após a seleção dos artigos, realizamos a leitura de cada artigo completo. Planejamos previamente um *checklist* de avaliação de qualidade (auxiliado pela Parsifal) composto pelas seguintes questões:

- Os autores reconhecem restrições ou limitações na pesquisa?
- O estudo é sobre ajuda alimentar?

DOI: 10.59254/sbpo-2024-193795
https://proceedings.science/p/193795?lang=pt-br

- Os códigos estão disponíveis?
- Existe discussão sobre os resultados do estudo?
- O objetivo da pesquisa está claro?
- São apresentados o propósito e funcionamento desta solução (etapas do algoritmo, código fonte)?
- O estudo apresenta a ferramenta utilizada para solucionar o problema?
- Um experimento claramente descrito foi apresentado pelos autores para avaliar a proposta do estudo?

Foram definidas possíveis respostas às questões e suas respectivas pontuações, Sim = 1, Parcialmente = 0.5 e Não = 0.0. Foi definida nota de corte 6 para aceitação dos artigos. A pontuação total de resultados que o artigo poderia obter é 8 (número total de questões).

3.5. Extração de Dados

Para extrair as informações necessárias para responder às questões problema deste trabalho, realizamos a leitura de cada artigo. A partir desses artigos foram coletados dados específicos, com foco na captação de informações que abordassem diretamente as questões da pesquisa. Foram eles: Título do artigo; Ano de Publicação; Veículo de comunicação; País do trabalho do primeiro autor; Contexto da aplicação; Técnicas utilizadas (baseado em [Vilela et al., 2017]); Ferramentas utilizadas (baseado em [Vilela et al., 2017]; Benefícios (baseado em [Vilela et al., 2017]); Objetivo/Assunto; Resultados; Desafios e tendências; Problemas Integrados; Os autores fizeram comparações com outros estudos da literatura? (sim ou não).

4. Resultados

Esta seção apresenta os resultados derivados da avaliação abrangente de oito estudos pertinentes ao tema de pesquisa que foram incluídos na RSL.

4.1. Seleção de Artigos

O processo de seleção dos estudos ocorreu após a aplicação da estratégia de pesquisa. O processo realizado para selecionar os estudos possui três etapas, documentadas por meio de um fluxo PRISMA [PRISMA, 2024], indicado na Figura 1.

Inicialmente, havia 592 estudos nos resultados da pesquisa. Contudo, 117 desses estudos eram duplicados (encontrados em uma ou mais bases de dados). Além disso, excluímos 249 estudos, pois optamos por focar em trabalhos publicados entre 2019 e 2023. Esta decisão teve como objetivo explorar novas técnicas e métodos de pesquisa emergentes atualmente na área de especialização.

Concluída a primeira etapa, iniciou-se o processo de triagem, no qual foram analisados 226 títulos de artigos e resumos, sendo excluídos nesta etapa 154 artigos. Os critérios de exclusão foram: outros assuntos, livro, conferência, não integrado e artigo de revisão. Os relatórios necessários para recuperação são aqueles adquiridos para preparar a triagem de texto completo, no qual representa a contagem geral de artigos a serem triados, subtraindo o número de "registros excluídos" [Haddaway et al., 2022]. Os relatórios não recuperados foram estudos que atenderam aos critérios de exclusão: artigos não acessíveis. Os relatórios avaliados para elegibilidade foram 60. Alguns artigos foram excluídos após a leitura completa porque o relatório não era de ajuda alimentar, dentre eles, um artigo era artigo de revisão sistemática e a pontuação era inferior à pontuação de corte na avaliação de qualidade (como explicado na Seção 3.4).

DOI: 10.59254/sbpo-2024-193795
https://proceedings.science/p/193795?lang=pt-br

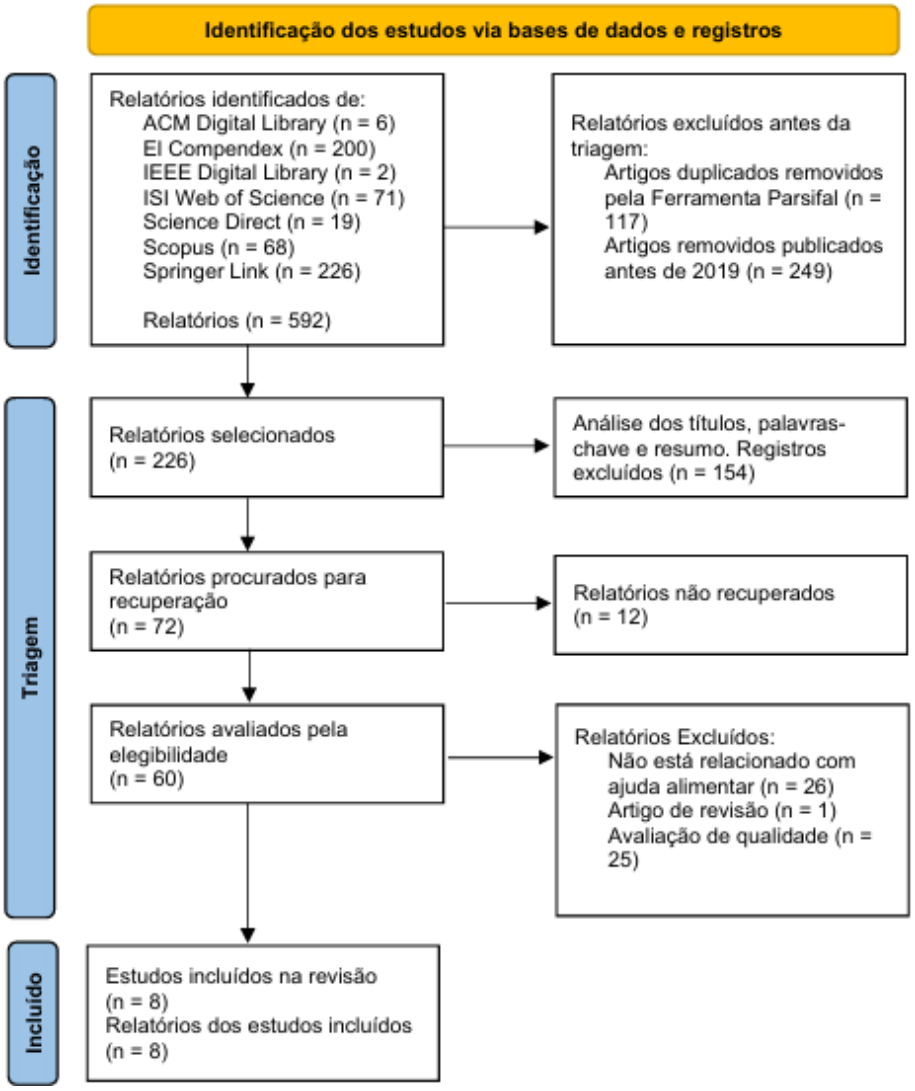

Figura 1: Fluxo do Prisma - Seleção de artigos

4.2. Características dos artigos na avaliação de qualidade

Durante a leitura dos 33 artigos, extraímos como eles integravam os problemas, contribuindo da seguinte forma: 5 sobre localização-inventário, 11 sobre roteirização de estoque, 11 sobre roteirização de localização e 6 sobre roteirização de localização-inventário. A extração desses dados não só permitiu compreender a distribuição dos temas envolvidos nos artigos, mas também revelou padrões interessantes em termos de origem geográfica das publicações. Notavelmente, descobrimos que 11 dos artigos foram publicados no Irã, constituindo uma contribuição significativa daquele país para o corpo de conhecimento sobre o tema. Além disso, identificamos que 6 artigos foram publicados na China, destacando o papel ativo deste país nas pesquisas relacionadas às questões de integração envolvidas neste estudo. Os resultados da avaliação da qualidade estão ilustrados na Figura 2.

A qualidade do artigo foi avaliada com base nos critérios descritos na Seção 3.4. O eixo x indica a identificação do artigo e o eixo y representa a pontuação. É importante destacar que a questão "O estudo é sobre ajuda alimentar?" foi encontrada em 28 respostas "parcialmente" e

DOI: 10.59254/sbpo-2024-193795
https://proceedings.science/p/193795?lang=pt-br

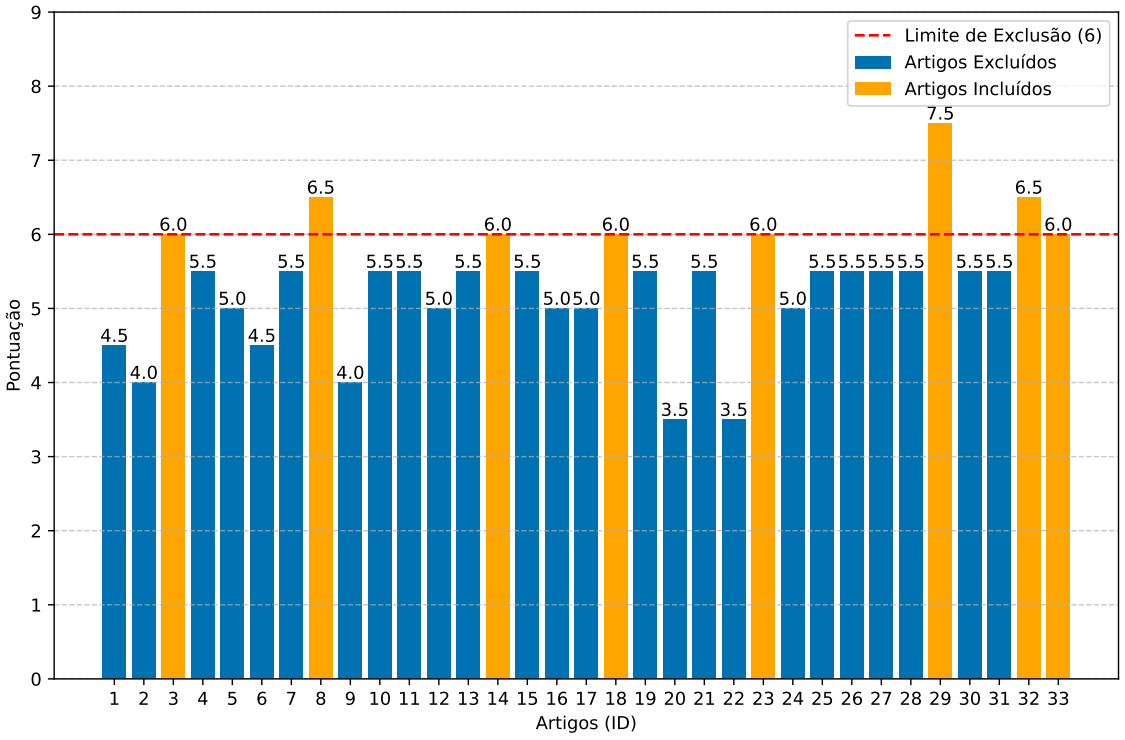

Figura 2: Avaliação de qualidade dos artigos.

apenas 5 artigos (ID 4, 8, 14, 32 e 33) com respostas “sim”, interferindo na qualidade dos artigos. Esta análise excluiu 25 artigos que estavam abaixo do limite de exclusão (identificados em azul) e 8 artigos incluídos (identificados em amarelo).

4.3. Visão geral dos estudos selecionados

A Tabela 2 mostra uma visão geral dos artigos incluídos nesta revisão, que fornece mais detalhes sobre os artigos. Uma observação importante é a contribuição de pesquisadores da China, que compõem 3 artigos incluídos nesta revisão.

Além disso, a realização de uma análise temporal dos estudos indica que em 2023 foram publicados mais artigos relacionados a este tema, o que pode indicar um avanço nas pesquisas nesta área.

Tabela 2: Visão geral

ID	Referência dos artigos	Ano	Publicação	País
3	[Wang e Nie, 2023]	2023	Elsevier	USA
8	[Rahbari et al., 2023]	2023	Springer Link	Iran
14	[Wang et al., 2022]	2022	Wiley	China
18	[Qi et al., 2023]	2023	Elsevier	China
23	[Rodriguez-Espindola, 2022]	2022	IEEE	England
29	[Zheng e Zhou, 2023]	2023	Plos one	China
32	[Gómez-Pantoja, 2021]	2021	Springer Link	Mexico
33	[Suraraksa e Shin, 2019]	2019	MDPI	Thailand

DOI: 10.59254/sbpo-2024-193795
https://proceedings.science/p/193795?lang=pt-br

4.4. Respostas às questões de pesquisa

Nesta subseção, apresentamos os resultados do estudo abordando cada questão de pesquisa separadamente. O número de estudos incluídos na revisão foi 8. Para esta análise iremos comparar estes estudos.

4.4.1. *RQ1. Como a integração de problemas pode afetar a eficiência logística das empresas de ajuda humanitária?*

A integração de problemas resulta em melhor eficiência da cadeia de suprimentos humanitária. Essa abordagem permite uma boa visualização dos recursos disponíveis no processo e melhora a adaptação da CS para cenários imprevisíveis. Em [Zheng e Zhou, 2023], a integração de problemas levou à redução dos custos logísticos ao otimizar a eficiência do tempo de transporte e do *lead time*. Rodriguez-Espindola [2022] realizaram um estudo de caso que comprova que a integração permitiu à cadeia de abastecimento aumentar a sua capacidade de lidar com desastres simultâneos.

4.4.2. *RQ2. Quais ferramentas os artigos que integram problemas utilizaram?*

Nesta RSL, identificamos as ferramentas que os autores utilizam para resolver o problema integrado. A Tabela 3 fornece a lista de ferramentas. A ferramenta mais utilizada para a otimização dos problemas foi o CPLEX, que é um software de otimização aplicado pelos profissionais que atuam com problemas complexos.

Tabela 3: Ferramentas

Ferramentas	Referência dos artigos
ArcGIS	Suraraksa e Shin [2019]
CPLEX	Rahbari et al. [2023], Wang et al. [2022], Qi et al. [2023], Rodriguez-Espindola [2022], Gómez-Pantoja [2021]
C++	Gómez-Pantoja [2021]
GAMS software	Rodriguez-Espindola [2022]
Gurobi optimization solver	Wang e Nie [2023]
JAVA	Qi et al. [2023]
PYTHON	Zheng e Zhou [2023]

4.4.3. *RQ3. Quais são as oportunidades na área previstas no estudo?*

Observamos durante a extração de dados em 33 estudos disponíveis que 11 estudos trataram de roteamento-inventário, mas apenas 1 foi incluído na revisão, 11 localização-roteamento (1 incluído), 5 localização-inventário (2 incluídos) e 6 localização-inventário-roteamento (4 incluídos). Portanto, considerando a elevada proporção de artigos incluídos (4 de 6) para obtenção de uma boa nota de qualidade em relação ao total de artigos analisados, um novo estudo sobre localização-inventário-roteamento pode ser considerado uma oportunidade na área. Isso indica que o estudo de artigos relacionados à localização-inventário-roteamento aborda questões importantes para outros pesquisadores, pois obtiveram um bom índice de qualidade.

4.4.4. *RQ4. Quais são os desafios e tendências presentes neste tema?*

Os estudos apresentaram muitos desafios. Wang e Nie [2023] e Qi et al. [2023] destacam que a execução de simulações e modelagens complexas pode exigir recursos computacionais substanciais, como alta capacidade de RAM e CPU, resultando em custos significativos. Segundo Gómez-Pantoja [2021], um grande desafio nessa área é trabalhar com produtos perecíveis. Alguns itens possuem período de consumo curto, e a solução dada pelo autor é priorizar os produtos de acordo com seu grau de perecibilidade.

DOI: 10.59254/sbpo-2024-193795
https://proceedings.science/p/193795?lang=pt-br

Outro ponto mencionado foi que a necessidade de validar e comparar diferentes métodos para resolver problemas de otimização multiobjetivo implica um desafio adicional para garantir a eficácia e robustez das soluções propostas [Mohammadi et al., 2020]. Além disso, outra limitação está relacionada à modelagem matemática. Se o problema mudar, você deverá redefinir o método e seus detalhes antes de solucionar o problema.

4.4.5. *RQ5. Quais são os principais estudos que demonstram a eficácia da integração dos problemas de logística humanitária na ajuda alimentar?*

Entre os artigos incluídos na revisão da literatura, 4 tratam diretamente da integração dos problemas logísticos humanitários na distribuição da ajuda alimentar, que são:

- [Suraraksa e Shin, 2019]: Este estudo aborda a integração de localização-roteamento com foco em produtos perecíveis que necessitam de armazenamento refrigerado, visando preservar a qualidade do produto por meio do controle de temperatura. Os autores propuseram vários cenários de transporte e distribuição na região metropolitana de Bangkok utilizando Sistema de Informação Geográfica (GIS). Esta pesquisa é relevante para varejistas e para o setor público.

- [Gómez-Pantoja, 2021]: Neste artigo, os autores exploraram a integração inventário-localização, que aborda a otimização dos bancos alimentares para fornecer alimentos a pessoas em extrema pobreza e fome. O estudo tem como foco ajudar organizações humanitárias, considerando gestão de estoques, compras, compatibilidade entre produtos e beneficiários, nutrição balanceada e prioridade dos beneficiários.

- [Wang et al., 2022]: Os autores deste estudo investigaram estratégias logísticas para o problema de localização-inventário-roteamento para realizar o planejamento de socorro em desastres, como furacões. O estudo de caso, realizado com uma organização de ajuda humanitária dos EUA focada na preparação para a ameaça de furacões, exclusivamente com foco nos alimentos como item de ajuda.

- [Rahbari et al., 2023]: Este estudo explora a integração localização-inventário-roteamento com foco específico nas condições de incerteza e conceitos de sustentabilidade na cadeia de abastecimento alimentar de produtos enlatados. Utiliza limites de carbono e mecanismos de comércio para minimizar os danos ambientais. Além disso, incorpora problemas de alocação e produção na abordagem de modelagem matemática.

5. Conclusão

A logística humanitária desempenha um papel crucial na antecipação e planejamento de emergências. Este estudo analisa as tendências atuais na integração dos desafios de localização, inventário e roteamento na distribuição de alimentos para operações de ajuda humanitária. Essa revisão sistemática abrangeu estudos publicados entre 2019 e 2023. Apesar da relevância do tema, a revisão incluiu oito artigos, o que evidencia uma limitação significativa no campo de estudo, sugerindo a necessidade de mais pesquisas.

Os resultados mostram a necessidade de iniciar estudos com a interação dos três problemas com foco exclusivo na ajuda alimentar, visto que apenas quatro estudos abordam diretamente esse tema. Além disso, uma abordagem a ser analisada é a integração localização-inventário-roteamento, pois estudos que apresentam modelagem matemática com esta estrutura obtiveram alta pontuação na avaliação de qualidade. Este trabalho contribuiu para a identificação de áreas emergentes que necessitam de mais estudos e destacou as limitações dos estudos existentes.

DOI: 10.59254/sbpo-2024-193795
https://proceedings.science/p/193795?lang=pt-br

6. Agradecimento

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001. Os autores também agradecem o apoio do CNPq (309385/2021-0, 403735/2021-1) e do Centro de Ciências Matemáticas Aplicadas à Indústria (CeMEAI), financiados pela FAPESP (proc. 2013/07375-0).

Referências

Abbasian, M., Sazvar, Z., e Mohammadisiahroudi, M. (2023). A hybrid optimization method to design a sustainable resilient supply chain in a perishable food industry. *Environmental science and pollution research*, 30(3):6080–6103.

Alinaghian, M., Tirkolaee, E. B., Dezaki, Z. K., Hejazi, S. R., e Ding, W. (2021). An augmented tabu search algorithm for the green inventory-routing problem with time windows. *Swarm and evolutionary computation*, 60:100802.

Anjomshoae, A., Banomyong, R., Mohammed, F., e Kunz, N. (2022). A systematic review of humanitarian supply chains performance measurement literature from 2007 to 2021. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 72:102852.

Baharmand, H., Vega, D., Lauras, M., e Comes, T. (2022). A methodology for developing evidence-based optimization models in humanitarian logistics. *Annals of Operations Research*, 319(1): 1197–1229.

Chirolli, D. M. D. G., Ritter, G. J., Correa, A. L. C., de Almeida Pereira, D. D., Correa, A. C. d. S. C., e Jabur, A. S. (2023). Ensino e pesquisa em logística humanitária em universidades brasileiras. *REVISTA PERCURSO*, 15(1):187–208.

Faria, P. M. (2019). Revisão sistemática da literatura: contributo para um novo paradigma investigativo. *Whitebooks*.

Gómez-Pantoja, J. Á. e. a. (2021). The food bank resource allocation problem. *Top*, 29:266–286.

Haddaway, N. R., Page, M. J., Pritchard, C. C., e McGuinness, L. A. (2022). Prisma2020: An r package and shiny app for producing prisma 2020-compliant flow diagrams, with interactivity for optimised digital transparency and open synthesis. *Campbell Systematic Reviews*, 18(2):e1230.

Hassanpour, S. T., Ke, G. Y., Zhao, J., e Tulett, D. M. (2023). Infectious waste management during a pandemic: A stochastic location-routing problem with chance-constrained time windows. *Computers & Industrial Engineering*, 177:109066.

Li, Y., Shu, J., Wang, L., e Wu, T. (2023). Joint location–inventory problem with economies and diseconomies of scale: A general model and an efficient column generation algorithm. *Computers & Industrial Engineering*, 183:109537.

Liu, A., Zhu, Q., Xu, L., Lu, Q., e Fan, Y. (2021). Sustainable supply chain management for perishable products in emerging markets: An integrated location-inventory-routing model. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 150:102319.

Mahjoob, M., Fazeli, S. S., Milanlouei, S., Tavassoli, L. S., e Mirmozaffari, M. (2022). A modified adaptive genetic algorithm for multi-product multi-period inventory routing problem. *Sustainable operations and computers*, 3:1–9.

DOI: 10.59254/sbpo-2024-193795
https://proceedings.science/p/193795?lang=pt-br

Mohammadi, S., Darestani, S. A., Vahdani, B., e Alinezhad, A. (2020). A robust neutrosophic fuzzy-based approach to integrate reliable facility location and routing decisions for disaster relief under fairness and aftershocks concerns. *Computers & Industrial Engineering*, 148:106734.

PRISMA (2024). PRISMA Flow Diagram. Disponível em: `http://prisma-statement.org/prismastatement/flowdiagram.aspx?AspxAutoDetectCookieSupport=1`. Acessado em 26 de fevereiro de 2024.

Puga, M. S. e Tancrez, J.-S. (2017). A heuristic algorithm for solving large location–inventory problems with demand uncertainty. *European Journal of Operational Research*, 259(2):413–423.

Qi, M., Yang, Y., e Cheng, C. (2023). Location and inventory pre-positioning problem under uncertainty. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 177:103236.

Rahbari, M., Khamseh, A. A., e Mohammadi, M. (2023). A novel multi-objective robust fuzzy stochastic programming model for sustainable agri-food supply chain: case study from an emerging economy. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(25):67398–67442.

Rodriguez-Espindola, O. (2022). Multiperiod model for disaster management in simultaneous disasters. *IEEE Transactions on Engineering Management*.

Suraraksa, J. e Shin, K. S. (2019). Urban transportation network design for fresh fruit and vegetables using gis–the case of bangkok. *Applied Sciences*, 9(23):5048.

Tordecilla, R. D., Montoya-Torres, J. R., Quintero-Araujo, C. L., Panadero, J., e Juan, A. A. (2023). The location routing problem with facility sizing decisions. *International Transactions in Operational Research*, 30(2):915–945.

Veloso, R. (2022). Humanitarian supply chains driven by socioeconomic concerns. *UNIFESP*.

Vilela, J., Castro, J., Martins, L. E. G., e Gorschek, T. (2017). Integration between requirements engineering and safety analysis: A systematic literature review. *Journal of Systems and Software*, 125:68–92.

Wang, D., Yang, K., Yang, L., e Li, S. (2022). Distributional robustness and lateral transshipment for disaster relief logistics planning under demand ambiguity. *International Transactions in Operational Research*.

Wang, M., Wu, J., Kafa, N., e Klibi, W. (2020). Carbon emission-compliance green location-inventory problem with demand and carbon price uncertainties. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 142:102038.

Wang, Q. e Nie, X. (2023). A location-inventory-routing model for distributing emergency supplies. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 175:103156.

Zheng, W. e Zhou, H. (2023). Robust dual sourcing inventory routing optimization for disaster relief. *Plos one*, 18(4):e0284971.

DOI: 10.59254/sbpo-2024-193795
https://proceedings.science/p/193795?lang=pt-br