



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SEMIÁRIDO
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

MANOEL CARDOSO COSTA SEGUNDO

**ROTEIRIZAÇÃO DE VEÍCULOS NA INDÚSTRIA FARMACÊUTICA:
UMA REVISÃO DA LITERATURA**

SUMÉ - PB

2024

MANOEL CARDOSO COSTA SEGUNDO

**ROTEIRIZAÇÃO DE VEÍCULOS NA INDÚSTRIA FARMACÊUTICA:
UMA REVISÃO DA LITERATURA**

Monografia apresentada ao Curso Superior de Engenharia de Produção do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientadora: Professora Dra. Maria Creuza Borges de Araújo.

SUMÉ - PB

2024



C837r Costa Segundo, Manoel Cardoso.
Roteirização de veículos na indústria farmacêutica: uma revisão de literatura. / Manoel Cardoso Costa Segundo. - 2024.

53 f.

Orientadora: Professora Dra. Maria Creuza Borges de Araújo.

Monografia - Universidade Federal de Campina Grande; Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido; Curso de Engenharia de Produção.

1. Roteirização de veículos. 2. Logística. 3. Revisão de literatura. 4. Indústria farmacêutica - logística. 5. Gestão logística. I. Araújo, Maria Creuza Borges de. II. Título.

CDU: 658.78(043.1)

Elaboração da Ficha Catalográfica:

Johnny Rodrigues Barbosa
Bibliotecário-Documentalista
CRB-15/626

MANOEL CARDOSO COSTA SEGUNDO

**ROTEIRIZAÇÃO DE VEÍCULOS NA INDÚSTRIA FARMACÊUTICA:
UMA REVISÃO DA LITERATURA**

Monografia apresentada ao Curso Superior de Engenharia de Produção do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

BANCA EXAMINADORA:

**Professora Dra. Maria Creuza Borges de Araújo.
Orientadora – UAEP/CDSA/UFCG**

**Professora Dra. Cecir Barbosa de Almeida Farias.
Examinadora I – UAEP/CDSA/UFCG**

**Professor Dr. Yuri Laio Teixeira Veras Silva
Examinador II – UAEP/CDSA/UFCG**

Trabalho aprovado em: 14 de outubro de 2024.

SUMÉ - PB

*À minha avó, Inácia Neres, que em vida
nunca permitiu que eu me sentisse sozinho
ou desacreditado e que de lá do céu continua
olhando por mim.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, agradeço por sempre ter me sustentado e mesmo nos momentos de maiores provações, pude sentir sua graça sobre a minha vida durante essa jornada.

Aos meus pais, Joucier Leite e Maria José, meu mais profundo agradecimento, sem o amor incondicional de vocês eu não estaria onde estou. À minha irmã e melhor amiga, Julya Karolyne, agradeço por ser meu impulso para e em todos os momentos mais importantes da minha vida. Ao meu sobrinho, João Victor, que mesmo sem saber, me deu outro sentido para viver e me ensinou que a vida pode ser leve e cheia de amor. Tudo o que fiz e faço é por vocês.

Ao meu avô Joaquim Inácio e à memória da minha vó Inácia Neres, obrigado por serem a base forte e amorosa construída para sustentar toda a nossa família. E, mãe Inácia, espero que a senhora esteja orgulhosa de quem eu me tornei daí de cima.

À minha orientadora, Maria Creuza, eu não tenho palavras para demonstrar minha gratidão durante não só o TCC mas por todo o curso. Você é o meu maior exemplo de profissional da nossa área. Obrigado por todos os ensinamentos, pela presença e pela permanência até a última fase da minha graduação.

À minha amiga Mayara Thais, que por muitas vezes foi meu porto seguro durante essa jornada, agradeço pelo companheirismo, pelas experiências e por sempre estar ali. Obrigado por trilhar esse caminho junto comigo.

Ao meu amigo Iggor Souza, por toda a parceria durante essa jornada e por ser uma pessoa que tenho orgulho de chamar de amigo. Saber que tenho você como colega de profissão é uma honra.

Aos meus amigos e colegas de curso, aos professores e todo o corpo docente do curso de Engenharia de Produção que colaboraram direta ou indiretamente para a minha formação, meu muito obrigado.

RESUMO

A indústria farmacêutica tem apresentado crescimento constante na venda e distribuição de fármacos no Brasil, movimentando bilhões de reais anualmente. Tal crescimento ressalta a relevância da logística na cadeia de suprimentos farmacêutica, assim como pontua as lacunas na distribuição eficiente dos fármacos, uma vez que é crucial o cumprimento rigoroso de normas de qualidade e sanitárias. A gestão logística, ao integrar os elos da cadeia, contribui para a redução de custos e maior eficiência no atendimento das demandas. Dentre estas ferramentas, a roteirização de veículos se destaca por otimizar o transporte e reduzir o tempo de entrega, impactando diretamente no estoque e no marketing logístico. Nesse contexto, este artigo apresenta os resultados de uma Revisão Sistemática da Literatura sobre os métodos para roteirização de veículos na indústria farmacêutica, conforme artigos publicados de 2004 a 2024, a fim de investigar as melhores práticas de roteirização neste setor, analisando como podem ser implementadas para atender às exigências do mercado. Os resultados revelaram que a maiorias dos métodos combinam a logística, otimização e análise de redes para garantir a entrega eficiente. Além disso, o processo de roteirização deve considerar certas perspectivas, como a complexidade do sistema, sustentabilidade de transporte, janelas de tempo, entre outros, devido à sua importância para alcançar os objetivos organizacionais.

Palavras-chave: Revisão sistemática da literatura; Roteirização de veículos; Indústria farmacêutica.

ABSTRACT

The pharmaceutical industry has shown constant growth in the sale and distribution of drugs in Brazil, generating billions of reais annually. Such growth highlights the relevance of logistics in the pharmaceutical supply chain, as well as highlighting the gaps in the efficient distribution of pharmaceuticals since strict compliance with quality and health standards is crucial. Logistics management contributes to cost reduction and greater efficiency in meeting demands by integrating the links in the chain. Among these tools, vehicle routing stands out for optimizing transport and reducing delivery time, directly impacting inventory and logistics marketing. In this context, this article presents the results of a Systematic Literature Review on methods for vehicle routing in the pharmaceutical industry, according to articles published from 2004 to 2024, to investigate the best routing practices in this sector, analyzing how they can be implemented to meet market demands. The results revealed that most methods combine logistics, optimization, and network analysis to ensure efficient delivery. The routing process must consider certain perspectives, such as system complexity, transport sustainability, and time windows, due to their importance in achieving organizational objectives.

Keywords: Systematic literature review; Vehicle routing; Pharmaceutical industry.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Estrutura do trabalho.....	14
Figura 2 – Atividades logísticas na visão por processos.....	17
Figura 3 – Filtro da RSL.....	24
Figura 4 – Setor de aplicação dos estudos.....	26
Figura 5 – Periódicos e revistas de publicação.....	28
Quadro 1 – Strings de busca.....	25
Quadro 2 – Métodos utilizados na literatura.....	29
Quadro 3 – Comparando os métodos encontrados na literatura.....	33
Quadro 4 – Agenda de Pesquisa.....	36

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1OBJETIVOS	11
1.1.1Objetivo Geral	11
1.1.2Objetivos específicos.....	12
1.2JUSTIFICATIVA	12
1.3ESTRUTURA DO TRABALHO.....	14
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1 LOGÍSTICA	16
2.2 LOGÍSTICA NA INDÚSTRIA FARMACÊUTICA.....	18
2.3 ROTEIRIZAÇÃO DE VEÍCULOS	20
3 MÉTODO DE PESQUISA	23
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA.....	23
3.2REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA	24
4 REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA	26
4.1ANÁLISE DESCRITIVA.....	26
4.2ANÁLISE SISTEMÁTICA	29
4.3COMPARATIVO ENTRE OS MÉTODOS.....	33
4.4AGENDA DE PESQUISA	36
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	41
REFERÊNCIAS	43

1 INTRODUÇÃO

A indústria farmacêutica no Brasil apresenta um crescimento constante na venda e distribuição de fármacos. De acordo com a Associação Brasileira de Farmácias e Drogaria, entre 2020 e 2021, esse comércio movimentou cerca de 103 bilhões de reais (ABRAFARMA, 2022). Segundo relatórios da Future Market Insight (FMI, 2022), o setor tem projeções de atingir, mundialmente, o montante de 273,6 bilhões de dólares até 2032.

Tal crescimento reforça a importância das ações logísticas nessa cadeia de suprimentos, considerando a movimentação financeira constante e os inúmeros requisitos de manutenção necessários para transportar medicamentos. Brown (2003), Seideman (2003) e Pinto (2016) reforçam a complexidade da distribuição de fármacos, considerando as normas de boas práticas de distribuição de medicamentos, além dos inúmeros pré-requisitos sanitários e de qualidade a serem satisfeitos.

Neste sentido, a gestão logística é muito importante para o setor farmacêutico, pois, como exposto por Bertaglia (2017), a logística age pontualmente no gerenciamento de ativos (materiais, informações, econômicos), compreendendo todo o processo de escoamento da produção, a fim de entregar o recurso necessário, no local desejado, com mínima transferência possível. Voltolini (2012) destaca que a integração entre os elos da cadeia, por meio de uma gestão integrada dos processos logísticos, possibilita a redução de custos, atendendo às necessidades dos clientes com um menor ciclo de produção. Portanto, considerando a alta complexidade da cadeia de suprimentos farmacêutica, envolvendo a extensa rede de fabricantes, distribuidores, atacadistas, varejistas e discussões de serviços, investir em ferramentas logísticas é importante para otimização dos processos (Guidolin; Monteiro Filha, 2010).

Uma ferramenta essencial na distribuição de medicamentos é a roteirização de veículos, que, como destaca Pozo (2010), não influencia apenas no tempo de entrega do produto, mas impacta diretamente no total de estoque, proporcionando um diferencial no marketing logístico através da confiabilidade. Apesar dos diversos benefícios da logística e distribuição no setor farmacêutico, Costa (2022) pontua que os principais gargalos em operações logísticas envolvem infraestruturas precárias, custos elevados, atrasos e erros na entrega. O autor ainda reforça a necessidade de melhorias no processo de

escoamento da produção, sugerindo a adoção de métodos heurísticos para a solução de problemas.

Dentre estes métodos, o problema de roteamento de veículos (*Vehicle Routing Problem* - VRP) é um clássico da literatura. Segundo a Dantzig e Ramser (1959), o propósito do VRP é encontrar o melhor trajeto, a partir do menor custo de investimento na rota adotada, seguindo as premissas de que (i) o ponto de partida e de chegada seja o mesmo, (ii) todos os pontos de demanda devem ser atendidos e (iii) cada cliente deve ser visitado apenas uma vez por um veículo. Por ser um dos problemas mais tradicionais de roteirização, na literatura atual já existem variações do VRP, considerando as particularidades do setor (Dutra; Ronconi; Junqueira, 2022). Silva (2019) comprova a eficácia de aplicar o VRP para a redução em 40% dos custos logísticos, considerando a aplicação em uma empresa do setor alimentício, considerando sua perecibilidade nas entregas.

A implementação de ferramentas de roteirização pode aumentar significativamente a eficiência operacional das empresas farmacêuticas, resultando em um impacto positivo na saúde pública (Moosivand; Ghatari; Rasekh, 2019). Além disso, a utilização de técnicas avançadas de otimização tem se mostrado eficaz na redução de desperdícios e no aprimoramento da gestão de estoques (Uthayakumar; Priyan, 2013).

Neste sentido, o presente trabalho se propõe a investigar as melhores práticas de roteirização na distribuição de medicamentos, buscando entender como essas práticas podem ser incorporadas para superar os desafios logísticos enfrentados pelo setor.

1.1 OBJETIVOS

A fim de contribuir com a produção de material científico, a presente monografia tem seus propósitos listados a seguir:

1.1.1 *Objetivo Geral*

Sumarizar os modelos e métodos de roteirização utilizados na distribuição de medicamentos.

1.1.2 *Objetivos específicos*

- Mapear as práticas de roteirização documentadas na literatura sobre o setor farmacêutico.
- Identificar e analisar os métodos de sequenciamento de rotas propostos na literatura para a organização da distribuição de medicamentos.
- Examinar os modelos de programação e roteirização de veículos discutidos em estudos anteriores.
- Comparar as abordagens atuais e as tendências futuras em processos de roteirização, com foco na eficácia e eficiência logística.

1.2 JUSTIFICATIVA

De acordo com o relatório da SindusFarma (2023), o mercado brasileiro de medicamentos contribui de maneira significativa para a movimentação financeira, sendo responsável por 2% do mercado mundial de fármacos. Apenas em 2022, esse setor movimentou 106,78 bilhões de reais. Conforme projeções da Associação Brasileira de Distribuição e Logística de Produtos Farmacêuticos (ABRADILAN, 2023), a indústria farmacêutica brasileira deve crescer anualmente, entre 2024 e 2027, cerca de 8%.

De acordo com o Guia da Associação da Indústria Farmacêutica de Pesquisa (INTERFARMA, 2022) as projeções para o comércio de medicamentos no Brasil foi de cerca de 238 milhões de reais durante o ano de 2023, apresentando um crescimento em relação aos outros setores industriais. Atestando as projeções, no primeiro trimestre de 2023, os fármacos superaram a indústria de transformação, crescendo cerca de 1% em comparação com o ano anterior (Reis, 2023).

Devido às inúmeras mudanças no setor de medicamentos no Brasil, desde a comercialização direta em laboratórios até a criação de grandes redes de drogarias, a sua cadeia de suprimentos se tornou mais complexa e os custos logísticos mais altos (Vieira e Santos, 2020). Tendo em vista as projeções promissoras desta indústria, Zandkarimkhani et al. (2020) destaca que a logística e distribuição são vitais para os resultados de desempenho operacional e financeiro, uma vez que a gestão ineficiente de

distribuição dos fármacos pode ser um perigo à vida. Considerando os requisitos complexos de perecibilidade e a sensibilidade de armazenamento dos fármacos, Zegordi e Beheshtinia (2009) propõem a necessidade de aplicar modelos de otimização para roteirização.

Além disso, a fragilidade de alguns medicamentos reforça a necessidade das “Boas Práticas de Transporte de Produtos Farmacêuticos e Farmoquímicos”, instituídas como obrigatórias em 1998 pelo Ministério da Saúde, pela Portaria Nº12, atualizada em 2005. Brown (2003) e Pinto (2016) acrescentam a necessidade de acompanhar a integridade dos ativos durante o processo de distribuição, além de citarem a importância da rastreabilidade para garantir a qualidade.

Seideman (2003) reforça a diferença entre o escoamento de medicamentos para os demais produtos acabados, tendo em vista seu ciclo de vida curto, os inúmeros pré-requisitos sanitários e de qualidade a serem satisfeitos. Nesse sentido, a relevância da logística nesse setor acaba sendo mais forte, considerando sua complexidade e a necessidade de sobrevivência humana envolvida nessa problemática industrial.

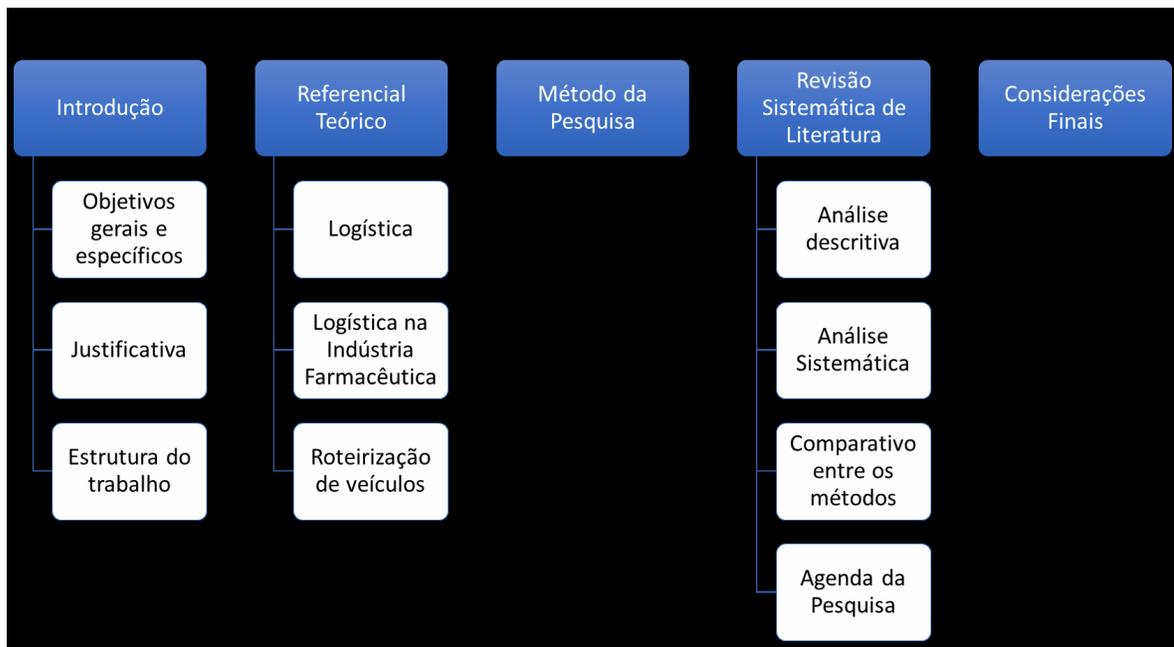
A revisão da literatura permitirá identificar as práticas atuais e as lacunas existentes nas operações logísticas. Segundo Silva et al. (2023), conhecer os desafios da implementação logística é crucial para entender as necessidades específicas do setor, especialmente em contextos de crescente demanda e complexidade na cadeia de suprimentos. Nesse sentido, a análise de modelos de roteirização existentes na literatura ajuda a entender as melhores práticas e inovações na área. De acordo com Chen et al. (2019), a adoção de modelos avançados de programação pode levar a um aumento considerável na eficiência logística, especialmente em setores críticos, como o farmacêutico.

Por fim, uma comparação entre as práticas atuais e as emergentes permitirá identificar oportunidades de melhoria, uma vez que a compreensão das tendências futuras em roteirização é essencial para que as empresas se mantenham competitivas e responsivas às necessidades do mercado.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho é composto por cinco capítulos, fundamentados nas teorias de logística e distribuição, roteirização de veículos e de métodos utilizados para a obtenção dos resultados. A Figura 1 apresenta os pontos abordados em cada um dos capítulos.

Figura 1 – Estrutura do trabalho.



Fonte: Autoria Própria (2024).

O primeiro capítulo deste estudo tem como intuito apresentar uma contextualização acerca do tema escolhido para abordagem, objetivo geral e específicos a serem alcançados com o seu desenvolvimento, assim como os argumentos que justificam a produção desse material científico.

Como base teórica, o capítulo 2 é responsável por apresentar os conceitos, vantagens e relevância dos temas que foram direcionados, tais como a logística, roteirização de veículos e sua aplicação no setor do farmacêutico.

Os materiais, métodos e fluxo metodológico para elaboração da pesquisa são expostos no capítulo 3. Este Trabalho de Conclusão de Curso é caracterizado como uma

pesquisa bibliográfica, com a apresentação das investigações empíricas do objeto de estudo e comparação dos resultados coletados com a literatura.

Na sequência, o quarto capítulo apresenta a revisão da literatura, que é composta pela caracterização das pesquisas, os métodos mais utilizados, assim como a comparação entre os métodos encontrados. A presente seção é finalizada com a apresentação de uma proposta de agenda de pesquisa, tendo como base as lacunas encontradas na literatura mapeada.

Por fim, o capítulo 5 conecta todos os tópicos expostos anteriormente, apresentando as considerações finais do trabalho, lacunas na pesquisa, sugestões para trabalhos futuros e contribuições do estudo para o meio acadêmico, assim como empresarial.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Quanto aos conceitos utilizados para fundamentar a presente pesquisa, são utilizadas definições como logísticas, aplicação da logística na indústria farmacêutica e roteirização dos veículos.

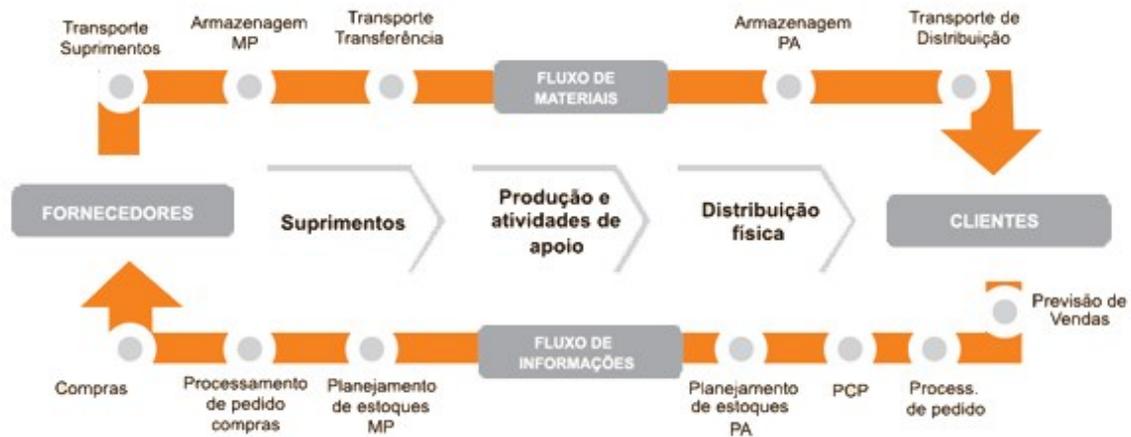
2.1 LOGÍSTICA

A logística é uma área de extrema relevância para o cumprimento do desempenho satisfatório de uma organização, visto que está atrelada a operações econômicas (custo de armazenagem, entrega, dentre outros), de distribuição (estoque, armazenagem e transporte) e gerenciais (satisfação dos objetivos de desempenho: flexibilidade, confiabilidade e custo) (Ballou, 1999; Fleury; Wanke; Figueiredo, 2000; Lambert; Stock, 2001).

Partindo do princípio de entregar produtos/serviços na quantidade e no tempo desejado, a logística age de maneira sistemática em uma organização, integrando as operações de transporte, estoque, armazenagem, movimentação de materiais e informações (Ballou, 1999; 2009; Paloeschi, 2010; Pedrelli, 2013). Meirim (2007) destaca que os processos logísticos são orientados pela busca da otimização do fluxo de informações. Isso inclui a gestão de todas as atividades necessárias para disponibilizar bens e serviços aos consumidores, com foco na satisfação das suas expectativas (Faria e Costa, 2014).

Lincoln (2010) afirma que a relevância das atividades logísticas nas empresas brasileiras tem se intensificado à medida que o escopo de suas funções se expande e sua complexidade aumenta. Essa evolução demanda uma estrutura organizacional adequada (Figura 2), capaz de gerenciar processos interdependentes, como o fluxo de informações e de materiais.

Figura 2 – Atividades logísticas na visão por processos.



Fonte: Lincoln (2010).

A coordenação eficiente dessas atividades é essencial para minimizar atritos e maximizar sinergias, assegurando, assim, um desempenho logístico eficaz. Portanto, a eficácia logística não se resume apenas à movimentação de produtos, mas também à gestão das informações que sustentam essas movimentações.

As operações logísticas estão diretamente ligadas a agregação de valor ao cliente e apresentam maior relevância conforme as mudanças socioeconômicas e tecnológicas surgem no mercado, visto que a conexão entre as informações se torna mais complexa (Ballou, 2009; Pedrelli, 2013; Santos Neto; Santana, 2015). Nesse sentido, além das tarefas de entrega ao cliente, a logística pode agir como um diferencial competitivo do negócio, a partir da precisão de operações, redução de custos e planejamento eficiente, de forma que as atividades dentro da cadeia logística devem garantir os padrões de qualidade pré-definidos estrategicamente (Chiavenato, 2008; Paloeschi, 2010; Nogueira, 2012).

A aplicação dos conceitos logísticos abrange tanto dimensões empresariais quanto operacionais. Na dimensão empresarial, contribui para a integração organizacional, permitindo um novo nível de rentabilidade nos serviços de distribuição (Bowersox, 2010; Ballou, 2012; Bertaglia, 2017). Em contraste, a dimensão operacional

foca na disponibilidade de matérias-primas, produtos semiacabados e estoques finalizados, nos quais a minimização de custos é um fator crítico (Ballou, 2011).

As ações logísticas podem ser utilizadas de maneira estratégica, conforme apontado por Bertaglia (2003). Isso implica estabelecer altos padrões de qualidade nas operações de produção e marketing. O objetivo central dessas estratégias é otimizar processos, reduzindo custos, enquanto se aumenta o nível de serviço. Nesse contexto, Dandaro e Martello (2015) enfatizam que o principal desafio para os gestores é equilibrar as expectativas de serviço com os investimentos necessários para atingir os objetivos organizacionais. Portanto, a adoção de estratégias ágeis é crucial para que as atividades logísticas atendam rapidamente à demanda do mercado, garantindo assim um diferencial competitivo em um ambiente repleto de incertezas (Terence, 2002; Ballou, 2012; Bertaglia, 2017). Essas estratégias não apenas melhoram a resposta ao ambiente externo, mas também promovem a eficiência operacional e a satisfação do cliente.

Krawkesky et al. (2008) e Chase et al. (2009) argumentam que as estratégias competitivas de uma organização devem estar em sintonia com as perspectivas da cadeia de suprimentos, permitindo um controle mais eficaz dos recursos envolvidos no processo. Um alinhamento eficaz entre os setores resulta em uma administração de recursos eficiente, que, em conjunto com o relacionamento com os fornecedores, contribui para a eficácia na prestação de serviços ao cliente (Manrique, 2019).

2.2 LOGÍSTICA NA INDÚSTRIA FARMACÊUTICA

A logística na indústria farmacêutica desempenha um papel importante na garantia de acesso a medicamentos de qualidade, especialmente em um contexto em que o setor apresenta crescimento significativo. De acordo com dados do Guia da Associação da Indústria Farmacêutica de Pesquisa (INTERFARMA, 2022), as projeções para o comércio de medicamentos no Brasil em 2023 são de aproximadamente 238 milhões de reais, evidenciando um aumento em relação a outros setores industriais. O crescimento é corroborado por Reis (2023), que aponta que, no primeiro trimestre de 2023, os fármacos superaram a indústria de transformação, com um incremento de cerca de 1% em comparação ao ano anterior.

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 2023) ressalta que a maior parte das vendas de medicamentos no Brasil é composta por genéricos e similares, que correspondem a 70% do total. Essa predominância coloca o país como uma referência no mercado farmacêutico na América Latina, contribuindo com 2% da economia mundial. No entanto, o crescimento e a evolução do setor não vêm sem desafios. As mudanças na comercialização de medicamentos, desde a venda direta em laboratórios até a formação de grandes redes de drogarias, têm tornado a cadeia de suprimentos mais complexa, resultando em custos logísticos mais elevados (Vieira e Santos, 2020).

Um dos aspectos críticos da logística farmacêutica é a fragilidade de muitos medicamentos, que demanda atenção especial às “Boas Práticas de Transporte de Produtos Farmacêuticos e Farmoquímicos.” Essas práticas foram instituídas pelo Ministério da Saúde em 1998 e atualizadas em 2005, sendo obrigatórias para garantir a segurança e a qualidade dos produtos transportados. Brown (2003) e Pinto (2016) enfatizam a importância de monitorar a integridade dos ativos ao longo do processo de distribuição e destacam a rastreabilidade como um elemento fundamental para assegurar a qualidade dos medicamentos.

Além disso, Seideman (2003) menciona que o escoamento destes produtos possui características distintas em relação a outros itens acabados. Os medicamentos frequentemente têm um ciclo de vida mais curto e requerem a observância de diversos pré-requisitos sanitários e padrões de qualidade. Essa complexidade torna a logística na indústria farmacêutica ainda mais relevante, especialmente considerando as implicações diretas na saúde humana. Diante desse cenário, as empresas farmacêuticas devem desenvolver estratégias logísticas robustas que integrem eficiência operacional e conformidade regulatória. Investimentos em tecnologias de rastreamento, gestão de estoques e otimização de processos logísticos são fundamentais para atender à crescente demanda e garantir a entrega de fármacos com segurança e agilidade. A evolução contínua da logística farmacêutica será, portanto, um fator determinante para o sucesso e a sustentabilidade do setor em um mercado cada vez mais competitivo e dinâmico.

2.3 ROTEIRIZAÇÃO DE VEÍCULOS

A crescente relevância da roteirização de veículos no contexto logístico deve-se à necessidade das empresas em melhorar seus processos de distribuição e entrega. Bassi (2009) ressalta que investimentos em logística proporcionam diferenciais competitivos significativos, refletindo em ganhos de tempo, custo e qualidade para todas as partes envolvidas no transporte de cargas. Santos (2014) também enfatiza que muitas empresas dependem de atividades de distribuição, que são fundamentais para a competitividade no mercado.

Conceitualmente, a roteirização de veículos é um método de busca empregado para definir a sequência otimizada de entrega e/ou coleta de material (Ballou, 2006; Sades, 2013). Diversos modelos básicos podem ser utilizados para abordar as variações dos problemas de roteirização (Ballou, 2006). De acordo com Laporte (1992), as soluções podem ser obtidas por meio de algoritmos exatos, que fornecem resultados ótimos, e métodos heurísticos, que propõem soluções viáveis. Podendo ser aplicada por meio de *softwares*, modelagem matemática ou algoritmos de otimização, a roteirização é uma ferramenta que considera aspectos geográficos e restrições de horário no processo de decisão (Cunha, 1997; Novaes, 2007; Braco e Giglioli, 2014).

O melhor roteiro geralmente tem o objetivo de minimizar tempo, custo, distância ou ambos, de forma que a roteirização não atua apenas no transporte, mas engloba a extensão do produto em trânsito, considerando estoque e embarque dos veículos (Ballou, 2006; Kisperska-Moron; Krzykaniak, 2009). Segundo Leal Júnior et al. (2012), a implementação de um sistema de roteirização eficaz pode resultar na redução de distâncias, no encurtamento de prazos e, conseqüentemente, na diminuição dos custos de serviços e transporte. Este enfoque estratégico potencializa a capacidade da organização de agregar valor à cadeia de suprimentos, conforme destacado por Figueiredo et al. (2007). Neste sentido, a rota de distribuição deve respeitar restrições incorporadas na programação e sequenciamento das entregas.

Considerando o crescimento da frota e a diversidade de tipos de veículos, o VRP pode ser usado para alocar de forma eficiente diferentes veículos para diferentes rotas, levando em conta restrições como a capacidade dos veículos, as janelas de tempo dos clientes e a distância percorrida (Tan; Yeh, 2021). No estudo de Lewczuk et al. (2013), o

modelo de roteamento considera fatores como as condições de tráfego variáveis ao longo do dia, distâncias entre os pontos de entrega, limites de velocidade, zonas restritas e o impacto das horas de pico. Além disso, diferentes tipos de veículos, com características de emissão variadas, são alocados conforme a demanda e a rota, permitindo que a empresa selecione opções mais ecológicas para determinadas entregas.

Braekers et al (2016) acrescentam que o roteamento de veículos tem um impacto significativo na eficiência de toda a cadeia de suprimentos, considerando sua contribuição para o negócio. Esse modelo vem sendo aplicado de maneira intensa e crescente, tanto na literatura quanto em meio empresarial, considerando sua eficácia na tomada de decisão. Com o avanço das ferramentas computacionais, esse escopo de estudo vem se aperfeiçoando e, apesar de todos os desafios e complexidades, as vantagens práticas são significativas para o negócio (Munari et al., 2019). Quanto às melhorias necessárias no modelo de otimização, Neves, Subramanian e Munari (2020) pontuam a (i) dificuldade em prever e modelar a variabilidade de dados incertos, (ii) complexidade de considerar as incertezas em resoluções computacionais e, (iii) falta de um modelo de tomada de decisão que considere as incertezas nos dados de entrega.

A resolução destes problemas apresenta desafios computacionais consideráveis, já que muitos destes são classificados como NP-difíceis. Isso implica que o esforço computacional necessário para a resolução cresce exponencialmente com o aumento do número de pontos a serem atendidos. Assim, a busca por métodos heurísticos que ofereçam um desempenho eficiente, resultando em soluções próximas das ótimas, torna-se essencial (Miura; Cunha, 2008). Semedo (2015) define as heurísticas como técnicas que, embora não garantam a solução ótima, permitem obter resultados satisfatórios em um tempo adequado. A aplicação de métodos heurísticos, conforme afirma Cunha (1997), envolve um tratamento intuitivo dos dados, considerando as restrições do problema, enquanto Belfiore et al. (2006) apontam para a redução de custos de transporte, respeitando a capacidade dos veículos.

Por fim, este estudo abordará os métodos de roteirização aplicados especificamente à indústria farmacêutica. Esse setor é caracterizado pela necessidade de entregas ágeis e precisas, visto que envolve o transporte de produtos de alta criticidade, como medicamentos e vacinas, que possuem restrições de temperatura e

validade. A complexidade da distribuição e a busca por redução de custos, aliada à garantia de conformidade regulatória, torna essencial o uso de soluções otimizadas de roteamento de veículos. Assim, a análise desses métodos permitirá identificar estratégias eficientes que assegurem a qualidade e a segurança no transporte, além de aprimorar a gestão logística no setor.

3 MÉTODO DE PESQUISA

O presente tópico tem o intuito de expor os métodos utilizados para realização do estudo, da mesma forma que a caracterização da pesquisa e as etapas para aplicação dos conceitos utilizados como base para análise dos dados.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

A caracterização da pesquisa, conforme as diretrizes de Gil (2010) e o procedimento metodológico proposto por Yin (2015), é realizada considerando quatro abordagens metodológicas.

Este estudo incorpora elementos qualitativos, ao examinar a literatura sobre métodos de roteirização, buscando compreender os conceitos, tendências e interpretações que emergem dos dados. A análise detalhada dos estudos selecionados possibilita a identificação de padrões e a formulação de novas perspectivas teóricas (Silva; Oliveira; Silva, 2021). A pesquisa também utiliza dados quantitativos ao compilar e analisar informações numéricas extraídas dos artigos revisados (Tashakkori; Teddlie, 1998). Essa análise quantitativa permite a quantificação de variáveis, como a frequência de métodos utilizados e a eficácia das abordagens, contribuindo para uma compreensão mais abrangente dos fenômenos em estudo (Gil, 2010).

Quanto a sua natureza, a pesquisa é teórica, pois se concentra na análise e interpretação de conceitos e teorias existentes sobre métodos de roteirização, especialmente no contexto da indústria farmacêutica, a fim de aprofundar o conhecimento sobre a aplicação dessas teorias na prática, contribuindo para a formação de uma base teórica sólida (Lakartos; Marconi, 2017).

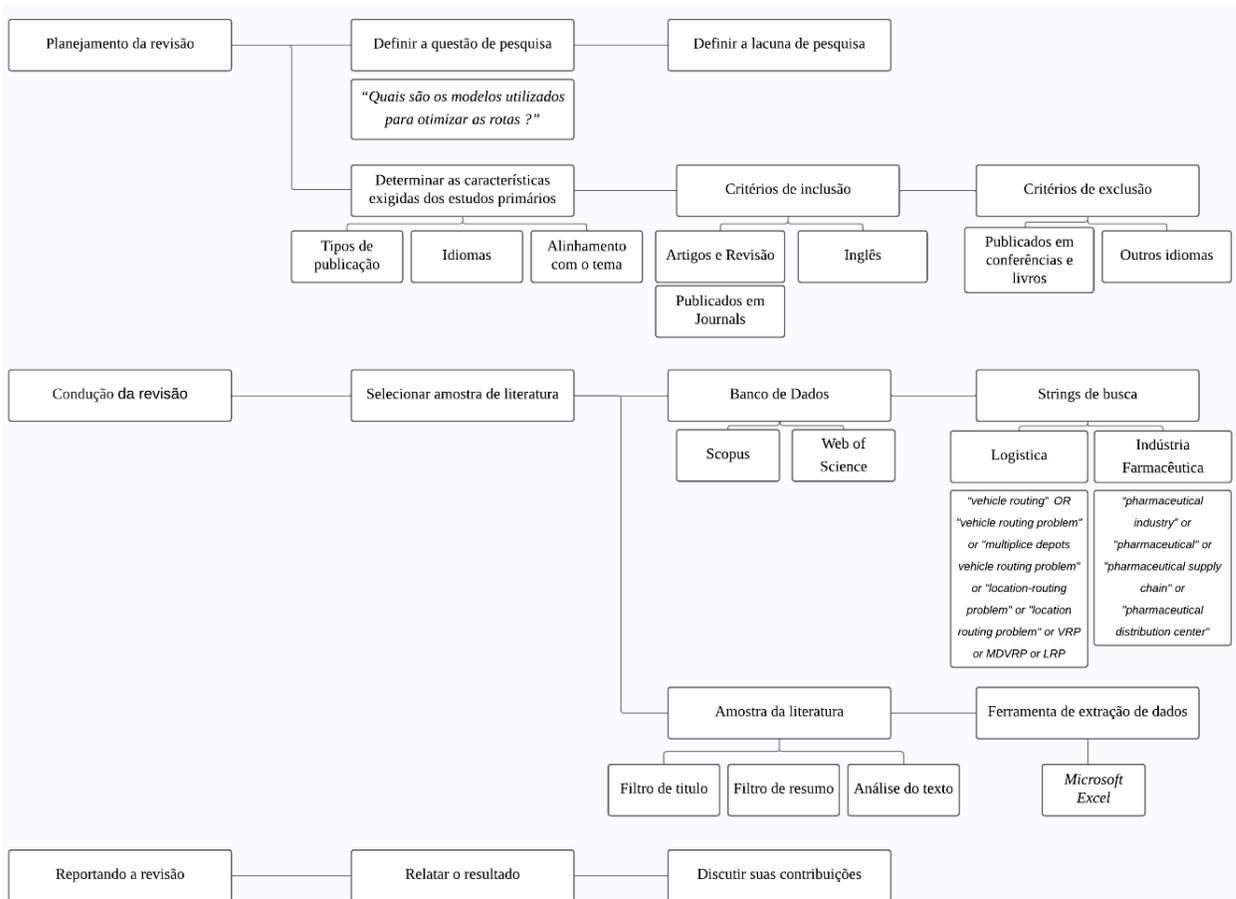
Os procedimentos metodológicos adotados incluem as diretrizes de Revisão Sistemática da Literatura (RSL). As diretrizes de RSL orientam a coleta, análise e síntese de dados da literatura, facilitando a identificação de lacunas no conhecimento e a formulação de novas questões de pesquisa (Tranfield; Denyer; Smart, 2003). A pesquisa segue um processo estruturado, que inclui a definição de critérios de inclusão e exclusão, a seleção de artigos relevantes, a extração de dados e a análise crítica dos resultados.

Por fim, o estudo possui um objetivo exploratório, visto que busca mapear e identificar lacunas na literatura sobre roteirização na indústria farmacêutica. (Praça, 2015). Essa abordagem facilita a identificação de conhecimentos a serem explorados e oferece uma base sólida para futuras investigações (Yin, 2015).

3.2 REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

Considerando a relevância do presente método para a literatura, a RSL foi estruturada seguindo as diretrizes clássicas de Tranfield et al (2003) (planejamento da revisão, condução e reportando a revisão), que estão detalhadas na Figura 3.

Figura 3 – Estrutura da RSL.



Fonte: Autoria Própria (2024).

A primeira etapa do planejamento da revisão diz respeito à definição da questão de pesquisa: “quais os métodos de Roteirização de Veículos utilizados para distribuição de medicamentos?”. Ainda no contexto do planejamento da revisão, foram definidas as bases de dados (Scopus e Web of Science) e as strings de busca (Quadro 1), seguindo os indicadores booleanos “and” e os campos de busca “título, resumo e palavras-chaves” como estratégia da busca, realizada em março de 2024.

Quadro 1 - Strings de busca.

Logística	Indústria Farmacêutica
<p><i>“vehicle routing” OR “vehicle routing problem” or “multiplice depots vehicle routing problem” or “location-routing problem” or “location routing problem” or VRP or MDVRP or LRP</i></p>	<p><i>“pharmaceutical industry” or “pharmaceutical” or “pharmaceutical supply chain” or “pharmaceutical distribution center”</i></p>

Fonte: Autoria Própria (2024).

A pesquisa resultou em uma amostra de 210 artigos. Após a aplicação dos critérios de seleção e classificação, os artigos foram armazenados no *software Mendeley*, para maior sistematização da amostra e eliminação dos artigos duplicados, resultando em um quantitativo de 72 artigos. Posteriormente, após a leitura de títulos e resumos resultou em 44 estudos e, após a leitura da íntegra, 24 artigos.

A etapa de abstração envolveu a leitura cuidadosa dos artigos selecionados para a extração de informações pertinentes, como os métodos de roteamento utilizados, as abordagens matemáticas aplicadas e os resultados obtidos. Cada estudo foi codificado e suas principais contribuições sintetizadas em categorias temáticas, facilitando a organização das informações.

Na fase de análise, os dados extraídos foram comparados e interpretados, com foco na identificação de tendências, lacunas na literatura e a eficácia dos métodos de roteirização em diferentes contextos. Essa abordagem sistemática permitiu uma visão abrangente e crítica dos avanços teóricos e práticos, fornecendo uma base sólida para a discussão e para futuras aplicações na indústria em questão.

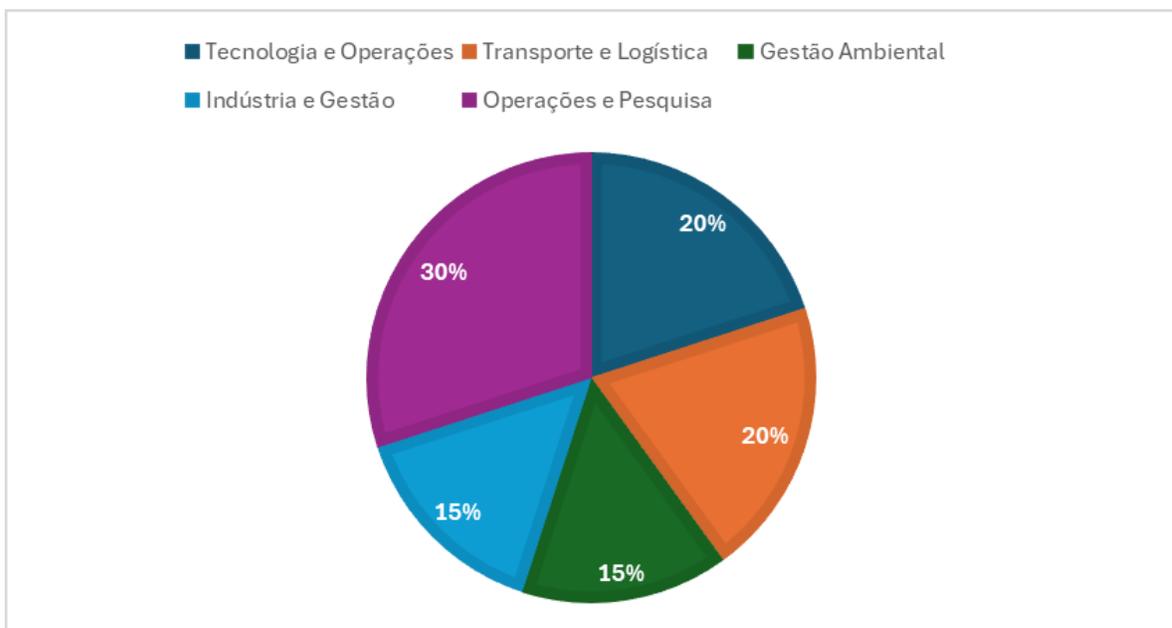
4 REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

De maneira global, o mapeamento da literatura quanto aos modelos e métodos utilizados para distribuição de produtos, combinam a logística, otimização e análise de redes para garantir a entrega eficiente. Entre os estudos mapeados existem vários modelos e métodos que têm sido desenvolvidos na literatura para abordar os desafios dessa área. Estes métodos e suas características são expostos no presente capítulo.

4.1 ANÁLISE DESCRITIVA

Uma análise descritiva dos estudos selecionados revela um panorama abrangente de como a pesquisa acadêmica tem abordado desafios e inovações em áreas como logística, otimização de transportes, gestão de riscos e inteligência artificial aplicada a operações no contexto de fármacos. Cada estudo oferece contribuições importantes em seu respectivo campo (Figura 4), com foco em solucionar problemas específicos, mas também apresenta limitações que precisam ser superadas para uma aplicação mais ampla.

Figura 4 – Setor de aplicação dos estudos.



Fonte: Autoria Própria (2024).

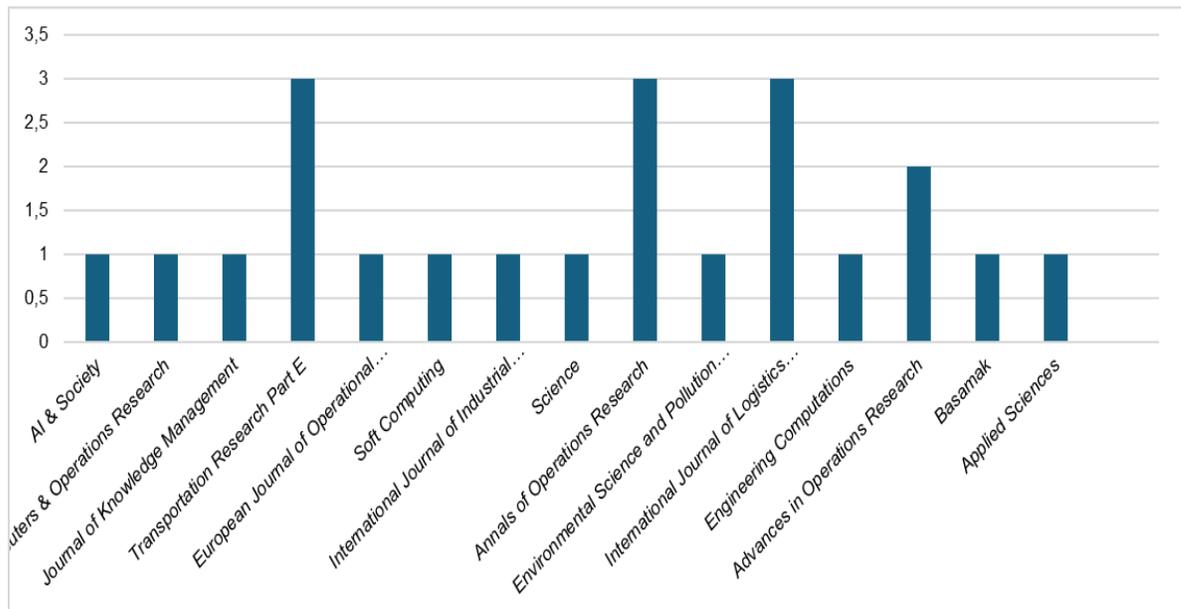
A diversidade de abordagens aplicadas a problemas de transporte, produção e distribuição em cadeias de suprimentos apresenta um crescimento contínuo na literatura. De modo que esta revisão aborda artigos relevantes publicados em periódicos de alto impacto, explorando avanços recentes em métodos de otimização, modelagem matemática e suas aplicações em sistemas complexos.

Quanto à distribuição de artigos por ano de publicação, é possível afirmar um aumento na produção acadêmica relacionada aos temas abordados. Em 2009, apenas um estudo foi selecionado, refletindo a limitação da produção acadêmica e sua concentração em tópicos emergentes. 2017 marca um início significativo de interesse em gestão do conhecimento e operações. A colaboração entre esses temas começou a se consolidar, refletindo a evolução dos modelos organizacionais.

Em 2018 foram publicados 4 estudos, o que sugere um reconhecimento crescente da importância da logística e operações. Esse aumento pode ser atribuído a um maior foco em melhorias na eficiência operacional e inovação nos processos de transporte e logística. No ano seguinte, são selecionados 3 estudos, isso pode refletir um amadurecimento dos tópicos discutidos anteriormente.

2020 destaca-se com 5 publicações, representando 21% do total. A pandemia de COVID-19 pode ter impulsionado a pesquisa sobre operações e logística, destacando a necessidade de resiliência nas cadeias de suprimentos. Nos anos posteriores, existe uma média de 2 a 3 estudos por ano, indicando um interesse contínuo na pesquisa aplicada a esses setores, especialmente em gestão operacional e ambiental. Em relação aos periódicos selecionados, a publicação dos estudos abrange uma ampla gama de tópicos, refletindo a diversidade de áreas de pesquisa, como exposto na Figura 5.

Figura 5 – Periódicos e revistas de publicação.



Fonte: Autoria Própria (2024).

As revistas *Transportation Research Part E* e *Annals of Operations Research* aparecem como líderes em publicações, sugerindo que essas plataformas são bem reconhecidas para a disseminação de pesquisas em logística e operações. Em seguida, *International Journal of Logistics Systems and Management* enfatiza a intersecção entre logística e gestão. A diversidade de revistas sugere um ecossistema acadêmico ativo, no qual diferentes enfoques e metodologias são bem-vindos.

Assim, esta análise revela um campo de pesquisa dinâmico e em expansão, com um foco crescente na intersecção entre operações, tecnologia e gestão. A produção acadêmica tem se intensificado, especialmente em anos de crises e mudanças significativas, como em 2020.

Ademais, as revistas selecionadas refletem a diversidade dos tópicos abordados, enquanto os setores de aplicação demonstram a relevância das pesquisas no contexto atual. Essa evolução sugere que, à medida que os desafios em logística e operações se tornam mais complexos, a pesquisa acadêmica continuará a desempenhar um papel crucial na busca por soluções inovadoras e eficientes.

4.2 ANÁLISE SISTEMÁTICA

No setor de medicamentos e fármacos, a roteirização é um campo em crescente relevância, especialmente na logística de distribuição em ambientes de saúde. Este tópico explora as tendências e resultados quantitativos de pesquisas recentes, destacando métodos, áreas de aplicação e implicações práticas.

Entre os estudos mapeados existem vários modelos e métodos para distribuição de medicamentos que têm sido desenvolvidos na literatura. De maneira geral, estes combinam a logística, otimização e análise de redes para garantir a entrega eficiente. É importante pontuar que cada modelo e método tem suas próprias características e aplicabilidades, dependendo do contexto específico da roteirização da distribuição. A escolha do método adequado depende de fatores como a complexidade do problema, a necessidade de soluções em tempo real e a precisão requerida. Os métodos propostos na literatura são expostos no Quadro 2.

Quadro 2 – Métodos utilizados na literatura.

Referência	Método	Descrição	Aplicação
Aghakhani et al. (2023)	Inteligência artificial e otimização	Aplicação de IA para otimização de redes logísticas.	Aplicável em estudos que buscam otimização logística através de técnicas avançadas de IA.
Ali et al. (2022)		Uso de IA na otimização de redes logísticas e previsão de demanda.	Aplicável em estudos que buscam melhorar a eficiência logística por meio de IA e técnicas de aprendizado de máquina.
Arslan, Dağistan e Şar (2022)	Análise estatística	Estudo estatístico sobre fatores críticos em operações logísticas.	Pode ser usado para identificar e priorizar fatores que afetam a eficiência nas cadeias de suprimentos.
Beiki et al. (2021)	Programação inteira mista	Impacto ambiental das cadeias de suprimentos.	Aplicável para avaliar como as práticas de logística afetam o meio ambiente, embora o foco seja em eficiência, pode fornecer insights sobre mitigação de impactos.

Bouziyane, Dkhissi e Cherkaoui (2020)	Tomada de Decisão Multicritério	Estudo de técnicas de decisão multicritério em logística.	Aplicável na seleção de fornecedores e na avaliação de alternativas logísticas em cadeias de suprimentos.
Zandkarimkhani et al. (2020)		Avaliação de decisões em cadeias de suprimentos sustentáveis usando múltiplos critérios.	Cadeias de suprimentos sustentáveis.
Campelo et al. (2019)	Otimização estocástica	Modelagem de incertezas em redes de transporte.	Útil para lidar com incertezas e riscos em cadeias de suprimentos, principalmente na logística de transporte.
Eiselt, Gendreau, Laporte (1995)	Arc Routing Problem (ARP)	Estudo sobre o problema do carteiro chinês, resolvendo roteamento de veículos em redes.	Logística urbana e roteamento de veículos.
Escuín, Millán e Larrodé (2009)	Modelagem matemática	Desenvolvimento de um modelo de otimização para redes de transporte.	Aplicável em estudos de logística, otimizando processos de transporte em cadeias de suprimentos.
Ivancic e Sahin (2019)	Otimização Robusta	Otimização robusta para gestão de cadeias de suprimentos.	Cadeia de suprimentos e otimização logística.
Janatyan et al. (2021)		Otimização robusta aplicada à distribuição farmacêutica.	Distribuição farmacêutica.
Kramer, Cordeau e Iori (2019)	Simulação de Monte Carlo	Simulação de cenários de transporte com variáveis aleatórias.	Aplicável em análises de risco e incertezas no planejamento logístico.
Lin et al. (2022)	Sustentabilidade e otimização	Estudo sobre práticas de sustentabilidade em cadeias de suprimentos com foco na eficiência.	Embora o foco seja na eficiência, pode fornecer insights sobre a aplicação de práticas sustentáveis em logística.
Qazvini, Haji e Mina (2019)		Simulação de processos logísticos e aplicação de métodos de otimização.	Pode ser utilizado para melhorar a eficiência dos processos logísticos, reduzindo custos e tempos de entrega.

Repolho et al (2018)	Algoritmos evolutivos	Aplicação de algoritmos evolutivos em otimização de rotas logísticas.	Pode ser utilizado para otimizar rotas de transporte e melhorar a eficiência logística.
Ruiz et al. (2020)	Modelagem estocástica	Modelos estocásticos para planejamento de demanda em cadeias de suprimentos.	Relevante para a previsão de demanda em estudos logísticos, considerando incertezas de mercado.
Sajid et al. (2021)	Otimização de simetria	Aplicação de métodos de simetria em problemas de logística.	Útil para otimização de redes de distribuição simétricas em cadeias de suprimentos.
Sazvar et al. (2021)	Programação linear	Otimização linear em problemas de logística com restrições de capacidade.	Aplicável para otimização de recursos e capacidade em redes de distribuição.
Shahbazi e Nowaczyk (2023)	Otimização Energética	Métodos de otimização que buscam minimizar o consumo energético e maximizar a eficiência	Integração de veículos elétricos em redes de transporte
Soysal e Çimen (2017)	Otimização Combinatória	Avaliação de algoritmos de otimização combinatória.	Pode ser usado para melhorar processos de tomada de decisão em cadeias de suprimentos e logística.
Uthayakumar e Priyan (2013)	Abordagem Integrada	Abordagem integrada para roteamento de veículos e gestão de estoques.	Gestão de estoques e roteamento de veículos.
Zhou e Zong (2021)	Algoritmos genéticos	Estudo sobre a aplicação de algoritmos genéticos em problemas de transporte.	Útil para a otimização de rotas e distribuição de produtos em cadeias de suprimentos logísticas.
Borumand e Behestinia (2018)		Estudo sobre gestão do conhecimento em organizações.	Utilizado para explorar a implementação de gestão do conhecimento em cadeias de suprimentos e logística.
Zhu e Ursavas (2018)	Simulação computacional	Simulação de políticas de transporte e seus impactos econômicos.	Relevante para prever e melhorar a eficiência dos processos de transporte no setor logístico.

Fonte: Autoria Própria (2024).

A análise da literatura revela uma tendência em direção a abordagens cada vez mais sofisticadas, combinando otimização, simulação e novas tecnologias para enfrentar os desafios logísticos contemporâneos. Os estudos discutidos fornecem uma base sólida para a futura pesquisa e implementação de sistemas logísticos mais eficientes e sustentáveis.

Quanto às ferramentas quantitativas mais utilizadas, é possível afirmar que a maior quantidade de estudos está utilizando técnicas de otimização, como algoritmos evolucionários, heurísticas e métodos exatos. Diversificando o método utilizado, existem estudos que focam na modelagem matemática e simulação, sendo essencial para problemas complexos que avaliem eficácia.

Assim, 40% das pesquisas utilizaram algoritmos de otimização combinatória, como Programação Linear e Algoritmos Genéticos, 30% exploraram técnicas de aprendizado de máquina, incluindo Redes Neurais e Algoritmos de Aprendizado Profundo, cerca de 20% adotaram abordagens heurísticas, como o método de Tabu Search e Simulated Annealing. Por fim, 10% aplicam modelos estocásticos, lidando com incertezas na demanda e disponibilidade.

Kramer, Cordeau e Iori (2019) apresentam uma solução em instância para a distribuição terceirizada de medicamentos, explorando em seu algoritmo os requisitos de (i) múltiplos depósitos, (ii) frota heterogênea, (iii) janela de tempo flexível, (iv) demandas periódicas, (v) duração máximas de rotas e, (vi) número máximo de clientes por rota. Já Peixoto e Nery (2023) comparam os resultados de uma aplicação de algoritmo genético em linguagem de programação Python, com a estratégia de roteirização, considerando o problema de otimização de armazenamento de fármacos.

Quanto aos modelos matemáticos e algoritmos heurísticos, Zhu e Ursavas (2018) exploraram a aplicação da roteirização de veículos para distribuição de fármacos na Holanda, considerando a localização dos depósitos, tempo de entrega e a rota limitada. Semelhantemente, Savadkoobi et al. (2018) estudam a problemática, afirmando como lacuna de pesquisa o número limitado de estudos que incorporem a perecibilidade, localização e quantidade de recursos em inventário, problemas clássicos do mercado de medicamentos.

Conectando a otimização com a crescente demanda por práticas sustentáveis na logística e transporte, na literatura existe uma crescente demanda por metodologias voltadas para minimizar o impacto ambiental e otimizar o uso de recursos. No estudo de Shahbazi e Nowaczyk (2023), a sustentabilidade é incorporada em redes de transporte através de otimizações energéticas e utilização de tecnologias de veículos elétricos.

Considerando assuntos emergentes, os avanços em tecnologia são estudos quanto a integração de sistemas automatizados, algoritmos inteligentes e sensores em processos logísticos. Apesar do progresso, desafios como a integração de grandes volumes de dados, incertezas na demanda e restrições ambientais continuam a oferecer novas oportunidades para pesquisas. Soluções inovadoras e metodologias híbridas são necessárias para lidar com a complexidade crescente das redes logísticas.

Assim, é possível afirmar que a pesquisa em roteirização de medicamentos e fármacos está em expansão, com foco em métodos avançados de otimização. As melhorias significativas em eficiência e redução de custos ressaltam a relevância dessas abordagens no setor de saúde, com a integração de tecnologias emergentes, prometendo avanços adicionais.

4.3 COMPARATIVO ENTRE OS MÉTODOS

Os métodos de otimização e logística variam amplamente em termos de complexidade, robustez e aplicabilidade. Escolher o método adequado depende diretamente das necessidades do problema, como a presença de incertezas, a necessidade de decisões em tempo real, e as limitações computacionais. O Quadro 3 expõe a comparação dos métodos quanto às características, vantagens e limitações.

Quadro 3 – Comparando os métodos encontrados na literatura.

Método	Características	Vantagens	Limitações
Algoritmos de Meta-heurísticas	Técnicas aproximadas como Algoritmos Genéticos e Simulated Annealing, que buscam soluções próximas ao ótimo.	Capacidade de lidar com grandes volumes de dados e problemas complexos. Flexibilidade na adaptação a diferentes contextos.	Não garantem encontrar uma solução ótima global. Desempenho pode variar conforme os parâmetros escolhidos.
Otimização Estocástica	Considera variáveis aleatórias e cenários incertos, buscando soluções robustas sob incerteza.	Adequada para ambientes dinâmicos e voláteis, onde incertezas são predominantes. Resultados mais realistas e aplicáveis em condições reais.	Modelagem complexa e demanda grande poder computacional. Soluções podem ser conservadoras, com maior foco em robustez do que em desempenho ótimo.
Modelos Multiobjetivo	Otimização de múltiplos critérios simultaneamente, como custo, tempo e sustentabilidade.	Oferece soluções equilibradas para problemas com várias métricas, permitindo trade-offs entre objetivos.	Alta complexidade computacional. Exige decisões de priorização entre objetivos, o que pode resultar em escolhas subótimas para alguns critérios.
Modelagem Combinatória	Métodos baseados em programação linear e inteira para resolver problemas de grande dimensão e alta complexidade.	Soluções exatas para problemas complexos e capacidade de modelar restrições reais, como capacidade limitada e múltiplos estágios.	Modelos crescem exponencialmente com o tamanho do problema, resultando em alta demanda de tempo de processamento.
Otimização com Sustentabilidade	Integra variáveis ambientais e de sustentabilidade nos processos de otimização.	Promove soluções que minimizem impactos ambientais, alinhando eficiência econômica e sustentabilidade.	Pode resultar em maior custo inicial ou tempos de implementação mais longos. Necessidade de equilibrar custos e benefícios ambientais.

Otimização Energética	Foco na redução do consumo de energia e maximização da eficiência em redes logísticas.	Redução de custos energéticos e maior sustentabilidade, promovendo uso eficiente dos recursos.	Aplicável em casos específicos, como integração de veículos elétricos, mas pode ter menos impacto em cenários logísticos convencionais.
Internet das Coisas (IoT)	Uso de sensores e conectividade para monitoramento em tempo real, coleta e análise de dados logísticos.	Permite rastreamento em tempo real e maior controle sobre fluxos de materiais, o que melhora a tomada de decisão em tempo real.	Dependência de infraestrutura tecnológica robusta e investimento elevado. Preocupações com a segurança e privacidade dos dados coletados.
Machine Learning + Otimização Clássica	Combinação de algoritmos de aprendizado de máquina com métodos clássicos de otimização.	Capacidade de adaptação a novos padrões de dados e otimização em tempo real, com melhorias contínuas.	Requer grande quantidade de dados históricos para treinamento de modelos. Pode ser difícil interpretar decisões baseadas em modelos de machine learning.

Fonte: Autoria Própria (2024).

Neste contexto, estes métodos podem ser comparados considerando as seguintes questões: eficiência computacional, flexibilidade e robustez.

- **Eficiência Computacional:** Meta-heurísticas e IoT apresentam melhor escalabilidade e eficiência para problemas em larga escala, enquanto otimização estocástica e combinatória são mais complexas e limitadas por conta do crescimento exponencial da solução conforme o problema se torna mais complexo;
- **Flexibilidade:** Meta-heurísticas e Machine Learning + Otimização Clássica destacam-se pela alta flexibilidade, podendo ser aplicadas a diferentes tipos de problemas com facilidade. Modelos multiobjetivo e combinatórios são mais específicos e requerem ajustes mais detalhados, dificultando a adaptação para diferentes cenários;
- **Robustez:** A otimização estocástica é a mais robusta em ambientes incertos, uma vez que seu foco está justamente em tratar problemas com

variáveis probabilísticas. Já a otimização combinatória, apesar de exata, é menos robusta em ambientes incertos, devido ao aumento exponencial de cenários possíveis.

Comparando os métodos é possível afirmar que no aspecto precisão versus eficiência, os modelos exatos, como a Modelagem Combinatória, oferecem soluções precisas, mas são limitados pela escalabilidade e tempo computacional. Métodos aproximados, como Meta-heurísticas e Otimização Estocástica, são mais eficientes em problemas de grande dimensão, mas sacrificam a garantia de soluções ótimas globais.

Quanto à diversidade de métodos de otimização e modelagem no setor de fármacos e medicamentos, oferece um amplo espectro de soluções para os desafios logísticos e operacionais enfrentados. A escolha do método adequado deve considerar não apenas as características e vantagens de cada abordagem, mas também suas limitações, especialmente em um setor onde a precisão, a conformidade regulatória e a sustentabilidade são cruciais. A pesquisa e a inovação contínuas nessas áreas são essenciais para promover a eficiência operacional, garantir o acesso a medicamentos e atender às crescentes expectativas de responsabilidade social e ambiental.

4.4 AGENDA DE PESQUISA

O presente estudo apresenta um panorama abrangente das tendências e direções futuras na pesquisa em logística e cadeias de suprimentos. A integração de novas tecnologias, o foco em sustentabilidade e a necessidade de soluções adaptativas são temas centrais que podem orientar futuras investigações e práticas no setor. A contínua evolução desses métodos e abordagens será crucial para enfrentar os desafios emergentes em um ambiente logístico cada vez mais complexo e dinâmico. O Quadro 4 apresenta a agenda de pesquisa.

Quadro 4 – Agenda de Pesquisa.

Sugestões de Trabalhos Futuros	Questões de Pesquisa
Combinação de otimização robusta e aprendizado de máquina para gestão de cadeias de suprimentos de fármacos	Como a integração desses métodos pode melhorar a resiliência das cadeias de suprimentos de medicamentos em ambientes dinâmicos, como pandemias ou crises de saúde?
Desenvolvimento de modelos de otimização multiobjetivo que integrem sustentabilidade e custos na distribuição de medicamentos	Quais são os trade-offs entre redução de custos e práticas sustentáveis nas operações logísticas de fármacos, considerando regulamentações sanitárias?
Modelo de programação estocástica para mitigação de riscos em tempo real na cadeia de distribuição de fármacos	Como incertezas como variações de demanda, disponibilidade de estoque e condições de transporte podem ser incorporadas em decisões logísticas em tempo real para a distribuição eficiente de medicamentos?
Aplicação de IA para análise de desempenho de logística verde na cadeia de suprimentos de fármacos	Como a IA pode ser utilizada para melhorar a eficiência e sustentabilidade nas operações logísticas da distribuição de medicamentos, considerando exigências regulatórias de descarte e transporte?
Aplicação de IoT na otimização e monitoramento em tempo real de processos logísticos farmacêuticos	Quais são os benefícios da implementação de IoT para aumentar a eficiência e controle na cadeia de distribuição de fármacos, e os custos são justificáveis nesse contexto?
Avaliação da eficácia de modelos de aprendizado profundo para prever a demanda de medicamentos em cadeias de suprimentos complexas	Como o aprendizado profundo pode aumentar a precisão na previsão da demanda de medicamentos, especialmente para tratamentos sazonais ou emergências sanitárias?
Desenvolvimento de algoritmos híbridos para problemas de roteamento em logística urbana de medicamentos	Quais abordagens híbridas (heurísticas e exatas) são mais eficazes para otimizar o roteamento de veículos entre centros de distribuição e farmácias em áreas urbanas, considerando restrições de tempo e regulamentações sanitárias?
Desenvolvimento de modelos estocásticos simplificados para distribuição farmacêutica	Quais simplificações podem ser feitas em modelos estocásticos sem perda significativa de precisão, facilitando a implementação em redes de distribuição de medicamentos?

Criação de frameworks que combinem sustentabilidade e otimização de recursos na cadeia de suprimentos farmacêutica	Como a utilização de modelos sustentáveis pode impactar positivamente a imagem organizacional e a eficiência da distribuição de fármacos?
Exploração de abordagens para reduzir a complexidade computacional sem comprometer a exatidão na distribuição de fármacos	Quais técnicas podem ser aplicadas para simplificar a otimização combinatória em processos logísticos farmacêuticos?
Investigação de métodos de ajuste dinâmico utilizando feedback contínuo para melhorar a distribuição de medicamentos	Como a integração de dados em tempo real e feedback contínuo pode otimizar o planejamento e execução logística, garantindo a entrega adequada de medicamentos?
Criação de ferramentas amigáveis para facilitar a implementação de métodos complexos na distribuição de fármacos	Quais elementos devem ser incorporados em ferramentas para tornar a implementação de modelos complexos mais acessível em redes farmacêuticas, garantindo usabilidade e eficácia?
Desenvolver modelos de otimização mais eficientes que utilizem menos dados ou dados incompletos, explorando IA com menor custo computacional para a distribuição de medicamentos.	Como algoritmos de otimização podem ser adaptados para contextos com dados incompletos ou incertos na cadeia de suprimentos farmacêutica?
Criar ferramentas que simplifiquem a implementação de métodos complexos, utilizando interfaces amigáveis e bibliotecas de fácil acesso.	Quais são as limitações computacionais de pequenas e médias distribuidoras de fármacos na implementação de soluções baseadas em IA?
Realizar estudos de caso em distribuidoras de medicamentos para validar a aplicabilidade dos modelos teóricos em situações reais de operação logística.	Como modelos matemáticos e de IA podem ser adaptados para a distribuição prática de medicamentos em diferentes contextos de saúde pública?
	Quais são os principais desafios na implementação prática de modelos teóricos em redes farmacêuticas de médio porte?
Desenvolver algoritmos híbridos que equilibrem a precisão e a simplicidade computacional, permitindo sua aplicação em distribuidoras de medicamentos, especialmente PMEs.	Como algoritmos híbridos podem ser utilizados para balancear complexidade computacional e precisão nas operações logísticas de fármacos?
	Quais são as melhores práticas para simplificar modelos complexos sem comprometer a eficiência na distribuição de medicamentos?
Expandir a análise para a área farmacêutica e saúde, criando frameworks generalizáveis	Como adaptar modelos de otimização e gestão de riscos logísticos para diferentes

para diferentes cenários de distribuição de medicamentos.	contextos de distribuição de fármacos, incluindo farmácias, hospitais e clínicas?
	Quais adaptações são necessárias para aplicar soluções desenvolvidas em outros setores na logística farmacêutica?
Explorar a robustez dos modelos de otimização de distribuição de medicamentos diante de variáveis externas como pandemias e desastres naturais para maior resiliência.	Como crises sanitárias e desastres naturais impactam as operações logísticas na distribuição de fármacos?
	Quais ajustes são necessários em modelos de otimização para lidar com eventos imprevisíveis na cadeia de suprimentos de medicamentos?
Desenvolver frameworks de otimização e gestão de estoques específicos para pequenas distribuidoras de medicamentos, levando em conta suas limitações financeiras e tecnológicas.	Como criar soluções logísticas e de otimização que atendam às necessidades e limitações das pequenas e médias distribuidoras de fármacos?
	Quais técnicas de gestão de estoques são mais eficazes para PMEs farmacêuticas em diferentes contextos?

Fonte: Autoria Própria (2024).

O Quadro 3 serve como um guia estratégico para pesquisadores que desejam explorar as lacunas existentes nas abordagens atuais e desenvolver novas soluções. Ele promove um entendimento mais claro dos desafios e oportunidades nas áreas de pesquisa, facilitando o planejamento e a execução de projetos futuros.

Nesse sentido, tendo como foco o desenvolvimento de novos estudos tem-se: (i) investigar novos algoritmos heurísticos que integrem aprendizado de máquina, uma vez que pesquisas nessa área podem resultar em soluções mais eficientes para problemas complexos de otimização, especialmente em cadeias de suprimentos voláteis. (ii) desenvolver modelos estocásticos simplificados que mantenham a precisão, concentrando-se em identificar quais simplificações são possíveis sem comprometer a precisão dos resultados. (iii) explorar abordagens que reduzam a complexidade computacional, contribuindo para problemas de roteamento e alocação de recursos. (iv) investigar métodos que permitam ajustes dinâmicos rápidos e eficientes, destacando como explorar o feedback em tempo real pode melhorar a tomada de decisões.

Desse modo, os trabalhos futuros devem refletir a inovação contínua em logística e cadeias de suprimentos, uma necessidade atual da literatura. Assim, a integração de novas tecnologias, a busca por soluções sustentáveis, e a adaptação a ambientes dinâmicos são elementos cruciais que devem guiar a pesquisa. Investigações nessas áreas não apenas contribuirão para o avanço acadêmico, proporcionando soluções práticas e aplicáveis para os desafios enfrentados pelas empresas na atualidade. O foco em simplificação, escalabilidade e implementação assegurará que as inovações sejam adotadas de forma eficaz no setor.

Especialmente no setor de fármacos, a integração de algoritmos heurísticos e aprendizado de máquina pode aprimorar a gestão da cadeia de suprimentos farmacêutica, proporcionando uma resposta mais ágil e eficiente a flutuações de demanda e incertezas de mercado. Além disso, a adoção de modelos estocásticos simplificados e frameworks que equilibram múltiplos critérios sustentáveis podem auxiliar as empresas farmacêuticas na tomada de decisões estratégicas que não apenas atendem às necessidades regulatórias, mas também minimizam o impacto ambiental.

A capacidade de realizar ajustes dinâmicos em processos logísticos e a implementação de sistemas de otimização em tempo real são fundamentais para garantir a disponibilidade de medicamentos essenciais, melhorar a eficiência operacional e, conseqüentemente, aumentar a resiliência das operações. Assim, a pesquisa nessas áreas promove a eficiência e a sustentabilidade, assim como garante que os pacientes tenham acesso a tratamentos eficazes e seguros, refletindo a importância da logística na saúde pública.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A indústria farmacêutica brasileira desempenha um papel essencial na economia, com projeções de crescimento contínuo nos próximos anos. No entanto, esse desenvolvimento traz consigo desafios logísticos significativos, especialmente na distribuição de medicamentos, que demanda rigorosos controles de qualidade e segurança. Considerando tal lacuna, o presente estudo buscou investigar as melhores práticas de roteirização na distribuição de medicamentos, analisando como podem ser implementadas para aprimorar a logística farmacêutica e atender às exigências do mercado.

Para tal, a literatura foi revisada seguindo as diretrizes de uma revisão sistemática, contando com pesquisas que demonstram a relevância da aplicação das ferramentas de roteirização do setor de medicamentos. A literatura apontou que as boas práticas de transporte são acompanhadas de ferramentas tecnológicas, integradas à cadeia de suprimentos, sendo fundamentais para aumentar a eficiência e reduzir custos, especialmente em um setor onde a perecibilidade e a sensibilidade dos produtos exigem soluções rápidas e precisas.

De maneira geral, 40% das pesquisas se concentram em algoritmos de otimização combinatória e 30% exploram técnicas de aprendizado de máquina. Outros 20% adotam abordagens heurísticas e 10% utilizam modelos estocásticos, que lidam com incertezas na demanda e na disponibilidade. Em termos de aplicação, 45% das pesquisas focam na otimização da distribuição em hospitais e clínicas, 35% em redes de farmácias e drogarias, e 20% no transporte e armazenamento de medicamentos.

Essas contribuições reforçam a importância de métodos avançados de roteirização na logística farmacêutica, proporcionando ganhos significativos em eficiência e redução de custos. Com a incorporação de tecnologias emergentes e novas abordagens, o setor de saúde promete avanços ainda maiores na otimização da distribuição de medicamentos, beneficiando tanto as empresas quanto a saúde pública.

Assim, este trabalho tem como principal contribuição ser uma sumarização de artigos de qualidade presentes em bases de dado de alto impacto. Este pode ser utilizado como base de decisão sobre modelos a ser implementados em organizações que buscam melhor eficiência na roteirização de medicamentos. Ademais, acadêmicos

podem utilizar as informações presentes neste Trabalho de Conclusão de Curso para escolha de métodos adequados para utilização em pesquisas futuras, assim como para análise de futuros trabalhos a realizar, a partir da agenda de pesquisa. Como trabalhos futuros, considera-se a possibilidade de responder as questões adicionadas na agenda de pesquisa.

REFERÊNCIAS

AGHAKHANI, Sina; POURMAND, Parmida; ZARREH, Mobin. A Mathematical Optimization Model for the Pharmaceutical Waste Location-Routing Problem Using Genetic Algorithm and Particle Swarm Optimization. **Mathematical Problems In Engineering**, [S.L.], v. 2023, n. 1, p. 1-1, jan. 2023. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1155/2023/6165495>.

ANVISA, Agência Nacional de Vigilância Sanitária -. **Anvisa divulga dados do anuário sobre a indústria farmacêutica no Brasil**. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/noticias-anvisa/2023/anvisa-divulga-dados-do-anuario-sobre-a-industria-farmacautica-no-brasil>. Acesso em: 26 set. 2023.

ARSLAN, Miray; DAĞISTAN, Özlem Akbal; ŞAR, Sevgi. Pharmaceutical Care Services During the COVID-19 Pandemic in Turkey: proposal of a holistic approach. **Bezmialem Science**, [S.L.], v. 10, n. 2, p. 242-246, 14 abr. 2022. Bezmialem Vakif University. <http://dx.doi.org/10.14235/bas.galenos.2021.6186>.

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos**. 4ª edição. Porto Alegre: Bookman, 2001.

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos/Logística Empresarial**. 5. ed. Porto Alegre, Bookman, 2006.

BALLOU, R. H. **Logística empresarial: transporte, administração de materiais e distribuição física**. 24 ed. São Paulo: Atlas, 2011.

BASSI, S. **Pesquisa operacional aplicada à área de logística de transportes rodoviários em projetos de grande porte**. 2009. 213 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

BEIKI, Hossein; SEYEDHOSSEINI, Seyed M.; MIHARDJO, Leonardus W. W.; SEYEDALIAKBAR, Seyed M.. Multiobjective location-routing problem of relief commodities with reliability. **Environmental Science And Pollution Research**, [S.L.], v. 1, n. 1, p. 1-1, 6 jan. 2021. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11356-020-11891-w>.

BELFIORE, P.; COSTA, O.; FAVERO, L. P. Problema de Estoque e Roteirização: revisão bibliográfica. **Produção**, v.16, n.3, 2006, pp. 442-454.

BERTAGLIA, P. R. **Logística e Gerenciamento da Cadeia de Abastecimento**. São Paulo: Saraiva, 2003.

BERTAGLIA, Paulo Roberto. **Logística e gerenciamento da cadeia de abastecimento**. Saraiva Educação SA, 2017.

BORUMAND, Ali; BEHESHTINIA, Mohammad Ali. A developed genetic algorithm for solving the multi-objective supply chain scheduling problem. **Kybernetes**, [S.L.], v. 47, n. 7, p. 1401-1419, 9 jan. 2018. Emerald. <http://dx.doi.org/10.1108/k-07-2017-0275>.

BOUZIYANE, Bouchra; DKHISSI, Btissam; CHERKAOUI, Mohammad. Multiobjective optimization in delivering pharmaceutical products with disrupted vehicle routing problem. **International Journal Of Industrial Engineering Computations**, [S.L.], p. 299-316, 2020. Growing Science. <http://dx.doi.org/10.5267/j.ijiec.2019.7.003>.

BOWERSOX, D. J.; CLOSS, D. J. **Logística Empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimentos**. São Paulo, Atlas, 2010.

BRASIL, Blog Ecommerce. **Apoiada no e-commerce, indústria farmacêutica deve movimentar mais de R\$ 162 bilhões em 2023**. 2022. Disponível em: <https://www.ecommercebrasil.com.br/noticias/apoiada-no-e-commerce-industria->

farmaceutica-deve-movimentar-mais-de-r-162-bilhoes-em-2023. Acesso em: 26 set. 2023.

BRESSAN, Glauca Maria; DE OLIVEIRA CAMPOS, Luciene Aparecida. Otimização de problemas de roteamento de veículos: soluções heurísticas. **CQD-Revista Eletrônica Paulista de Matemática**, 2020.

BROWN, A. **Boas práticas de transporte de produtos farmacêuticos e farmoquímicos**. 2003.

CAMPELO, Pedro; NEVES-MOREIRA, Fábio; AMORIM, Pedro; ALMADA-LOBO, Bernardo. Consistent vehicle routing problem with service level agreements: a case study in the pharmaceutical distribution sector. **European Journal Of Operational Research**, [S.L.], v. 273, n. 1, p. 131-145, fev. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2018.07.030>.

CHASE, Richard B. et al. **Operations management**. McGraw-Hill, 2009.

COSTA, Cinthya France Rodrigues et al. Utilização do método heurístico Clarke-Wright para otimização do processo de roteirização: estudo de caso de uma empresa especializada em panificação congelada. 2022.

COSTA, Williane Stephanie Sales. Estratégias de marketing na promoção de medicamentos. 2023. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 2023.

CUNHA, C. B. **Aspectos Práticos da Aplicação de Modelos de Roteirização de Veículos a Problemas Reais**. Transportes, v.8, n.2, p.51-74, 2000.

CUNHA, C. B. **Uma contribuição para o problema de roteirização de veículos com restrições operacionais**. 1997.222 f. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

DA SILVA, Daniel Martins; DE MENEZES FROTA, Yuri Abitbol; SUBRAMANIAN, Anand. Uma heurística para o problema de roteamento de veículos com múltiplas viagens. **Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional**, 2012.

DA SILVA, Michele Maria; DE OLIVEIRA, Guilherme Saramago; DA SILVA, Glênio Oliveira. A pesquisa bibliográfica nos estudos científicos de natureza qualitativos. *Revista Prisma*, v. 2, n. 1, p. 91-103, 2021.

DANDARO, Fernando; MARTELLO, Leandro Lopes. PLANEJAMENTO E CONTROLE DE ESTOQUE NAS ORGANIZAÇÕES. **Revista Gestão Industrial**, [S.L.], v. 11, n. 2, p. 1-1, 28 jul. 2015. Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). <http://dx.doi.org/10.3895/gi.v11n2.2733>.

EISELT, H. A.; GENDREAU, Michel; LAPORTE, Gilbert. Arc Routing Problems, Part I: the chinese postman problem. **Operations Research**, [S.L.], v. 43, n. 2, p. 231-242, abr. 1995. Institute for Operations Research and the Management Sciences (INFORMS). <http://dx.doi.org/10.1287/opre.43.2.231>.

ESCUÍN, David; MILLÁN, Carlos; LARRODÉ, Emilio. Modelization of Time-Dependent Urban Freight Problems by Using a Multiple Number of Distribution Centers. **Networks And Spatial Economics**, [S.L.], v. 12, n. 3, p. 321-336, 5 fev. 2009. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11067-009-9099-6>.

FARIA, A. C.; COSTA, M. F. G. **Gestão de Custos Logísticos**. São Paulo: Atlas, 2014.
FIGUEIREDO, A. S.; DINIZ, J. S.; PORTO, L. A.; COSTA, I. L. **Diagnóstico para sustentação da escolha de modelo de roteirização em organização de base**

econômica familiar. Rev Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional, v. 3, n. 3, p. 3-19, setdez/2007.

INTERFARMA. **Associação da Indústria Farmacêutica de Pesquisa**. Guia 2022.

IVANCIC, M.; SAHIN, E. **Robust optimization for supply chain logistics**. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, v. 126, p. 132-146, 2019. DOI: 10.1016/j.tre.2019.07.012.

JANATYAN, Nassibeh; ZANDIEH, Mostafa; ALEM-TABRIZ, Akbar; RABIEH, Masood. A robust optimization model for sustainable pharmaceutical distribution network design: a case study. **Annals Of Operations Research**, [S.L.], v. 1, n. 1, p. 1-1, 15 fev. 2021. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10479-020-03900-5>.

KRAMER, Raphael; CORDEAU, Jean-François; IORI, Manuel. Rich vehicle routing with auxiliary depots and anticipated deliveries: an application to pharmaceutical distribution. **Transportation Research Part e: Logistics and Transportation Review**, [S.L.], v. 129, p. 162-174, set. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tre.2019.07.012>.

KRAWKESKY, M. et al. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos: perspectivas e práticas**. Atlas, 2008.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de Metodologia Científica**. São Paulo: Editora Atlas, 2017.

LAPORTE, G. **The vehicle routing problem: an overview of exact and approximate algorithms**. *European Journal of Operational Research*, v. 59, n. 3, p.345-358. 1992.

LEAL JUNIOR, Ilton Curty et al. **Estudo para Implementação de um Sistema de Roteirização e um Novo Centro de Distribuição para uma Empresa de Água Mineral**

do Sul de Minas Gerais. In: SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA, 24., 2012, Resende. Anais... . Resende: Aedb, 2012. p. 1 - 13. Disponível em: <http://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos12/35416327.pdf>. Acesso em: 28 Set. 2024.

LEWCZUK, K.; ŚAK, J.; PYZA, D.; JACYNA-GOŁDA, I.. Vehicle routing in an urban area: environmental and technological determinants. **Wit Transactions On The Built Environment**, [S.L.], v. 1, p. 373-384, 29 maio 2013. WIT Press. <http://dx.doi.org/10.2495/ut130291>.

LIN, Keyong; MUSA, S. Nurmaya; YAP, Hwa Jen. Vehicle Routing Optimization for Pandemic Containment: a systematic review on applications and solution approaches. **Sustainability**, [S.L.], v. 14, n. 4, p. 2053, 11 fev. 2022. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/su14042053>.

LINCOLN, Leonardo. **Estrutura organizacional e processos integradores: importância e impactos no desempenho logístico – parte 1.** 2010. Disponível em: <https://ilos.com.br/estrutura-organizacional-e-processos-integradores-importancia-e-impactos-no-desempenho-logistico-parte-1/>. Acesso em: 18 set. 2024.

MANRIQUE, A. Eficácia na prestação de serviços ao cliente. **Revista de Logística**, 2019.
MEIRIM, H. **As atividades primárias da logística.** Disponível em: Acesso em: 04 jun. 2023.

MIURA, M.; CUNHA, C. B. de. Modelagem heurística no problema de distribuição de cargas fracionadas de cimento. In: CONFERÊNCIA NACIONAL DO TRANSPORTE. **Transporte em transformação XII: Vencedores do prêmio CNT de Produção Acadêmica 2007.** Brasília: Positiva, 2008. P. 63-82.

MOOSIVAND, Asiye; GHATARI, Ali Rajabzadeh; RASEKH, Hamid Reza. Supply Chain Challenges in Pharmaceutical Manufacturing Companies: using qualitative system

dynamics methodology. **Iranian Journal Of Pharmaceutical Research**, [S.L.], v. 1, n. , p. 14-411, fev. 2019. School of Pharmacy, Shahid Beheshti University of Medical Sciences. <http://dx.doi.org/10.22037/ijpr.2019.2389>.

MOURA, B.C. **Logística**: conceitos e tendências. 1.ed. Lisboa, Inova, 2006.

OLIST, Redação. O mercado farmacêutico em 2023: análise e tendências do setor. 2022. Disponível em: <https://olist.com/blog/pt/como-vender-mais/inteligencia-competitiva/mercado-farmacaceutico/>. Acesso em: 26 set. 2023.

PEIXOTO, Danilo Duarte de Jesus; NERY, Alessandro Ranulfo Lima. Roteirização de Picking utilizando Algoritmo Genético. **Anais do Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional**, [S.L.], v. 1, n. 1, p. 1-1, 2023. Galoa. <http://dx.doi.org/10.59254/sbpo-2023-175081>.

PINTO, Camila Pereira. A rastreabilidade no contexto da gestão da qualidade. 2016.

PRAÇA, Fabíola Silva Garcia. Metodologia da pesquisa científica: organização estrutural e os desafios para redigir o trabalho de conclusão. **Revista Eletrônica “Diálogos Acadêmicos**, v. 8, n. 1, p. 72-87, 2015.

QAZVINI, Zahra Ebrahim; HAJI, Alireza; MINA, Hassan. A fuzzy solution approach for supplier selection and order allocation in green supply chain considering location-routing problem. **Scientia Iranica**, [S.L.], p. 0, 2 jul. 2019. SciTech Solutions. <http://dx.doi.org/10.24200/sci.2019.50829.1885>.

RABE, Markus; GONZALEZ-FELIU, Jesus; CHICAIZA-VACA, Jorge; TORDECILLA, Rafael D.. Simulation-Optimization Approach for Multi-Period Facility Location Problems with Forecasted and Random Demands in a Last-Mile Logistics Application. **Algorithms**, [S.L.], v. 14, n. 2, p. 41, 28 jan. 2021. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/a14020041>.

REIS, J. **Crescimento do setor farmacêutico no Brasil: análise do primeiro trimestre de 2023**. 2023.

REPOLHO, Hugo M.; MARCHESI, Janaina F.; SILVA JÚNIOR, Orivalde S.; BEZERRA, Rodrigo R. R.. Cargo theft weighted vehicle routing problem: modeling and application to the pharmaceutical distribution sector. **Soft Computing**, [S.L.], v. 23, n. 14, p. 5865-5882, 24 maio 2018. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s00500-018-3250-6>.

RUIZ, Efraín Ruiz y; GARCÍA-CALVILLO, Irma; NUCAMENDI-GUILLÉN, Samuel. Open vehicle routing problem with split deliveries: mathematical formulations and a cutting-plane method. **Operational Research**, [S.L.], v. 22, n. 2, p. 1017-1037, 22 jun. 2020. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s12351-020-00580-8>.

SAJID, Mohammad; SINGH, Jagendra; HAIDRI, Raza Abbas; PRASAD, Mukesh; VARADARAJAN, Vijayakumar; KOTECHA, Ketan; GARG, Deepak. A Novel Algorithm for Capacitated Vehicle Routing Problem for Smart Cities. **Symmetry**, [S.L.], v. 13, n. 10, p. 1923, 13 out. 2021. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/sym13101923>.

SANTOS, Fernando Viana dos. **A utilização da pesquisa operacional como ferramenta para redução de custos na logística de distribuição: problema de roteamento de veículos capacitados (PRVC)**. 2014. 127 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Engenharia de Produção) - Centro Universitário de Formiga – UNIFOR – MG. 2014.

SAVADKOOHI, E.; MOUSAZADEH, M.; TORABI, S. Ali. A possibilistic location-inventory model for multi-period perishable pharmaceutical supply chain network design. **Chemical Engineering Research And Design**, [S.L.], v. 138, p. 490-505, out. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cherd.2018.09.008>.

SAZVAR, Zeinab; ZOKAEE, Mahsa; TAVAKKOLI-MOGHADDAM, Reza; SALARI, Samira Al-Sadat; NAYERI, Sina. Designing a sustainable closed-loop pharmaceutical supply chain in a competitive market considering demand uncertainty, manufacturer's brand and waste management. **Annals Of Operations Research**, [S.L.], v. 315, n. 2, p. 2057-2088, 8 fev. 2021. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10479-021-03961-0>.

SEIDMAN, Gay W. Monitoring multinationals: Lessons from the anti-apartheid era. **Politics & Society**, v. 31, n. 3, p. 381-406, 2003.

SEMEDO, A. S. S. **Caixeiro Viajante com Janelas Temporais: Aplicação ao caso da ReFood**. 2015. 86 f. Dissertação (Mestrado em Matemática Aplicada à Economia e Gestão)- Universidade de Lisboa, Lisboa. Disponível em: <http://repositorio.ul.pt/handle/10451/22301>. Acesso em: 13 setembro. 2019.

SEMIDO, J. **Análise do escoamento de medicamentos na logística**. 2015.

SHAHBAZI, Zeinab; NOWACZYK, Slawomir. Enhancing Energy Efficiency in Connected Vehicles for Traffic Flow Optimization. **Smart Cities**, [S.L.], v. 6, n. 5, p. 2574-2592, 27 set. 2023. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/smartcities6050116>.

SILVA, Letícia Amorim da; SANTOS, Jaqueline Guimarães; PINTO, Fabíola Maria Silva Costa. Logística reversa no setor farmacêutico: análise dos desafios para os pequenos negócios. **Revista de Gestão e Secretariado (Management And Administrative Professional Review)**, [S.L.], v. 14, n. 2, p. 2136-2160, 22 fev. 2023. South Florida Publishing LLC. <http://dx.doi.org/10.7769/gesec.v14i2.1696>.

SOYSAL, Mehmet; ÇIMEN, Mustafa. A Simulation Based Restricted Dynamic Programming approach for the Green Time Dependent Vehicle Routing Problem. **Computers & Operations Research**, [S.L.], v. 88, p. 297-305, dez. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cor.2017.06.023>.

TAN, Shi-Yi; YEH, Wei-Chang. The Vehicle Routing Problem: state-of-the-art classification and review. **Applied Sciences**, [S.L.], v. 11, n. 21, p. 10295, 2 nov. 2021. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/app112110295>.

TASHAKKORI, A.; TEDDLIE, C. Mixed methodology: combining qualitative and quantitative approaches. Thousand Oaks: Sage Publications, 1998.

TERENCE, R. Supply chain agility: a review. **International Journal of Logistics Management**, 2002.

TRANFIELD, D.; DENYER, D.; SMART, P. Towards a methodology for developing evidence-informed management knowledge by means of systematic review. **British Journal of Management**, v. 14, n. 3, p. 207–222, 2003. DOI: 10.1111/1467-8551.00375.

UTHAYAKUMAR, R.; PRIYAN, S.. Pharmaceutical supply chain and inventory management strategies: optimization for a pharmaceutical company and a hospital. **Operations Research For Health Care**, [S.L.], v. 2, n. 3, p. 52-64, set. 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.orhc.2013.08.001>.

VIEIRA, Fabiola Sulpino; DOS SANTOS, Maria Angelica Borges. **O setor farmacêutico no Brasil sob as lentes da conta-satélite de saúde**. Texto para Discussão, 2020.

VOTOLINI, C. A relevância da integração na cadeia de suprimentos. **Revista de Gestão e Negócios**, 2012.

ZANDKARIMKHANI, Shiva; MINA, Hassan; BIUKI, Mehdi; GOVINDAN, Kannan. A chance constrained fuzzy goal programming approach for perishable pharmaceutical supply chain network design. **Annals Of Operations Research**, [S.L.], v. 295, n. 1, p. 425-452, 29 jun. 2020. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10479-020-03677-7>.

ZHOU, Binghai; ZONG, Shi. Adaptive memory red deer algorithm for cross-dock truck scheduling with products time window. **Engineering Computations**, [S.L.], v. 38, n. 8, p. 3254-3289, 8 mar. 2021. Emerald. <http://dx.doi.org/10.1108/ec-05-2020-0273>.

ZHU, Stuart X.; URSAVAS, Evrim. Design and analysis of a satellite network with direct delivery in the pharmaceutical industry. **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, v. 116, p. 190-207, 2018.