



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE ARAGUAÍNA
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM LOGÍSTICA**

SIDNEY WOJTYLA ALMEIDA SOUSA

**O PAPEL DOS *SOFTWARES* DE ROTEAMENTO DE VEÍCULOS NA REDUÇÃO
DE CUSTOS E AUMENTO DA PRODUTIVIDADE LOGÍSTICA: UMA REVISÃO
BIBLIOGRÁFICA**

Araguaína, TO

2023

Sidney Wojtyla Almeida Sousa

O papel dos *softwares* de roteamento de veículos na redução de custos e aumento da produtividade na logística: uma revisão bibliográfica

Artigo apresentado à Universidade Federal do Tocantins (UFT), Campus Universitário de Araguaína para obtenção do título de Tecnólogo em Logística.

Orientador: Prof. Dr. David Gabriel de Barros Franco.

Araguaína, TO

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

- S725p Sousa, Sidney Wojtyla Almeida.
O papel dos softwares de roteamento de veículos na redução de custos e aumento da produtividade na logística: uma revisão bibliográfica . / Sidney Wojtyla Almeida Sousa. – Araguaína, TO, 2023.
27 f.
- Monografia Graduação - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Araguaína - Curso de Logística, 2023.
Orientador: David Gabriel de Barros Franco
1. Roteirização de Veículos. 2. Otimização de Transporte. 3. Softwares Logísticos. 4. Tecnologia da Informação. I. Título

CDD 658.5

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Sidney Wojtyla Almeida Sousa

O papel dos *softwares* de roteamento de veículos na redução de custos e aumento da produtividade na logística: uma revisão bibliográfica

Artigo apresentado à UFT – Universidade Federal do Tocantins – Campus Universitário de Araguaína, Curso Superior de Tecnologia em Logística, foi avaliado para a obtenção do título de Tecnólogo em Logística e aprovado em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora.

Data de aprovação: 05 / 07 / 2023

Banca Examinadora:

Prof. Dr. David Gabriel de Barros Franco – Orientador, UFT

Prof.^a Ma. Carla Daniele dos Santos – Examinadora, UFT

Prof.^a Ma. Cristina Viera da Costa – Examinadora, UFT

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus pelo dom da vida, aos meus pais Edgar e Elizangela e a minha irmã Sabrina, que mesmo a longa distância sempre me incentivaram a seguir em frente, aos meus avós Luiza e Osmar, que me acolheram em sua casa para que eu pudesse dar continuidade na parte presencial no curso de logística, e as amigas que foram cultivadas no decorrer desse curso, em especial, Mizael, Lyanara e Glauber que estiveram juntos comigo desde o início e foram importantes para que eu me mantivesse firme. Ao meu orientador, professor David e a professora da disciplina, Clarete, que me proporcionaram o conhecimento para o desenvolvimento desse trabalho, através de suas correções e ensinamentos e aos demais docentes do curso de logística. Também aos membros da equipe da Superintendência de Tecnologia da Informação onde estagiei pelo período de 1 ano, e foi de suma importância para o meu desenvolvimento pessoal e profissional.

RESUMO

O setor de transporte exerce um papel de importância na logística, sendo indispensável para os demais processos, além de ter grande participação na economia nacional. No Brasil, o transporte é feito majoritariamente pelo modal rodoviário, que possui grande extensão e alcance, além de complementar os outros modais. A infraestrutura rodoviária é precária e recebe baixos investimentos, afetando negativamente a atividade transportadora, elevando os custos da operação e reduzindo a produtividade. Essa pesquisa buscou explorar como os *softwares* de roteamento de veículos podem auxiliar as empresas de transporte a terem uma atividade mais produtiva e menos onerosa. Para atingir os objetivos, foi realizada uma revisão bibliográfica em artigos extraídos da plataforma *Scientific Electronic Library Online (SciELO)*. A análise dos resultados mostrou que as empresas que fazem uso de *softwares* de roteamento de veículos obtiveram melhorias nas operações, como redução no tamanho da frota, na quilometragem rodada e em número de paradas, diminuindo os custos das operações e aumentando a produtividade e a qualidade do serviço.

Palavras-chaves: Roteirização de Veículos. Otimização de Transporte. *Softwares* Logísticos. Tecnologia da Informação.

ABSTRACT

The transport sector plays an important role in logistics, being indispensable for other processes, in addition to having a large participation in the national economy. In Brazil, transport is mostly carried out by road, which is extensive and far reaching, in addition to complementing other modes. The road infrastructure is precarious and receives low investments, negatively affecting the transport activity, raising operating costs and reducing productivity. This research sought to explore how vehicle routing software can help transport companies to have a more productive and less costly activity. To achieve the objectives, a bibliographical review was carried out in articles extracted from the Scientific Electronic Library Online (SciELO) platform. The analysis of the results showed that companies that use vehicle routing software achieved improvements in operations, such as a reduction in the size of the fleet, in the mileage traveled and in the number of stops, reducing the costs of operations and increasing productivity and quality of the service.

Keywords: Vehicle Routing. Transportation Optimization. Logistic Softwares. Information Technology.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
1.1	Problema de pesquisa	9
1.1.1	Justificativa	10
1.2	Objetivos	10
1.2.1	Objetivo Geral	10
1.2.2	Objetivos Específicos	11
1.3	Metodologia	11
1.3.1	Metodologia da Pesquisa	11
1.3.2	Procedimentos Metodológicos	12
1.4	Estrutura do trabalho	13
2	REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1	Transporte rodoviário e sua infraestrutura	14
2.2	Otimização através da tecnologia	15
2.3	<i>Softwares</i> de roteamento de veículos	16
3	RESULTADOS E ANÁLISE	18
3.1	Vantagens e desafios do uso de <i>softwares</i> de roteamento	18
3.2	Resultados encontrados na literatura	19
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	24
4.1	Contribuições da dissertação.....	24
4.2	Trabalhos futuros.....	25
	REFERÊNCIAS.....	26

1 INTRODUÇÃO

O setor de transporte é uma área importante na da logística, tendo uma grande participação e influência na economia nacional. Dentre os cinco modais, o mais utilizado para entregas é o modal rodoviário. Entretanto, as estruturas das malhas rodoviárias não são colaborativas para que se tenha um serviço ágil e de qualidade. Conforme dados apresentados pela Confederação Nacional de Transporte – CNT (2017), boa parte das estradas apresenta alguma falha ou obstáculo, que acabam ocasionando custos extras, e reduzindo a produtividade e a qualidade do serviço.

Segundo Ballou (2007, p. 149) “com o advento de serviços de transportes relativamente baratos e de fácil acesso, a estrutura inteira da economia muda, tornando-se parecida com a das nações desenvolvidas”. Conforme Resende *et al.* (2018), representa a maioria pelos serviços de transportes no Brasil, o modal rodoviário, sendo responsável por cerca de 75% do transporte da produção nacional.

Nesse contexto, esse trabalho busca apresentar uma contribuição para o setor de transportes, através do estudo de tecnologias de roteamento de veículos, que tem a capacidade de criar planos de rotas, com o intuito de otimizar as entregas, diminuindo os custos que são elevados devido a péssima infraestrutura e melhorando a produtividade e a qualidade do serviço.

1.1 Problema de pesquisa

Silva e Marujo (2012) afirmam que, a maioria dos transportes das cargas é feita através do modal rodoviário, mas devido às condições precárias das estradas, ocasionam prejuízos aos produtores. As demandas de entregas aumentaram rapidamente no período de 2020, início da pandemia da COVID-19, ocasionando uma grande pressão nas empresas, que não estavam preparadas para a situação. Segundo dados da CNT (2020), os impactos atingiram de forma negativa o setor de transporte, e cerca de 41% das empresas estavam com a saúde financeira comprometida.

Como citado anteriormente, o transporte de cargas é majoritariamente feito através de rodovias, porém mais da metade das estradas, apresentam algum problema. Esse fator, junto com a falta de profissionais capacitados para organizar a produção e a logística de transportes e aos altos custos logísticos (PRESTEX, 2016). Surge então a seguinte questão problema: **os**

***softwares* de roteamento de veículos podem ajudar a reduzir os custos e aumentar a produtividade das empresas de transporte?**

1.1.1 Justificativa

O setor de transportes na logística é de extrema importância, tendo grande participação e influência na economia, além de estar ligado aos demais processos logísticos, sendo indispensável na cadeia de suprimentos. O modal rodoviário é o mais utilizado pelas empresas, porém possui uma infraestrutura imprópria, podendo gerar atrasos e acidentes e consequentemente, prejuízos. A distribuição física através do modal rodoviário fica limitada e restrita devido à estrutura, com pouca capacidade de desenvolvimento

A logística e a tecnologia estão constantemente em evolução, e as empresas que não se adaptam às mudanças e às demandas dos clientes, às novas tecnologias e não procuram por inovação, estão mais sujeitas a enfrentar dificuldades no mercado. Para um desenvolvimento positivo, como melhora na qualidade e produtividade, redução de custos, o uso de *softwares* de roteamento de veículos é uma opção, com capacidade de otimizar a distribuição através do modal rodoviário. O roteamento de veículos seleciona os melhores trajetos, assim podendo reduzir o tempo e recursos gastos.

Com a otimização do setor de transportes, o objetivo dessa pesquisa estaria alinhado com os objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS) números: 8 – Trabalho Decente e Crescimento Econômico, 9 – Indústria, Inovação e Infraestrutura, 11 – Cidades e Comunidades Sustentáveis, 12 – Consumo e Produção Responsáveis, e 13 – Ação Contra a Mudança Global do Clima, estabelecidos pela Organização das Nações Unidas (ONU). Com o segmento de transporte mais otimizado e eficaz, a modernização tecnológica e a inovação ajudarão para que a produtividade e o crescimento econômico se desenvolvam progressivamente, dessa maneira ajudando o desenvolvimento econômico Brasil e reduzindo o consumo de combustíveis fósseis.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Analisar a possibilidade da redução dos custos operacionais e aumento da produtividade utilizando-se de *softwares* de roteamento de veículos.

1.2.2 Objetivos Específicos

- I. Realizar revisão bibliográfica sobre *softwares* de roteamento de veículos e sua utilização em processos de entregas.
- II. Identificar as principais funcionalidades de um *software* de roteamento de veículos e como elas podem contribuir para a otimização das entregas.
- III. Analisar vantagens e desafios do uso de *softwares* de roteamento de veículos para otimização de entregas.
- IV. Comparar resultados disponíveis na literatura em aplicações de roteamento de veículos.

1.3 Metodologia

Para atender o objetivo da pesquisa, foi realizado um estudo sobre os *softwares* de roteamento de veículos, utilizando informações disponíveis em livros, artigos científicos e monografias relacionadas ao assunto, com o objetivo de apresentar, as funcionalidades, e como a aplicação dessas tecnologias podem beneficiar as empresas de transportes, podendo reduzir os custos das operações e otimizando a produtividade, resultando em melhorias na qualidade do serviço.

1.3.1 Metodologia da Pesquisa

O método adotado para esta pesquisa foi o dedutivo, já que as análises das informações foram realizadas por meio da dedução e o raciocínio lógico, chegando a uma conclusão em relação ao tema. De acordo com Andrade (2009, p. 121), “a dedução é o caminho das consequências, pois uma cadeia de raciocínio em conexão descendente, isto é, do geral para o particular, leva à conclusão”.

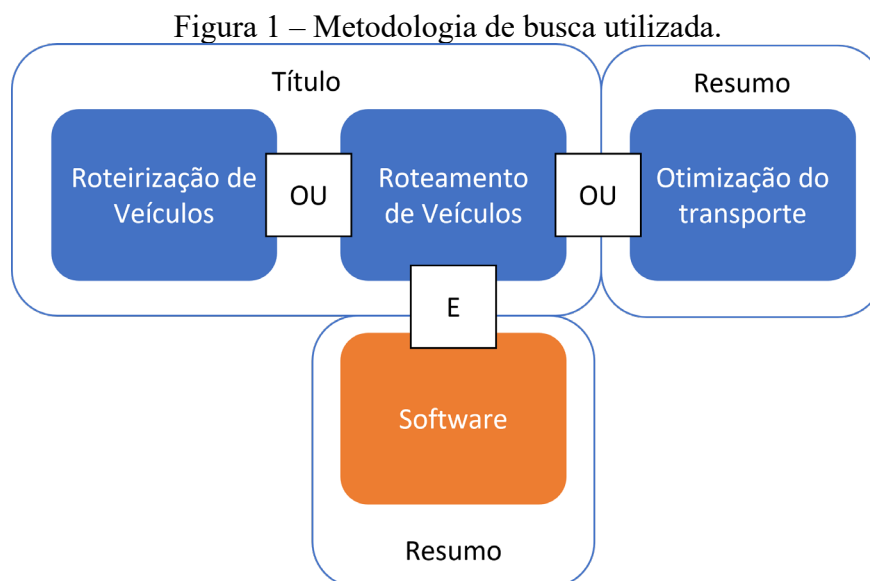
Sob o ponto de vista de sua natureza é uma pesquisa aplicada, já que o intuito é apresentar os possíveis benefícios dos *softwares* de roteamento de veículos. A pesquisa será realizada em um cenário hipotético, como a sua aplicabilidade em empresas de transportes que podem otimizar a distribuição física, contornando problemas com a infraestrutura das rodovias e melhorar a qualidade do serviço.

Quanto à abordagem de pesquisa, esse trabalho se caracteriza como misto ou qualitativo-quantitativo, uma vez que são utilizadas tanto análises verbais quanto numéricas para abordar e comparar as ocorrências nesse estudo. Os métodos mistos envolvem a combinação ou integração da pesquisa qualitativa e quantitativa e seus respectivos dados em um estudo (CRESWELL e CRESWELL, 2021).

Sob o ponto de vista dos objetivos, se trata de uma pesquisa exploratória, pois esse trabalho procura apresentar informações sobre a infraestrutura do modal de transporte rodoviário e seus desafios. Para Gil (2008, p. 27), “pesquisas exploratórias são desenvolvidas com o objetivo de proporcionar visão geral, de tipo aproximativo, acerca de determinado fato”. O uso de *softwares* de roteamento de veículos possibilita mostrar suas funcionalidades e os benefícios que as empresas podem ganhar com a implementação dessas tecnologias.

1.3.2 Procedimentos Metodológicos

A técnica utilizada para realização dessa pesquisa foi a bibliográfica. Foi realizado um levantamento sistemático na base de artigos científicos *Scientific Electronic Library Online (SciELO)*. Na busca foram utilizadas quatro palavras-chave inter-relacionadas: roteirização de veículos; roteamento de veículos; otimização de transporte; e *software*. O relacionamento entre os termos na busca se deu, conforme apresentado na Figura 1.



Fonte: o autor (2023).

Os termos “roteirização de veículos” e “roteamento de veículos” são intercambiáveis e estão diretamente relacionados a “otimização de transporte”, por isso optou-se por utilizar o

conectivo lógico “OU” para relacioná-los. Os termos foram limitados ao título ou resumo dos artigos da base de dados. O quarto termo, “*software*”, foi conectado aos três primeiros pelo conectivo “E”, visando associá-lo obrigatoriamente aos demais termos da busca. Este também foi restringido aos títulos ou resumos dos artigos científicos disponíveis na base *SciELO*.

A busca resultou em quatro artigos relacionados ao tema desta pesquisa, por isso optou-se por realizar a busca utilizando também termos em inglês: *Vehicle routing*; *Transportation optimization*; e *Software*. Com isso, foram encontrados mais três artigos, totalizando sete artigos científicos que atenderam aos critérios estabelecidos, porém, um dos artigos não se relacionava a logística, mas à otimização do transporte de solutos no solo sendo, portanto, descartado da análise.

1.4 Estrutura do trabalho

O trabalho está organizado em 4 capítulos. O capítulo 1, Introdução, apresentou o tema proposto neste trabalho, as justificativas, objetivos e a identificação do procedimento metodológico adotado na pesquisa, o que garantirá sua reprodutibilidade e legitimidade. O capítulo 2 apresenta a Revisão de Literatura, indispensável ao entendimento do tema abordado e do atual estado da arte da pesquisa científica relacionada ao tema. O capítulo 3, Resultados, expõe os resultados alcançados com a pesquisa e análise das informações coletadas. Por fim, no capítulo 4, Considerações Finais, apresenta as conclusões da pesquisa e considerações acerca do atingimento dos objetivos e limitações da pesquisa.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Neste capítulo, são apresentados assuntos que estão sendo debatidos sobre o modal rodoviário e seus problemas, e como o uso de *softwares* de roteamento de veículos podem ser usados para contornar os pontos críticos que existem na infraestrutura, de maneira a otimizar o planejamento de rotas e a operação, melhorando a qualidade e a produção, consequentemente reduzindo os custos logísticos.

2.1 Transporte rodoviário e sua infraestrutura

O transporte rodoviário é uma operação importante para a economia, já que a maioria das empresas optam por esse modal, devido a sua acessibilidade, e por complementar outros modais. Segundo Novaes (2015, p. 284), “um dos benefícios do modal rodoviário é a sua capacidade de alcançar quase qualquer ponto do território nacional”. Segundo a CNT (2017), o transporte é um serviço essencial quando se trata do desenvolvimento econômico, tendo influência tanto sobre a produção quanto sobre o consumo.

São evidentes a importância e a abrangência do modal de transporte rodoviário para o desenvolvimento de uma economia. O transporte atende todos os setores de atividade econômica, através do deslocamento de cargas, trabalhadores e mercadorias para o consumo (CNT, 2017). Podemos considerar também que “o transporte é uma área fundamental de decisões no *mix* logístico” (BALLOU, 2007, p. 187). A logística de transporte organiza as entregas, de maneira que seja ágil, segura e econômica, para atender as necessidades do consumidor da melhor maneira, sendo importante para relação da empresa e do cliente.

Contudo, apesar de ser o modal mais utilizado, as estradas apresentam diversas falhas, fazendo com que a distribuição fique limitada, e assim aumentando os custos logísticos. Dados da CNT (2017), mostram que o Brasil possui 1.720.756 km de rodovias, das quais apenas 211.468 km são pavimentadas, ou seja, 12,3%. Trechos não pavimentados trazem muitas complicações aos motoristas, como atrasos e acidentes, já que dependendo da situação pode ser difícil para prosseguir a viagem. Segundo estimado pela CNT (2023), para resolver os problemas que são encontrados nas rodovias, como buracos, pontes em más condições e erosões nas pistas seria necessário o custo de R\$ 5,24 bilhões para reparos no ano de 2022.

As rodovias do país carecem de melhorias e modernizações, como a duplicação das estradas, para reduzir os custos de transportes e também diminuir acidentes. Rodovias federais

que passam pelo estado do Tocantins, por exemplo, não possuem pista dupla, o que torna a viagem perigosa e lenta, devido a necessidade de ultrapassagens para prosseguir mais rapidamente. Além disso, quando a pista é simples, acidentes e problemas de infraestrutura chegam a interromper todo o tráfego da pista, atrasando a distribuição e trazendo insatisfação para o cliente, além de aumentar o custo da operação.

2.2 Otimização através da tecnologia

Uma empresa que tem um bom planejamento de rotas, consegue manter a qualidade para os seus clientes. Segundo Novaes (2015, p. 313), “o processo de roteirização visa propiciar um serviço de alto nível aos clientes, mas, ao mesmo tempo mantendo os custos operacionais e de capital tão baixos quando possível”. Com a logística e a tecnologia evoluindo constantemente, acaba criando uma pressão sobre o setor logístico em relação aos serviços, e acabam demandando por uma operação mais ágil, de qualidade e menos custosa.

As condições das malhas rodoviárias não são favoráveis para um serviço eficiente, ocasionando a elevação dos custos e diminuindo a confiabilidade por conta dos riscos. Contudo, com o uso de tecnologias é possível diminuir os custos logísticos e aumentar a qualidade. Segundo Silva Melo e Ferreira Filho (2001), um sistema de roteirização pode ajudar a reduzir os custos operacionais e melhorar a qualidade, conseguindo atrair mais clientes e obtenção de vantagens competitivas.

Segundo o IT Forum (2019), “a tecnologia empregada nos processos operacionais de coleta, entrega, transporte e armazenagem dos produtos é o que tem promovido a grande transformação no setor logístico”. Atualmente, para uma empresa de transporte o uso de tecnologias se torna um fator crucial, já que pode otimizar a criação de um plano de rotas de maneira mais eficiente, poupando tempo e recursos e evitando possíveis percalços que possam aparecer durante o trajeto.

Para Galvão *et al.* (1997, p. 159), “sistemas de distribuição física têm como um de seus componentes o roteamento de veículos de entrega, que consiste em obter rotas que minimizem custos de distribuição de uma frota de veículos”. Novaes (2015) aponta que as empresas pouco a pouco estão investindo em *softwares* e *hardwares*, e atualmente possuem um número razoável de sistemas autônomos utilizados em tarefas do cotidiano e operações de controle. As tecnologias estão cada vez mais presentes nas rotinas, otimizando tanto tarefas

rotineiras como as profissionais e o investimento feito de maneira correta nessa área pode trazer bons retornos em relação ao financeiro e à qualidade.

2.3 *Softwares de roteamento de veículos*

A tecnologia está em constante evolução, e dentro da logística das empresas ela se tornou uma peça fundamental, sendo quase indispensável, exercendo um papel fundamental para a realização de algumas operações e podendo ser um diferencial em relação à concorrência. Conforme Rezende (2005, p. 32), “para atender à complexidade e as necessidades organizacionais, não se pode desconsiderar a Tecnologia da Informação e seus recursos disponíveis”. Cada vez mais as empresas estão implantando *softwares* nas diferentes partes dos processos logísticos para melhorar a qualidade de seus serviços.

Em algumas operações logísticas, pode acontecer de algumas das rotas que estão sendo utilizadas sobrecarregarem, enquanto outras estão com uso abaixo da média, gerando apenas gastos para a empresa. Contudo, existem sistemas que podem solucionar esse problema, como por exemplo, estabelecer rotas dinâmicas, que são criadas de acordo com a demanda. Os *softwares* oferecem diversas funções, como criação de rotas a partir da disponibilidade dos veículos ou pelas suas características (capacidade de carga, velocidade máxima, consumo, entre outros fatores). Essas ferramentas criam rotas com melhor aproveitamento e de maneira eficaz, reduzindo custos e aumentando a produção.

De acordo com Melo e Ferreira Filho (2001), no Brasil existe uma diversidade de sistemas de roteirização comercializados, mas boa parte é desenvolvida no exterior. Alguns exemplos de sistemas são o *RoutEasy*, que foi desenvolvido por uma *startup* de logística brasileira e o *Last Mile Fleet Engine* (LMFS) e *Cloud Fleet Routing* (CFR), que são ferramentas desenvolvidas pelo *Google*.

O *RouteEasy* é um *software* de otimização desenvolvido para planejamento de rotas de múltiplas paradas com o uso de inteligência artificial, programando sequências de atendimentos e as melhores alocações dos recursos disponíveis. Os recursos presentes no *RouteEasy* são a roteirização avançada (permitindo criar perfis de clientes com restrições similares), cálculo de frete, além de contar com um aplicativo para o motorista, dessa maneira, otimizando a rotina do motorista enviando o necessário diretamente para o celular (ROUTEASY, 2022).

O LMFS é uma solução de *back-end* (parte relacionada aos códigos de um projeto, que conectam a internet com o banco de dados, gerenciam conexões de novos usuários e alimentam a aplicação web), projetada com objetivo de melhorar a eficiência das entregas. Entre os recursos disponíveis no LMFS, por exemplo, tem-se a captura e validação de endereços, a otimização da rota (que utiliza dados da matriz de distâncias do *Google Mapas*), além de atribuir tarefas a toda a frota e ajustar a ordem das tarefas de determinados motoristas, a navegação do motorista, o rastreamento do frete e a avaliação do desempenho da frota (GOOGLE, 2023a).

O CFR ajuda nas necessidades complexas de roteamento de veículos, como criar um plano para entregas e veículos de entrega e aplicar restrições como tempo de retirada ou peso do pacote. Entre os recursos disponíveis no CFR, tem-se o roteamento de frota através de recursos computacionais em nuvem, além de ser nativo do *Google Maps* e possuir otimização em tempo real, o que torna possível que a empresa que utilize essa ferramenta possa otimizar a tarefa continuamente conforme as mudanças do ambiente (GOOGLE, 2023a).

3 RESULTADOS E ANÁLISE

3.1 Vantagens e desafios do uso de *softwares* de roteamento

A implementação de tecnologia pode trazer diversas vantagens para as empresas como, por exemplo, ajudar a reduzir os custos das operações, melhorar a comunicação, melhorar a eficiência e a produtividade e, principalmente, obter vantagens competitivas sobre as outras organizações. Todavia, é importante planejar antes de adquirir um *software*, verificar se realmente é necessário, quais possíveis problemas a serem solucionados, os resultados esperados e o tempo de retorno do investimento (MELO; FERREIRA FILHO, 2001).

No caso dos *softwares* de roteamento de veículos, os resultados que a empresas podem alcançar são, a redução do número de veículos necessários, a redução de paradas, a redução da quilometragem rodada e, conseqüentemente, a redução dos custos variáveis, o aumento do tempo disponível e o aumento da média de entregas por veículo, ou seja, o aumento da ocupação média de cada veículo (MASCARENHAS JUNIOR, 2021). Um sistema bem implementado e gerenciado pode trazer a redução de custos e melhorar a produtividade da empresa, conforme exemplificado no Quadro 1.

Quadro 1 – Roteirização Convencional x Roteirização por *Software*

Indicador	Convencional	Software	Variação	Resultado
Veículos	96	56	-41,7%	Redução de veículos
Tempo em rota	4h 15min	6h 36min	55,3%	Aumento do tempo disponível
Paradas	330	326	-1,2%	Redução de paradas
Média de entregas	4	6	50,0%	Aumento da média de entregas por veículo
Quilometragem	6.632	4.763	-28,2%	Redução de quilometragem
Ocupação média	21%	43%	104,8%	Aumento da ocupação média por veículo

Fonte: Adaptado de Mascarenhas Junior (2021).

Os *softwares* de roteamento de veículos podem trazer diversas vantagens para a empresa que implementa esse tipo de tecnologia, caso a escolha tenha sido realizada da maneira correta. Melo e Ferreira Filho (2001) afirmam que a aquisição e a manutenção desse tipo de sistema geram custos significativos, podendo ser considerados como pontos negativos e, se mal gerenciados, são fatores geradores de problemas e prejuízos.

3.2 Resultados encontrados na literatura

Para a análise dos resultados foram realizados estudos sobre os artigos relacionados aos *softwares* de roteamento de veículos. Para a pesquisa dos artigos foi utilizado o espaço de tempo de publicações entre os anos de 2001 a 2022, sendo o artigo mais recente publicado no ano de 2017. O Quadro 2 apresenta o resultado da busca.

Quadro 2 – Artigos encontrados na busca realizada.

Título	Ano	Periódico
Sistemas de roteirização e programação de veículos	2001	Pesquisa Operacional
Um modelo de programação matemática para alocação estática de caminhões visando ao atendimento de metas de produção e qualidade	2005	Rem: Revista Escola de Minas
Análise de modelo intermodal para escoamento da produção da soja no centro oeste brasileiro	2012	<i>Journal of Transport Literature</i>
Otimização do planejamento hierárquico da produção em usinas cooperadas do setor sucroenergético	2013	<i>Production</i>
O problema de coleta e entrega com janelas de tempo na indústria petrolífera: modelos e métodos <i>branch-and-cut</i>	2017	Gestão & Produção
<i>Simulation optimization for analysis of sustainable logistics systems</i>	2017	Pesquisa Operacional

Fonte: o autor (2023).

Houve uma limitação na coleta de dados para a pesquisa. Dos sete artigos, um acabou sendo descartado por não se relacionar à logística, mas à otimização do transporte de solutos no solo sendo, portanto, descartado da análise e outro não se encaixou completamente na pesquisa, já que o transporte era apenas uma variável para os resultados na moagem de cana de açúcar. Os critérios de pesquisa foram satisfeitos, porém o resultado no artigo em questão não foi o esperado.

O primeiro artigo mostra como as empresas de transporte têm tentado passar maior confiabilidade aos clientes, otimizando seus processos por meio de sistemas de roteirização e programação de veículos. Também foi mostrado os benefícios que as empresas podem ter ao adquirir um sistema de roteirização, além de casos reais de sucesso na aquisição desses sistemas, conforme sistematizado no Quadro 3.

O segundo artigo apresentou um modelo de programação linear por metas desenvolvido e implementado em um *software* de otimização (Lingo 7.0), que se comunica com as planilhas do Excel, melhorando a interatividade entre usuário e aplicativo. Aplicando o modelo desenvolvido no trabalho com *software* adotado, foi possível atingir as metas requeridas e otimizar as operações de transporte e carregamento, além de contribuir com automação e otimização de lavra, possibilitando as empresas de mineração uma melhor utilização de seus recursos (COSTA; SOUZA; PINTO, 2005).

Quadro 3 – Exemplos de sucesso na utilização de *softwares* de roteirização.

Ramo	Problema	Sistema	Resultados
Transp. de Valores	Otimização de rota e frota	<i>Trucks 9.0</i>	15% de redução da frota, mais rigor nos horários, maior qualidade de serviço
Distr. Alimentos	Otimização de rota	<i>Trucks 8.2</i>	Redução de 5% do custo operacional
Atacadista	Redução tempo distr. e km	<i>Trucks 8.2</i>	Redução de 2h no tempo total e duplicação das entregas (500 p/ semestre)
Atacadista	Redução tempo distr. e km	<i>Trucks 8.2</i>	Ganho de 3km p/ entrega, 30 entregas diárias p/ veículo, redução de 20% tempo de entrega e ampliação da área de atuação
Atacadista	Redução tempo distrib. e km	<i>Trucks 8.2</i>	Rotas mais "enxutas", maior controle da frota
Atacadista	Redução tempo distrib. e km	<i>Trucks 8.2</i>	Passou a atender 350 pedidos diários
Distr. Alimentos	Redução do tempo e custo de distribuição	<i>Trucks</i>	Redução de 5% nos custos de entrega, ganhos em produtividade, efic., qualid. e confian. dos clientes
Distr. Alimentos	Redução do tempo e custo de distribuição	<i>Trucks</i>	Economia de 27% nos custos de entrega e agilização das vendas
Transp. de Valores	Red. Custos operacionais	<i>Trucks 8.0</i>	Redução nas horas extras (7% domingo, 3% sábado. e 8% nos outros dias)
Distr. de Atacado	Rapidez atendimento	<i>Trucks</i>	Redução no tempo de ciclo e agilidade na entrega
Distr. Vale Refeição	Eficácia na entrega	<i>RoadShow</i>	Redução no tempo ciclo c/ mais entregas, redução de frota
Distr. Bebidas	Otimização de frota	<i>RoadShow</i>	Redução de 25% no nº veículos, maior eficiência na entrega
Distr. Bebidas	Redução de custos e otimização da frota/rotas	<i>RouteSmart</i>	Redução de 10% a 15% dos custos de distribuição, otimização de rotas
Distr. Sorvetes	Agilizar Distribuição	<i>TruckStops</i>	Mais 4000 clientes em 2 meses, redução de 25% Km e 95% ocupação dos veículos

Fonte: Adaptado de Melo (2000) *apud* Silva Melo e Ferreira Filho (2001).

Foram utilizados dados do trabalho de Pinto *et al.* (2003) *apud* Costa *et al.* (2005) como comparação. Utilizou-se todos os equipamentos de carga operando em capacidade máxima e 23 caminhões dos 30 disponíveis (12 de 50 t e 11 de 80 t) com produtividade de 80,4%. Do total de restrições utilizadas, foram reduzidas de 4751 para 671. Para que as metas de produção e qualidade fossem alcançadas foi utilizado um caminhão a mais reduzindo 5,85% da produtividade em relação ao trabalho de Pinto *et al.* (COSTA; SOUZA; PINTO, 2005).

O terceiro artigo fez a aplicação de um modelo matemático para minimização de custo de transporte intermodal, já que segundo os autores os problemas que o setor de transporte apresenta é a causa de o Brasil desperdiçar bilhões de reais. Cerca de 51 mil toneladas de soja se perdem anualmente as margens das rodovias devido às más condições das estradas. O *software* de otimização utilizado foi o GUSEK, que permite a solução de modelos de programação linear e programação linear inteira mista (SILVA; MARUJO, 2012).

O ponto de partida escolhido foi a cidade de Sorriso, devido ao grande volume de soja, com o destino final sendo pontos de transbordos com capacidade para grandes volumes de

soja, sendo: Alto Araguaia (MT), Londrina (PR), Araguari (MG), Porto Velho (RO) e Porto Franco (MA). Tais pontos de transbordo possibilitam o escoamento da produção de soja para todos os principais portos do país: Santos (SP), Paranaguá (PR), Manaus (AM), São Francisco do Sul (SC), Vitória (ES) e São Luís (MA) (SILVA; MARUJO, 2012).

A rota 1, tinha uma utilização de 26,6%. Com a solução encontrada pelo modelo, a utilização subiu para 48,3%. A rota 2, houve uma redução de 29,1% para 8,9% na utilização. A rota 3, teve aumento de utilização de 5,2% para 15,2%. A rota 4, teve a redução da utilização de 10,4% para 7,5%. A rota 5, obteve uma utilização de 19,6% e a rota 6, foi de 0,4% (SILVA; MARUJO, 2012).

O quarto artigo apresentou um modelo de otimização voltado para o planejamento conjunto da produção em usinas cooperadas do setor sucroenergético, que possibilita definir a quantidade de cana-de-açúcar colhida e a quantidade de transporte das frotas dos prestadores de serviços, além da capacidade de estoque e da seleção dos processos de produção de açúcar, álcool, melação e energia elétrica. Para solucionar os modelos de programação linear e inteira mista envolvidos, foi utilizada uma linguagem de modelagem algébrica e um *software* de programação matemática (PAIVA; MORABITO, 2013).

Contudo, o resultado que o artigo apresenta não se encaixa totalmente no contexto dessa pesquisa, já que os dados são referentes a otimização da moagem de cana, e o transporte foi utilizado como parâmetro do modelo, a capacidade máxima de transporte de cana pelos caminhões, bem como suas disponibilidades, custos de transporte e quantidade transportada de cana pelo tipo de transporte, para que os resultados pudessem ser alcançados.

O quinto artigo comenta inicialmente sobre o crescimento do transporte marítimo nos últimos anos e relata sobre o problema de roteamento e programação de navios que transportam o óleo cru das plataformas *offshore* até os terminais costeiros, e para resolução do desafio é proposto um modelo de programação inteira mista e dois métodos de soluções exatas do tipo *branch-and-cut*, método de otimização combinatória para resolver modelos de programação linear inteiros (FURTADO; MUNARI; MORABITO, 2017).

Esse artigo é uma comparação dos resultados do modelo proposto e dos métodos *branch-and-cut*. Os resultados foram divididos em dois casos, resolvidos de três maneiras: a primeira forma, usando-se o modelo 1-26 diretamente em um *software* de otimização (modelo puro), a segunda forma usando-se *branch-and-cut* baseado no modelo 1 (método 1), e a terceira forma usando *branch-and-cut*, baseado no modelo 2 (método 2). Os casos foram divididos em casos menores, dando origem às instancias utilizadas. São utilizadas a

nomenclatura C_xN_y , sendo x o caso que originou a instância e y o número de pares de coleta e entrega na instância (FURTADO; MUNARI; MORABITO, 2017).

O caso 1 conta com 25 navios disponíveis e 142 pares de coleta e entrega durante o mês de julho de 2013. O modelo teve os tempos computacionais (segundos) de 6,49, 20,62 e 2191,53 para 10, 15 e 20 pares de coleta e entrega respectivamente. O método 1 apresentou os tempos de 10,76, 16,17 e 24,19. O método 2 teve os tempos de 8,84, 14,99 e 27,33 (FURTADO; MUNARI; MORABITO, 2017).

O caso 2 conta com 31 navios disponíveis e 83 pares de coleta e entrega durante o mês de janeiro de 2013. O modelo teve o tempo computacional de 16,34 para 10 pares de coleta e entrega. Para as outras instancias usou o tempo máximo. Já o método 1 teve os tempos de 16,38, 29,45 e 445,33 para os pares de coletas 10, 15 e 20, respectivamente. O método 2 teve os tempos de 16,72, 24,78 e 498,23. Para 25 pares, ambos os métodos utilizaram o tempo máximo (FURTADO; MUNARI; MORABITO, 2017).

Por fim, o sexto artigo analisou diferentes estruturas logísticas sob uma perspectiva sustentável. Foi desenvolvido um modelo de simulação de eventos discretos associado a um algoritmo de otimização. O *software* de simulação Ururau, no qual um modelo com algoritmo de otimização permitiu testar diferentes variáveis, foi aplicado para melhor resolução do problema. Os resultados apresentaram conexões de proporcionalidade direta entre variáveis de tempo de transporte, emissão de gases de efeito estufa e *lead time* (RANGEL *et al.*, 2017).

Quatro configurações foram testadas em três experimentos. A configuração 1, com três caminhões de pequeno porte, um para cada fornecedor, que coletavam o material e o transportava até o fabricante, além de outros dois caminhões que recolhiam os produtos acabados e o levava até os clientes. Na configuração 2, um caminhão de grande porte realizava a entrega para o fabricante e outro realizava as entregas aos clientes. A configuração 3, três caminhões de pequeno porte para coleta, além da entrega para os clientes feita por um caminhão de grande porte. Na configuração 4, um caminhão de grande porte realizava a coleta e dois caminhões de pequeno porte a entrega aos clientes (RANGEL *et al.*, 2017).

Foram realizados três experimentos com cada configuração, e as que foram indicadas pela otimização foram as configurações 1 e 3. A configuração 1 foi a que apresentou as menores taxas de emissão de dióxido de carbono (CO_2) e os menores tempos de transporte. Por sua vez, a configuração 3 foi a que apresentou os menores *lead times* de entrega (RANGEL *et al.*, 2017).

Os seis artigos apresentaram maneiras de otimizar o planejamento de rotas e também o processo de entrega, além de reduzir a emissão de dióxido de carbono (CO₂), utilizando tecnologias de roteamento de veículos, procurando tornar o serviço das empresas mais ágeis e de qualidade, e também aumentando a confiabilidade dos serviços prestados, considerando a péssima condição das malhas rodoviárias, o que acaba gerando atrasos na distribuição e aumento de custos aos produtores.

Todos os artigos analisados apresentaram resultados positivos em relação ao uso dos *softwares*, resultando em otimizações do transporte e carregamento, melhor aproveitamento de rotas e dos veículos, redução da emissão de poluentes e redução de frotas de veículos. Isso permitiu reduzir os custos operacionais e tornou a distribuição mais eficiente e segura, tendo um caso em que uma empresa conseguiu o aumento de 4 mil clientes em um período de 2 meses.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A infraestrutura das malhas rodoviárias brasileiras não apresenta condições favoráveis para um serviço de transporte ágil, barato e de qualidade. Contudo esse estudo buscou apresentar como os *softwares* de roteamento de veículos podem ajudar na redução de custos e aumento da produtividade. A tecnologia evolui constantemente, além de ser essencial para as empresas que desejam alcançar um trabalho eficiente e de qualidade com baixos custos. Os consumidores estão se tornando mais exigentes com o decorrer do tempo, buscando sempre por serviços mais eficientes e de qualidade. As organizações que não buscam inovar, estão mais sujeitas a enfrentar dificuldades no mercado.

A presente pesquisa, através de uma revisão bibliográfica, analisou o uso de *softwares* de roteamento de veículos e suas principais funcionalidades, como esses sistemas podem diminuir os custos e aumentar a produtividade, as vantagens e os desafios que podem trazer para as empresas. Os seis artigos apresentaram resultados positivos na aplicação de *softwares* de roteamento de veículos e métodos de otimização, obtendo melhores tempos para criação de planejamentos, tempo de rota, redução de custos, de emissão de gases, de frota e de quilometragem rodada, apresentando redução nos custos e aumento na produtividade, alcançando o objetivo proposto.

Houve limitações durante a realização da coleta de dados extraídos de artigos da plataforma *SciELO*. Dos sete artigos encontrados, um acabou por ser descartado por não ter relação com a logística e outro artigo tratava sobre a otimização da moagem de cana-de-açúcar, onde o transporte era apenas uma variável, não tendo conexão direta com o tema desenvolvido, que era a otimização do transporte.

4.1 Contribuições da dissertação

Como contribuição, a presente pesquisa explorou e sistematizou como a tecnologia pode auxiliar nos processos logístico, mais especificamente como os *softwares* de roteamento de veículos podem ajudar reduzir os custos das operações e aumentar a produtividade das empresas que atuam no setor de transportes, tendo em vista que a infraestrutura da malha rodoviária não é contribuinte para um serviço ágil e de qualidade. Também foram apresentados resultados positivos em relação ao uso dessas tecnologias e os pontos em que os *softwares* conseguiram melhorar o serviço prestado.

4.2 Trabalhos futuros

Para eventuais trabalhos futuros sobre o tema, sugere-se que sejam realizados novos estudos tanto qualitativos como quantitativos sobre tecnologias de otimização na logística, levando em consideração outras variáveis relacionadas ao transporte e realizando uma busca mais ampla na literatura. A tecnologia está constantemente evoluindo e desempenha um papel essencial, podendo ser um diferencial de peso em relação a concorrência, por isso constantes estudos são necessários para se captar as tecnologias emergentes no setor.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, M. M. D. **Introdução à metodologia do trabalho científico**. 9. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos/logística empresarial**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2007.

CNT – Confederação Nacional de Transporte. **Radar CNT do transporte: pontos críticos 2022**. Brasília: 2023. Disponível em: <https://cnt.org.br>. Acesso em: 03 de maio de 2023.

_____. **Transporte rodoviário: desempenho do setor, infraestrutura e investimentos**. Brasília: 2017. Disponível em: <https://cnt.org.br>. Acesso em: 03 de maio de 2023.

_____. **Transporte rodoviário: os pontos críticos nas rodovias brasileiras**. Brasília: 2022. Disponível em: <https://cnt.org.br>. Acesso em: 06 de maio de 2023.

CÓPPOLA, G. Sistema de roteamento. **Rabbot**, 2020. Disponível em: <https://rabbot.co/blog/sistema-de-roteirizacao>. Acesso em: 10 de maio de 2023.

COSTA, F. P. d.; SOUZA, M. J. F.; PINTO, L. R. Um modelo de programação matemática para alocação estática de caminhões visando ao atendimento de metas de produção e qualidade. **Rem: Revista Escola de Minas**, p. 77-81, jan./mar. 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rem/a/vz4GVSSGznsTLdCHtBHTPkM/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em 6 de maio de 2023.

CRESWELL, John W.; CRESCWELL, J. David. **Projeto de Pesquisa: Métodos qualitativo, quantitativo e misto**. 5. ed. Porto Alegre: Penso, 2021.

FURTADO, M. G. S.; MUNARI, P.; MORABITO, R. O problema de coleta e entrega com janelas de tempo a indústria petrolífera: modelos e métodos *branch-and-cut*. **Gestão & Produção**, v. 24, n.3, p. 501-513, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/gp/a/nrjFCzcDpZDnghiYfWtFJSJDG/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 6 de maio de 2023.

GALVÃO, R. D.; *et al.* Roteamento de veículos com base em sistemas de informação geográfica, **Gestão & Produção**, v.4, n.2, p. 159-174, ago.1997. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/gp/a/95MfHT5DxgVXHpdMHHLkSGg/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 4 de maio de 2023

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de pesquisa**. [s. l.]: UFRGS, 2009.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GOOGLE. Documentação da solução de frota do last mile. **Google Maps Platform**, 2023a. Disponível em: <https://developers.google.com/maps/documentation/transportation-logistics/last-mile-fleet-solution>. Acesso em: 19 de maio de 2023.

GOOGLE. Documentos de navegação e roteamento de motoristas. **Google Maps Platform**, 2023b. Disponível em: <https://developers.google.com/maps/documentation/transportation->

[logistics/last-mile-fleet-solution/route-optimization/fleet-engine-cfr](#). Acesso em: 20 de mar. de 2023.

MASCARENHAS JUNIOR, José. Roteirização por *software* x Roteirização convencional: um estudo comparativo entre os dois modelos operacionais para distribuição de mercadorias na região metropolitana de São Paulo. **Laboratório de aprendizagem em logística e transportes**. Disponível em: <https://lalt.fecfau.unicamp.br/wp-content/uploads/2020/07/tcc-34.pdf>. Acesso em: 9 de jun. de 2023.

ROUTEASY. Módulo de otimização. *RouteEasy*, 2022. Disponível em: <https://routeasy.com.br/otimizacao/>. Acesso em: 19 de maio de 2023

NOVAES, A. G. **Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição**: estratégia, operação e avaliação. 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

PAIVA, R. P. O. d.; MORABITO, R. Otimização do planejamento hierárquico da produção em usinas cooperadas do setor sucroenergético. *Production*, v. 23, n. 3, p. 449-467, jul./set. 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/prod/a/VmjZnYKDs9Gk6nWQsgdFNRh/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 24 de maio de 2023.

PEREIRA, J. C. Consumidor 4.0 demanda uma logística mais preparada. *IT Forum*, 2019. Disponível em: <https://itforum.com.br/noticias/consumidor-4-0-demanda-uma-logistica-mais-preparada>. Acesso em 12 de maio de 2023.

PRESTEX. Entenda a ineficiência da logística no Brasil. *Prestex*, 2016. Disponível em: <https://www.prestex.com.br/blog/entenda-a-ineficiencia-da-logistica-no-brasil/>. Acesso em: 11 de abr. 2023

RESENDE, P. T. V. d.; *et al.* **Custos logísticos no Brasil 2017**. Fundação Dom Cabral, 2018. Disponível em: <https://www.fdc.org.br>. Acesso em: 2 de maio de 2023.

REZENDE, D. A. **Engenharia de software e sistemas de informação**. 3. ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2005.

MELO, A. C. d. S.; FERREIRA FILHO, V. J. M. Sistemas de roteirização e programação de veículos. *Pesquisa operacional*, v. 21, p. 223-232, jul./dez. 2001. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pope/a/TFh7mPx3Mj9RvQpgKxR6SDp/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 8 de maio de 2023.

SILVA, F. F. d.; *et al.* *Simulation optimization for analysis of sustainable logistics systems*. **Pesquisa Operacional**, v. 37, p. 145-171, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pope/a/hKGWqkkcWKTkSvMvypC77xK/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 25 de maio de 2023.

SILVA, M. P. d.; MARUJO, L. G. Análise de modelo intermodal para escoamento da produção de soja no centro oeste brasileiro. *Journal of Transport Literature*, v. 6, n. 3, p. 90-106, jul. 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/jtl/a/NgnGcNh6tJVV9rrx9KZm73h/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em 30 de abr. 2023.