



BACHARELADO EM ADMINISTRAÇÃO

**O PAPEL DA ROTEIRIZAÇÃO E DA ECONOMIA DE ESCALA NA REDUÇÃO DOS
CUSTOS LOGÍSTICOS EM UMA COOPERATIVA AGROINDUSTRIAL DE GOIÁS**

ALEFF ANDRADE COSTA

**Rio Verde - Goiás
2025**

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO –
CAMPUS RIO VERDE BACHARELADO EM ADMINISTRAÇÃO**

**O PAPEL DA ROTEIRIZAÇÃO E DA ECONOMIA DE ESCALA NA REDUÇÃO DOS
CUSTOS LOGÍSTICOS EM UMA COOPERATIVA AGROINDUSTRIAL DE GOIÁS:
RELATO DE EXPERIÊNCIA**

ALEFF ANDRADE COSTA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, como requisito parcial para a obtenção do Grau de Bacharel em Administração.

Orientadora: Prof. Rubia Cristina Arantes Marques

**Rio Verde - Goiás
2025**

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARADISPONIBILIZAR PRODUÇÃO ESTÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem resarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnica-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

- Tese (doutorado)
 Dissertação (mestrado)
 Monografia (especialização)
 TCC (graduação)
- Artigo científico
 Capítulo de livro
 Livro
 Trabalho apresentado em evento

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

ALEFF ANDRADE COSTA

Matrícula:

2022102202930023

Título do trabalho:

O PAPEL DA ROTEIRIZAÇÃO E DA ECONOMIA DE ESCALA NA REDUÇÃO DOS CUSTOS LOGÍSTICOS EM UMA COOPERATIVA AGROINDUSTRIAL DE GOIÁS

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: Não Sim, justifique:

[Redacted]

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 09/2026

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnica-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Rio Verde - GO

09 / 02 / 2026

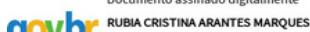
Local

Data



Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Documento assinado digitalmente



Data: 12/02/2026 19:01:17-0300

Verifique em <https://validar.itii.gov.br>

Ciente e de acordo:

Assinatura do(a) orientador(a)



Ata nº 4/2026 - GP-POLO/POLO/IFGOIANO

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Ao(s) 04 dia(s) do mês de dezembro de 2025, às 10 horas, reuniu-se a banca examinadora composta pelos docentes: Rubia Cristina Arantes Marques(orientador), Frankcione Borges de Almeida (membro), Samantha Rezende Mendes (membro), para examinar o Trabalho de Curso intitulado "O PAPEL DA ROTEIRIZAÇÃO E DA ECONOMIA DE ESCALA NA REDUÇÃO DOS CUSTOS LOGÍSTICOS EM UMA COOPERATIVA AGROINDUSTRIAL DE GOIÁS" do(a) estudante ALEFF ANDRADE COSTA, Matrícula nº 2022102202930023 do Curso de Bacharelado em Administração do IF Goiano 3 Campus Rio Verde. A palavra foi concedida ao(a) estudante para a apresentação oral do TC, houve arguição do(a) candidato pelos membros da banca examinadora. Após tal etapa, a banca examinadora decidiu pela APROVAÇÃO do(a) estudante. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata que segue assinada pelos membros da Banca Examinadora e pelo Mediador de TC.

(Assinado Eletronicamente)

Rubia Cristina Arantes Marque

Orientador(a)

(Assinado Eletronicamente)

Frankcione Borges de Almeida

Membro

(Assinado Eletronicamente)

Samantha Rezende Mendes

Membro

(Assinado Eletronicamente)

Esp. Ricardo Borges Rodrigues de Freitas

Mediador de TC

Observação:

O(a) estudante não compareceu à defesa do TC.

Documento assinado eletronicamente por:

- **Rubia Cristina Arantes Marques, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 11/02/2026 17:51:56.
- **Frankcione Borges de Almeida, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 11/02/2026 18:04:27.
- **Samantha Rezende Mendes, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 11/02/2026 19:19:23.
- **Ricardo Borges Rodrigues de Freitas, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 12/02/2026 15:42:52.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 11/02/2026. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 788391

Código de Autenticação: 8be56d6dc3



INSTITUTO FEDERAL GOIANO
Polo de Inovação
Rodovia Sul Goiana Km 01, None, Zona Rural, RIO VERDE / GO, CEP 75.901-970

**Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática do Sistema Integrado de Bibliotecas do IF Goiano - SIBI**

C838p Costa, Aleff Andrade
O PAPEL DA ROTEIRIZAÇÃO E DA ECONOMIA DE ESCALA
NA REDUÇÃO DOS CUSTOS LOGÍSTICOS EM UMA
COOPERATIVA AGROINDUSTRIAL DE GOIÁS / Aleff Andrade
Costa. Rio Verde 2025.

34f. il.

Orientadora: Prof^a. Dra. Prof. Rubia Cristina Arantes Marques.
Tcc (Bacharel) - Instituto Federal Goiano, curso de 0220293 -
Bacharelado em Administração - Rio Verde (Campus Rio Verde).
1. Logística. 2. Roteirização. 3. Custos Logísticos. 4. Economia
de Escala. 5. Cooperativa. I. Título.

AGRADECIMENTOS

Atodos aqueles que contribuíram, de alguma forma, para a realização deste trabalhoe participaram, direta ou indiretamente, enriquecendo o meu processo de aprendizado.

RESUMO

Este trabalho, desenvolvido na modalidade de relato de experiência, analisa a otimização dos custos logísticos no processo de expedição de fertilizantes em uma cooperativa agroindustrial localizada no estado de Goiás. O estudo identifica ineficiências no cenário inicial, como a subutilização da capacidade dos veículos e a ausência de planejamento sistematizado de rotas, fatores que elevavam os custos operacionais. O objetivo consiste em relatar a aplicação prática dos conceitos de roteirização e economia de escala como estratégias para a redução desses custos. A pesquisa adota uma abordagem qualitativa, baseada na substituição de um modelo reativo, fundamentado exclusivamente nas datas contratuais, por um sistema antecipado de consolidação de cargas. Para tanto, aplica-se o Método de Varredura, técnica que possibilita o agrupamento visual e geográfico das entregas em uma mesma região. Os resultados evidenciam que a otimização das rotas reduz o impacto da distância nos custos de transporte, confirmando, na prática, o princípio do afunilamento, segundo o qual o custo por quilômetro diminui em percursos mais longos e contínuos. Paralelamente, a consolidação de cargas em veículos de maior capacidade promove a economia de escala e reduz o custo unitário por tonelada transportada. Conclui-se que a adoção de um trade-off logístico estratégico, por meio da retenção temporária de pedidos para viabilizar o agrupamento de cargas, constitui uma decisão gerencial relevante, capaz de reduzir o custo logístico total e ampliar a eficiência operacional da cooperativa.

Palavras-chave: Logística. Roteirização. Custos Logísticos. Cooperativa. Economia de Escala.

ABSTRACT

This work, developed as an experience report, analyzes the optimization of logistics costs in the fertilizer shipping process at an agro-industrial cooperative located in the state of Goiás. The study identifies inefficiencies in the initial scenario, such as the underutilization of vehicle capacity and the absence of systematized route planning, factors that increased operational costs. The objective is to report the practical application of route planning and economies of scale concepts as strategies for reducing these costs. The research adopts a qualitative approach, based on replacing a reactive model, based exclusively on contractual dates, with an anticipatory system for consolidating loads. To this end, the Sweep Method is applied, a technique that allows for the visual and geographical grouping of deliveries in the same region. The results show that route optimization reduces the impact of distance on transportation costs, confirming, in practice, the principle of funneling, according to which the cost per kilometer decreases on longer and more continuous routes. In parallel, consolidating loads in larger capacity vehicles promotes economies of scale and reduces the unit cost per ton transported. It is concluded that adopting a strategic logistics trade-off, through the temporary retention of orders to enable load consolidation, constitutes a relevant management decision capable of reducing the total logistics cost and increasing the operational efficiency of the cooperative.

Keywords: Logistics. Routing. Logistics Costs. Cooperative. Economies of Scale.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Relação generalizada entre peso e custo de transporte, libra	12
Figura 2 – Relação generalizada entre densidade e transporte custo por libra	12
Figura 3 – Visualização do método de varredura	14
Figura 4 - Fluxograma do processo de embarque na cooperativa	19

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	
	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 COOPERATIVA E A HISTÓRIA DO COOPERATIVISMO	3
2.2 TIPOLOGIA DAS COOPERATIVAS E AGROINDUSTRIA	5
2.3 LOGÍSTICA E CUSTOS LOGISTICOS	8
2.4 FATORES QUE INFLUENCIAM OS CUSTOS LOGISTICOS	11
2.5 ECONOMIA DE ESCALA E ROTEIRIZAÇÃO	13
3. METODOLOGIA	4.
4. RELATO DE EXPERIÊNCIA	18
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	5.
6. REFERÊNCIAS	22
	25

1. INTRODUÇÃO

A gestão logística no agronegócio brasileiro constitui um pilar fundamental para a competitividade do setor, uma vez que os custos de transporte e armazenagem impactam diretamente a formação do preço final das commodities, influenciando a rentabilidade do produtor (LIMA; FAVERET FILHO; PAULA, 2000). Contudo, o segmento enfrenta desafios estruturais relevantes, como a elevada dependência do modal rodoviário e a complexidade das operações em um país de dimensões continentais. Nesse contexto, as cooperativas agroindustriais vivenciam um intenso dilema logístico, especialmente nos períodos de pico de demanda, que coincidem com a colheita logística de suprimentos ou coleta e com o plantio logística de distribuição ou entrega, fluxos distintos e fundamentais para a cadeia de suprimentos (BALLOU, 2007).

O presente estudo, desenvolvido na modalidade de relato de experiência, concentra-se no processo de logística de entrega de fertilizantes em uma cooperativa agroindustrial localizada no estado de Goiás. A partir da vivência profissional do autor, identificaram-se ineficiências recorrentes no planejamento de expedição de insumos. O processo era conduzido de forma reativa, baseado exclusivamente nas datas contratuais de entrega e na capacidade de produção, sem a realização de agrupamentos estratégicos por localização geográfica.

Essa prática operacional resultava em duas ineficiências centrais: a ausência de um planejamento otimizado de rotas e a subutilização da capacidade dos veículos, frequentemente despachados com cargas parciais, caracterizando os denominados fretes dedicados, modalidade na qual o veículo é destinado a um único cliente, independentemente do aproveitamento total de sua capacidade, gerando ociosidade.

Como consequência, os custos logísticos da operação tornavam-se elevados, impactando diretamente os resultados da cooperativa e comprometendo sua capacidade de atender de forma eficiente às demandas dos cooperados.

Diante desse cenário, o objetivo principal deste trabalho consiste em relatar a aplicação dos conceitos teóricos de roteirização e economia de escala como ferramentas para otimizar o fluxo de expedição e reduzir os custos logísticos. A justificativa do estudo fundamenta-se na demonstração prática de como a aplicação da teoria logística consolidada na literatura especialmente nos trabalhos de Ballou (2007) e Bowersox, Closs e Cooper (2002) à rotina operacional de uma cooperativa

pode gerar ganhos significativos de eficiência.

Para alcançar esse objetivo, o trabalho está estruturado em seções que se iniciam com a Revisão Bibliográfica, na qual se fundamentam os conceitos de cooperativismo, logística, custos, roteirização e economia de escala. Em seguida, apresenta-se a Metodologia, que descreve a abordagem qualitativa adotada. O capítulo Relato de Experiência detalha o fluxo operacional, os desafios identificados e as soluções implementadas. Por fim, a seção de Resultados e Discussão analisa criticamente a aplicação das soluções, relacionando a prática à teoria e evidenciando os resultados obtidos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Cooperativa e a história do cooperativismo

O cooperativismo, na forma como é conhecido atualmente, teve início com a fundação da Sociedade dos Probos de Rochdale, em 1844, durante a Revolução Industrial, na cidade de Rochdale, na Inglaterra. Diante de um cenário marcado pela exploração do trabalho, condições precárias, longas jornadas e baixos salários, um grupo de 28 tecelões decidiu reunir o capital disponível e criar seu próprio armazém cooperativo. O objetivo consistia na aquisição de produtos básicos a preços acessíveis, com posterior distribuição igualitária entre os membros do grupo (SISTEMA OCESP, 2025).

No Brasil, a cultura da cooperação pode ser observada desde o período da colonização portuguesa, sendo estimulada por funcionários públicos, militares, profissionais liberais, operários e imigrantes europeus (SISTEMA OCESP, s.d.). Entretanto, o desenvolvimento do cooperativismo brasileiro ocorreu de forma tardia,

em razão do regime escravagista vigente durante o período colonial, que dificultava a organização coletiva do trabalho.
O primeiro registro formal do cooperativismo no país corresponde à criação da Sociedade Cooperativa Econômica dos Funcionários Públicos de Ouro Preto, fundada em 1889, logo após a abolição da escravidão. Essa cooperativa tinha como finalidade a constituição de um banco voltado à concessão de crédito imobiliário e social aos cooperados, especialmente em emergências, como desemprego, dificuldades financeiras ou assistência a viúvas em situação de vulnerabilidade, desempenhando funções semelhantes às propostas pelos Pioneiros de Rochdale (PINHO, 1989).

No contexto agrícola, a maioria das cooperativas foi organizada a partir da década de 1960, inicialmente voltada à exportação de produtos como café, soja e outros gêneros agropecuários. Essas organizações desenvolveram suas atividades com elevado nível de profissionalização, o que resultou em expressivo desempenho econômico e fortalecimento do setor (BIALOSKORSKI NETO, 2004, p. 226).

A consolidação do cooperativismo brasileiro ocorreu, ainda que de forma parcial, com a promulgação do Decreto nº 22.239, de 1932, considerado a primeira legislação específica sobre cooperativas no país. Essa norma foi fundamentada nos princípios doutrinários de Rochdale e estabeleceu as características essenciais que definem esse tipo de organização, além de conferir respaldo jurídico à sua existência

(PINHO, 1989).

Atualmente, as sociedades cooperativas são regulamentadas pela Lei nº 5.764, de 16 de dezembro de 1971, que define a Política Nacional de Cooperativismo. Essa legislação caracteriza as cooperativas como pessoas jurídicas, estabelece seus objetivos, classifica os diferentes ramos de atuação, determina a estrutura dos órgãos sociais, os critérios de adesão dos cooperados e a constituição de fundos destinados à segurança financeira da organização (BRASIL, 1971).

Segundo a definição da Aliança Cooperativa Internacional (ACI), uma cooperativa consiste em:

Uma associação autônoma de pessoas unidas voluntariamente para atender às suas necessidades e aspirações econômicas, sociais e culturais comuns, por meio de uma empresa de propriedade conjunta e controlada democraticamente (INTERNATIONAL COOPERATIVE ALLIANCE, s.d.).

Namorado (2013) complementa essa definição ao afirmar que as cooperativas são organizações de natureza empresarial formadas por indivíduos que compartilham objetivos comuns, cuja principal força motriz reside na cooperação entre os membros, podendo atuar em diferentes ramos, como o econômico, o social e o cultural.

Lamprecht e Donschen (2006, p. 15) definem cooperativas como:

Gesellschaften von nicht geschlossener Mitgliederzahl, deren Zweck darauf gerichtet ist, den Erwerb oder die Wirtschaft ihrer Mitglieder oder deren soziale oder kulturelle Belange durch gemeinschaftlichen Geschäftsbetrieb zu fördern.

Em tradução livre, os autores descrevem as cooperativas como sociedades de número ilimitado de membros, cujo objetivo consiste em promover a aquisição ou a economia de seus integrantes, bem como atender às suas necessidades sociais ou culturais, por meio de um empreendimento coletivo (LAMPRECHT; DONSCHEN, 2006, p. 15).

Greve (2002) complementa ao caracterizar as cooperativas como estruturas organizacionais híbridas, nas quais os membros concentram esforços para alcançar objetivos comuns. Geridas democraticamente pelos próprios cooperados, que possuem igualdade de participação nas decisões e consciência de pertencimento, essas organizações priorizam o atendimento às demandas dos associados e a geração de benefícios mútuos, acima da simples obtenção de lucro.

De forma geral, o cooperativismo pode ser compreendido como uma modalidade de empreendimento coletivo presente em diversos setores da economia. As cooperativas são constituídas por pessoas que compartilham interesses comuns e

possuem igualdade de poder decisório, organizando-se juridicamente para alcançar objetivos, predominantemente econômicos, que promovem o desenvolvimento mútuo, dinamizam a economia local e geram impactos positivos para a comunidade em que estão inseridas (SOMOS COOP, s.d.).

De acordo com a Aliança Cooperativa Internacional (ACI), as cooperativas são orientadas por sete princípios fundamentais:

I – **Adesão livre e voluntária**: a participação é aberta a todas as pessoas interessadas, desde que assumam as responsabilidades inerentes à condição de membro.

II – **Gestão democrática**: os cooperados participam ativamente da formulação das políticas e das decisões, com direito a voto igualitário nas assembleias.

III – **Participação econômica dos membros**: os cooperados contribuem equitativamente para a formação do capital da cooperativa, sendo parte desse capital de propriedade comum.

IV – **Autonomia e independência**: as cooperativas preservam sua autonomia, garantindo a tomada de decisões democráticas.

V – **Educação, formação e informação**: promovem a educação contínua de seus membros, dirigentes e colaboradores.

VI – **Intercooperação**: cooperativas trabalham conjuntamente para fortalecer o movimento cooperativista.

VII – **Interesse pela comunidade**: atuam visando ao desenvolvimento sustentável das comunidades onde estão inseridas (INTERNATIONAL COOPERATIVE ALLIANCE, s.d.).

2.2 Tipologia das cooperativas e agroindústria

Posteriormente ao fim da escravidão no Brasil e com o respaldo da legislação republicana, amparada pela Constituição de 1891, que assegurou a liberdade de associação até então proibida pela Constituição de 1824, o cooperativismo passou a dar seus primeiros passos rumo ao desenvolvimento. Inicialmente, esse movimento ocorreu por meio da criação de cooperativas de consumo e de crédito, que ganharam maior expressividade com as transformações legislativas subsequentes.

Nesse contexto, destacam-se o Decreto nº 22.239, de 1932, e a reforma bancária de 1964, instituída pela Lei nº 4.595, que estabeleceu a estrutura do Sistema

Financeiro Nacional (SFN). Esses marcos legais forneceram bases sólidas para a expansão do modelo cooperativista, conferindo-lhe maior visibilidade e relevância na política financeira nacional. Tais avanços legislativos impulsionaram novas atualizações normativas e favoreceram a criação de diferentes tipos de cooperativas em diversos setores da economia, ampliando progressivamente seu impacto socioeconômico (PINHO, 1989).

Atualmente, as cooperativas brasileiras estão organizadas em sete ramos, definidos de acordo com a natureza das atividades que desenvolvem, conforme classificação do Sistema Organização das Cooperativas Brasileiras (OCB) (SISTEMA OCB,s.d.).

Tabela 1 - Tipos de cooperativas e suas principais características

Agropecuário	Reúne cooperativas que atuam nas atividades agropecuária, extrativista, agroindustrial, aquícola ou pesqueira. As cooperativas têm como missão receber, armazenar, comercializar e industrializar a produção dos cooperados, além de prestar assistência técnica, social e educacional. Composto por cooperativas que realizam compras
Consumo	em comum de bens e/ou serviços para seus cooperados (por exemplo supermercados, farmácias), e também inclui cooperativas formadas por pais para contratação de serviços educacionais ou cooperativas de consumo de serviços turísticos.
Crédito	Engloba cooperativas de crédito, cujo negócio é promover a poupança e oferecer soluções financeiras com condições vantajosas aos cooperados. O foco está nas pessoas e no benefício mútuo, não no lucro exclusivo.

Infraestrutura	Inclui cooperativas que prestam serviços essenciais aos seus cooperados como fornecimento/geração de energia elétrica, telecomunicações, saneamento, construção habitacional, entre outros. A incorporação de atividades de habitação foi uma das mudanças recentes.
Saúde	a por cooperativas que visam Composto prestaçāo ou aquisição, por meio da mutualidade, de serviços dedicados à preservação, assistência e promoção da saúde humana — formadas por profissionais da saúde ou usuários desses serviços.
Trabalho, Produção de Bens Serviços	Este ramo reúne cooperativas que organizam, por meio da mutualidade, a prestação de serviços especializados a terceiros ou a produção conjunta de bens (ex: beneficiamento de material reciclável, artesanato, produção de bens). É a nova denominação e combinação de diversos ramos anteriormente distintos.
Transporte	Formado por cooperativas que prestam serviços de transporte de cargas e/ou passageiros, desde que os cooperados detenham, a qualquer título, a posse ou propriedade dos veículos.

Fonte:Adaptado de OCB (2025).

Conforme a Organização das Cooperativas Brasileiras (OCB, 2024), a estruturação do cooperativismo em sete ramos possibilita maior compreensão e gestão das especificidades de cada segmento. Essa classificação favorece a formulação de políticas públicas e a definição de estratégias de desenvolvimento alinhadas às particularidades de cada área de atuação, promovendo maior eficiência e sustentabilidade nos âmbitos econômico, social e ambiental. Ademais, a segmentação contribui para o fortalecimento da identidade cooperativista e para o alinhamento das práticas de governança, gestão e inovação, aspectos essenciais para o avanço do cooperativismo no contexto nacional.

Segundo Bialoskorski (2014), a cooperativa agroindustrial caracteriza-se como um empreendimento constituído com base em fundamentos ideológicos e doutrinários que, por meio do processamento industrial, agrega valor aos produtos de seus cooperados. Essa estrutura organizacional é orientada ao benefício do associado e

possibilita a integração dos produtores a mercados considerados imperfeitos, os quais apresentam limitações à expansão e à ampliação da participação de pequenos e médios produtores, em decorrência de condicionantes legais e históricos que influenciam sua origem e funcionamento.

A agroindústria pode ser compreendida como o ambiente físico devidamente equipado e preparado para a realização sistemática de um conjunto de atividades voltadas à transformação de matérias-primas agropecuárias, provenientes da agricultura, pecuária, aquicultura ou silvicultura (BRASIL, 2021a).

Essas atividades têm como finalidade transformar as matérias-primas, prolongando sua disponibilidade, ampliando o prazo de validade, reduzindo a sazonalidade e agregando valor aos alimentos in natura, buscando preservar, sempre que possível, suas características originais (BRASIL, 2021b).

2.3 Logística e custos logísticos

Antes de analisar os custos logísticos, torna-se fundamental conceituar a logística. De maneira ampla, a logística empresarial pode ser compreendida como o processo responsável por agregar valor de lugar e de tempo aos produtos, assegurando que estejam disponíveis no local e no momento em que os clientes necessitam. Para Christopher (2012, p. 2), a logística consiste, essencialmente, no “processo de gerenciar estrategicamente a aquisição, a movimentação e o armazenamento de materiais, peças e produtos acabados, bem como os fluxos de informações correlatas, por meio da organização e de seus canais de marketing, de modo a maximizar a lucratividade presente e futura por meio do atendimento dos pedidos a baixo custo”.

Essa gestão estratégica envolve um conjunto de atividades interligadas que compõem o escopo do processo logístico. Segundo Ballou (2007), as atividades logísticas primárias são consideradas essenciais para a coordenação do fluxo de produtos e informações, sendo elas:

- **Transportes:** referem-se à movimentação física dos produtos entre os diferentes pontos da cadeia de suprimentos, configurando-se como um dos elementos de maior impacto tanto nos custos quanto no nível de serviço.
- **Manutenção de estoques:** envolve a gestão das quantidades armazenadas para atender à demanda, influenciando diretamente o capital de giro e a

capacidade de resposta ao cliente.

Processamento de pedidos: consiste no conjunto de procedimentos necessários para receber, processar e atender aos pedidos dos clientes, representando o ponto de partida das atividades logísticas.

A gestão logística pode ser compreendida, ainda, a partir da administração de diferentes fluxos de materiais. A literatura especializada divide esses fluxos em duas áreas principais: logística de suprimentos (*inbound logistics*) e logística de distribuição (*outbound logistics*). No contexto do agronegócio, a coleta representa a logística de suprimentos, sendo responsável pelo transporte e armazenamento de matérias-primas, como os grãos, desde o ponto de origem a propriedade do cooperado até a unidade de processamento ou armazenagem (BALLOU, 2007).

Em contrapartida, a entrega corresponde à logística de distribuição, que administra o fluxo de produtos acabados ou insumos, como os fertilizantes, desde o armazém da cooperativa até o consumidor final, ou seja, o cooperado em sua propriedade. O transbordo, por sua vez, caracteriza-se como uma atividade de movimentação interna ou entre pontos da cadeia logística, com o objetivo de otimizar a capacidade de armazenagem ou consolidar cargas, por meio da transferência de produtos entre veículos ou instalações, sem a necessidade de longos períodos de estocagem. Trata-se de uma atividade relevante para a flexibilidade e eficiência da malha logística (BALLOU, 2007).

A execução dessas atividades, bem como de outras ações de apoio, como armazenagem e manuseio de materiais, gera custos. O custo pode ser definido como um gasto realizado de forma consciente e premeditada na aquisição de produtos ou insumos utilizados em processos produtivos ou na prestação de serviços, sendo posteriormente incorporado ao valor do resultado desse processamento (MARTINS, 2003).

Segundo Ballou (2007), a operação de transporte de mercadorias envolve custos relacionados ao consumo de combustível, mão de obra, manutenção e despesas administrativas. Esses custos podem ser classificados em custos fixos e custos variáveis. Os custos fixos tendem a permanecer constantes, independentemente do nível de atividade, enquanto os custos variáveis estão diretamente relacionados à frequência ou intensidade da operação realizada.

Os custos fixos incluem despesas que não se alteram em função do volume transportado, como gastos com pátios, terminais e determinados equipamentos, que

permanecem os mesmos em diferentes cenários operacionais. Já os custos variáveis sofrem alterações conforme o volume de serviços prestados ou a distância percorrida, sendo o combustível um exemplo clássico, pois apresenta relação direta com o deslocamento realizado (BALLOU, 2007). De forma complementar, Wagner (2025) ressalta que, quanto maior o volume de serviços executados ou produtos comercializados, maior será o valor dos custos variáveis, enquanto os custos fixos permanecem inalterados no curto prazo.

Um dos conceitos centrais da gestão logística é o de *trade-off*, ou custo conflitante. Esse princípio estabelece que as atividades logísticas são interdependentes, de modo que a redução do custo de uma atividade pode provocar o aumento do custo de outra. Por exemplo, a escolha de um modal de transporte mais econômico, porém mais lento, pode reduzir o custo do frete, mas elevar os custos de manutenção de estoques, em razão do maior tempo de trânsito das mercadorias. Assim, o objetivo da gestão logística não é minimizar custos de forma isolada, mas identificar o ponto de equilíbrio que permita a minimização do custo logístico total (BALLOU, 2007).

Para a compreensão da eficiência operacional no transporte rodoviário, faz-se necessária a distinção entre as principais modalidades de contratação: frete dedicado, frete fracionado e frete expresso. Conforme Bertaglia (2016), o frete dedicado, também denominado carga lotação (*Full Truck Load – FTL*), caracteriza-se pela utilização exclusiva do veículo por um único embarcador. Nessa modalidade, a carga é transportada diretamente da origem ao destino, sem paradas intermediárias, o que proporciona maior agilidade e segurança, embora exija volume suficiente para justificar o custo do veículo completo.

O frete fracionado (*Less than Truck Load – LTL*), por sua vez, ocorre quando o volume de carga de um único cliente não é suficiente para ocupar totalmente a capacidade do veículo. Nesse caso, a transportadora consolida cargas de diferentes remetentes em um mesmo caminhão, diluindo os custos fixos entre eles. Apesar de apresentar vantagens econômicas para volumes menores, essa modalidade demanda operações adicionais de consolidação e desconsolidação, o que pode elevar o tempo de trânsito das mercadorias (BERTAGLIA, 2016).

Por fim, o frete expresso distingue-se pela prioridade absoluta conferida ao tempo de entrega (*lead time*). Geralmente utilizado para pequenos volumes ou produtos de alto valor agregado, essa modalidade privilegia a rapidez e o cumprimento

de prazos reduzidos, recorrendo a processos operacionais dedicados e veículos menores, o que implica custos mais elevados em comparação às demais modalidades (BERTAGLIA, 2016).²

2.4 Fatores que influenciam os custos logísticos

De acordo com Lima, Faveret Filho e de Paula (2000), um dos principais obstáculos para a competitividade do agronegócio brasileiro está nos problemas de sua infraestrutura logística. Os autores destacam a existência de um "viés rodoviário", ou seja, uma dependência excessiva do transporte rodoviário em detrimento de modais mais eficientes para grandes volumes e longas distâncias, como ferrovias e hidrovias.

O custo do transporte rodoviário é altamente dependente do preço do combustível e dos pedágios, os quais representam a maior parte do custo do transporte rodoviário –Segundo os entrevistados, o frete rodoviário na safra da soja fica cerca de 30% mais caro devido ao aumento da demanda. Grande parte do transporte rodoviário da soja na safra é feita por caminhoneiros independentes que recebem os fretes por meio dos transportadores e ficam dependentes das condições ditadas por eles (KUSSANO; BATALHA, 2012, p. 625).

Essa dependência excessiva em um modal de transportes se apresenta como um fator crucial que prejudica a competitividade do setor frente a concorrentes internacionais sendo um dos maiores desafios a serem superados pela sociedade brasileira para otimizar sua logística Lima, Faveret Filho e de Paula (2000).

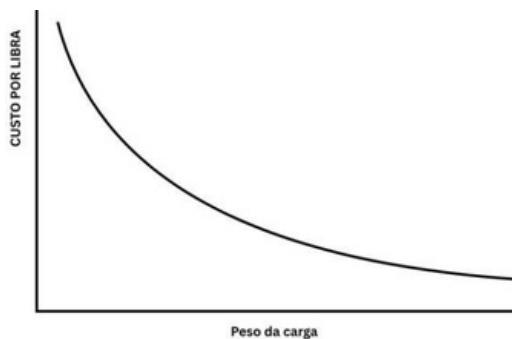
Os custos de transportes são influenciados por uma miríade de fatores, podendo estes serem internos ou externos à organização. Os principais fatores são, (1) Distância, esta possui maior influência na formação do preço de frete por estar diretamente relacionada ao consumo de combustível do veículo, (2) Volume, o volume da carga a ser transportada impacta no custo por unidade transportada, um veículo com capacidade máxima de X cujo produto transportado possui volume X e peso de $\frac{1}{2} X$ terá uma relação de custo por produto maior que produtos com densidade maior, (3) Mercado, os diferentes mercados que demandam o serviço de transportes participam em diferentes períodos e pontos, sendo assim não há um equilíbrio na demanda consequentemente o veículo tem de retornar ao ponto de partida vazio

²trade-off: Expressão que define uma situação de escolha conflitante, onde para se obter ganho em um aspecto, perde-se em outro. Na logística, refere-se frequentemente à relação entre custo e nível de serviço.

gerando custos logísticos adicionais Bowersox et al., 2002).

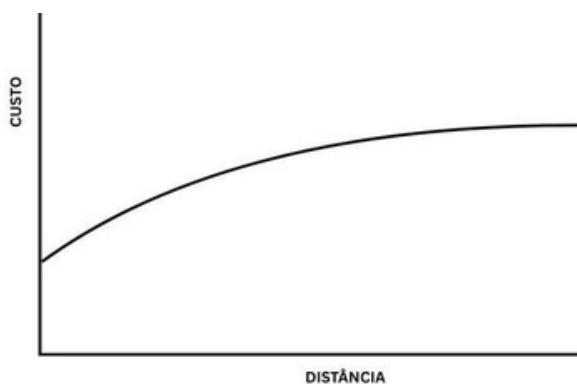
Figura 1: Relação generalizada entre peso e custo de transporte

BOWERSOX; CLOSS; COOPER, 2002.



RELAÇÃO GENERALIZADA ENTRE PESO E CUSTO DE TRANSPORTE: O gráfico presente na Figura 1 ilustra o princípio da economia de escala aplicado ao transporte, demonstra que o custo por unidade de peso (libra) diminui à medida que o peso total da carga aumenta. Isso ocorre porque os custos fixos da operação de transporte, como o tempo de carregamento, o manuseio e a administração do faturamento, são diluídos por uma quantidade maior de produto. Portanto, consolidar cargas menores em um único envio de maior peso é uma estratégia fundamental para reduzir o custo unitário do transporte (BOWERSOX; CLOSS; COOPER, 2002).

Figura 2: Relação generalizada entre distância e custo de transporte



BOWERSOX; CLOSS; COOPER, 2002.

RELAÇÃO GENERALIZADA ENTRE DISTÂNCIA E CUSTO DE TRANSPORTE: A Figura 2 representa o princípio do afilamento (*tapering principle*), que descreve como o custo total de transporte se comporta em relação à distância percorrida. O gráfico evidencia que, embora o custo total aumente com a distância,

ele o faz a uma taxa decrescente. Ou seja, o custo por quilômetro é menor em viagens mais longas. Isso acontece porque os custos fixos da viagem, como os de embarque e desembarque, são distribuídos por uma distância maior, tornando o frete proporcionalmente mais barato para longos percursos (BOWERSOX; CLOSS; COOPER, 2002).

2.5 Economia de escala e roteirização

A economia de escala constitui um conceito fundamental no campo da logística e descreve a relação inversa existente entre a quantidade movimentada e o custo por unidade. Em termos práticos, esse princípio estabelece que o custo unitário de transporte tende a diminuir à medida que o volume da carga aumenta, uma vez que os custos fixos da operação, como a depreciação do veículo e a remuneração do motorista, são diluídos em uma quantidade maior de mercadorias (BOWERSOX; CLOSS; COOPER, 2002).

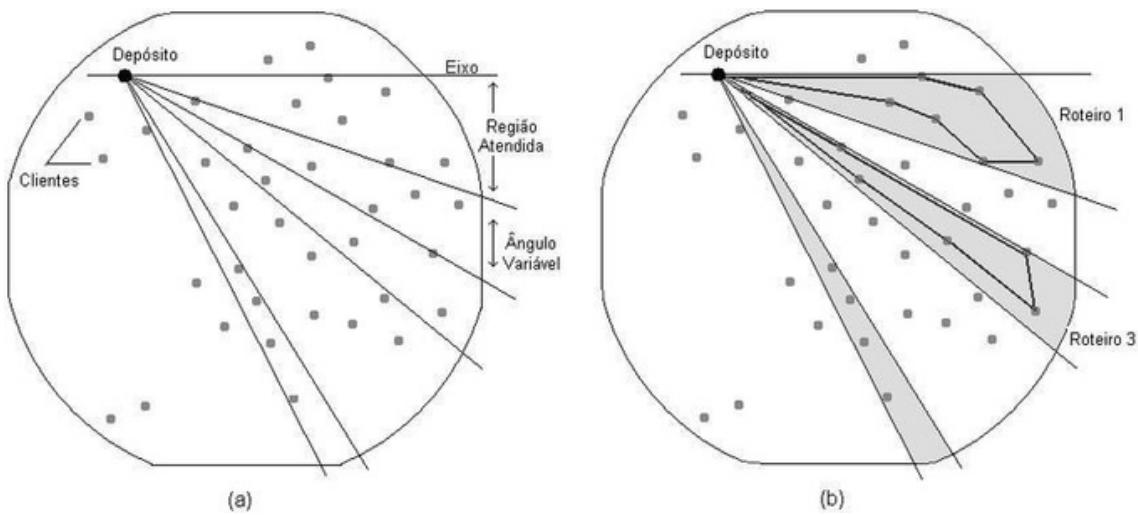
Com base nessa premissa, Bowersox, Closs e Cooper (2002) afirmam que a economia de escala pode constituir um fator determinante para a redução de custos e o aumento da eficiência logística das organizações. Esse benefício pode ser alcançado, principalmente, por meio da consolidação de cargas menores em veículos de maior capacidade, formando remessas únicas capazes de atender a múltiplas demandas e, consequentemente, reduzir o custo unitário do transporte.

A roteirização, por sua vez, pode ser compreendida como o processo de definição do melhor trajeto para interligar os pontos de entrega necessários, considerando critérios de eficiência logística e minimização de custos, de modo a assegurar que o produto transportado chegue ao cliente em tempo hábil e com melhor aproveitamento dos recursos de transporte disponíveis (CABRAL FILHO, 2023). Ballou (2007) complementa ao destacar que a roteirização representa um dos maiores desafios da logística, em virtude da multiplicidade de variáveis envolvidas, tais como limitações de volume, restrições de peso máximo, velocidade permitida, barreiras de tráfego, entre outras.

Entre as técnicas utilizadas para promover um planejamento de rotas mais eficiente, destaca-se o Método de Varredura. Trata-se de uma abordagem heurística, intuitiva e visualmente orientada, que se inicia a partir do depósito e realiza uma varredura radial da área de atendimento. Durante esse processo, os clientes são

agrupados em rotas sucessivas conforme são identificados na varredura, até que se atinja a capacidade do veículo ou o tempo máximo estabelecido para a rota. Em seguida, os pontos de entrega são conectados sequencialmente dentro de cada rota, formando o trajeto final a ser percorrido (BALLOU, 2007).

Figura 3: Visualização do método de varredura



Fonte: Adaptado de Novaes (2007).

O Método de Varredura (*Sweep Method*) consiste em uma abordagem heurística amplamente utilizada na roteirização de veículos, caracterizada por sua natureza intuitiva e visual. O procedimento pode ser descrito a partir das seguintes etapas:

1. **Plotagem dos pontos:** realiza-se a representação, em um mapa ou sistema de coordenadas, da localização do depósito (ponto central) e de todos os clientes a serem atendidos.
2. **Definição de um ponto de início:** estabelece-se um eixo ou referência inicial para o início da varredura a partir do depósito, podendo ser uma direção específica (norte, sul, leste ou oeste) ou um cliente de referência.
3. **Varredura:** uma linha imaginária, partindo do depósito, realiza um movimento rotacional contínuo, no sentido horário ou anti-horário, selecionando os clientes à medida que são interceptados por esse raio giratório.
4. **Formação da rota:** os clientes identificados durante a varredura são atribuídos a um veículo, respeitando-se as restrições operacionais, como capacidade máxima de carga e tempo máximo permitido para a rota.

5. **Fechamento da rota e alocação de novo veículo:** quando o veículo atinge sua capacidade ou alguma restrição operacional é ultrapassada, a rota é encerrada e o veículo retorna ao depósito.
6. **Repetição do processo:** inicia-se uma nova rota com outro veículo, retomando a varredura a partir do ponto onde foi interrompida, até que todos os clientes sejam atendidos.
7. **Otimização interna (opcional):** após a definição das rotas, pode-se otimizar a sequência de visitas dentro de cada rota por meio de heurísticas adicionais, como o método *2-opt*, visando à redução da distância ou do tempo total de percurso.

Apesar de sua simplicidade, o Método de Varredura oferece uma forma estruturada e eficiente de gerar soluções iniciais para problemas de roteirização. Sua principal vantagem reside na facilidade de visualização e no rápido agrupamento de clientes em rotas viáveis, servindo como base para posterior refinamento por meio de técnicas de otimização mais avançadas (BALLOU, 2007).

Método das Economias de Clarke e Wright: constitui outra heurística amplamente difundida na literatura logística, tendo como objetivo a maximização da economia de distância ou de tempo nas operações de transporte. Esse método parte do pressuposto de que cada cliente é inicialmente atendido por uma rota individual, que se inicia e se encerra no depósito (Depósito → Cliente → Depósito).

O funcionamento do método pode ser descrito pelas seguintes etapas:

- **Rotas iniciais:** cada cliente é atendido por uma rota exclusiva que parte do depósito e a ele retorna.
- **Cálculo das economias:** para cada par de clientes (i, j) , calcula-se a economia obtida ao uni-los em uma única rota contínua (Depósito → Cliente i → Cliente j → Depósito), em vez de atendê-los separadamente. A economia é determinada pela fórmula:

$$S_{ij} = C(D,i) + C(j,D) - C(i,j)$$

em que:

- $C(D,i)$ representa o custo ou a distância do depósito ao cliente i ; $C(j,D)$ representa o custo ou a distância do cliente j ao depósito; $C(i,j)$ representa o custo ou a distância entre os clientes i e j . **Priorização e fusão das rotas:** as economias calculadas são ordenadas de forma decrescente, e o algoritmo busca unir os pares de clientes que geram as

maiores economias, desde que sejam respeitadas as restrições operacionais, como capacidade do veículo e duração máxima da rota.

Formação das rotas consolidadas: o processo de fusão prossegue até que não seja mais possível realizar combinações viáveis ou até que todos os clientes tenham sido alocados a rotas eficientes, resultando em menor custo total de transporte.

Segundo Ballou (2007), o Método das Economias apresenta-se como uma técnica eficaz para a consolidação de cargas e para a redução de distâncias percorridas, sendo amplamente empregado como ferramenta inicial no planejamento logístico.

Bowersox, Closs e Cooper (2002) complementam ao destacar que a roteirização de entregas constitui uma prática essencial para a eficiência das operações logísticas, pois tem como propósito assegurar que os produtos sejam entregues de forma eficaz, minimizando os custos logísticos e otimizando a utilização dos recursos disponíveis.

3. METODOLOGIA

Este estudo dedica-se a apresentar, de forma objetiva, a metodologia adotada para a construção do trabalho, evidenciando a natureza da pesquisa, a abordagem metodológica, os procedimentos técnicos e os instrumentos que possibilitaram sua realização.

A abordagem utilizada é a qualitativa, a qual se caracteriza por enfatizar a compreensão aprofundada de fenômenos em seus contextos naturais. Diferentemente das pesquisas de natureza quantitativa, a abordagem qualitativa não se concentra na mensuração de variáveis, mas na interpretação dos significados atribuídos pelos indivíduos às suas experiências. Conforme Richardson (1999), esse tipo de abordagem trabalha com um universo de informações e significados que não pode ser reduzido a representações numéricas, priorizando a descrição e a decodificação dos elementos que compõem sistemas complexos de significados.

No que se refere ao referencial teórico, realizou-se uma pesquisa bibliográfica nas bases de dados Google Acadêmico e SciELO, bem como no acervo físico da biblioteca do Instituto Federal Goiano (IF Goiano). Para a seleção das obras, utilizaram-se palavras-chave como logística agroindustrial, roteirização, economia de escala e cooperativismo. De acordo com Gil (2008), a pesquisa bibliográfica é desenvolvida a partir de material previamente elaborado, constituído, sobretudo, por livros, artigos científicos e dissertações. Seu objetivo vai além da simples compilação de informações, pois busca proporcionar ao pesquisador um conhecimento aprofundado sobre o estado da arte de determinado tema, permitindo a análise crítica e a construção de um embasamento teórico consistente.

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi desenvolvido na modalidade de relato de experiência. Diferentemente de uma pesquisa de campo tradicional, essa modalidade concentra-se na descrição e na análise reflexiva de uma vivência profissional, articulando a prática observada ao embasamento teórico adquirido ao longo da formação acadêmica. Conforme Severino (2017), o relato de experiência caracteriza-se como um testemunho de uma vivência que, quando analisada de forma crítica, possibilita ao autor demonstrar a aplicação de competências e conhecimentos teóricos em situações reais, contribuindo tanto para a formação profissional quanto para a disseminação de conhecimentos de natureza prática.

4. RELATO DE EXPERIÊNCIA

Este estudo dedica-se a analisar o processo de gestão logística do embarque de fertilizantes em uma cooperativa agroindustrial localizada no estado de Goiás. O autor, atuando na função de Assistente Administrativo no departamento de transportes, vivenciou a rotina operacional e participou ativamente do planejamento das expedições aqui descritas. A análise inicia-se com a descrição do fluxo operacional padrão e, na sequência, identifica os principais desafios práticos, estabelecendo conexões diretas com o referencial teórico apresentado. Por fim, são propostas soluções estruturadas para a otimização dos processos, fundamentadas nos conceitos de roteirização e economia de escala.

No âmbito da gestão logística, o processo de embarque, frequentemente associado à etapa de expedição, compreende o conjunto de atividades destinadas a preparar e efetivar a saída das mercadorias do centro de distribuição até o destino.

Essa etapa não se restringe ao carregamento físico dos veículos, mas envolve também a consolidação de pedidos, a alocação de cargas, a emissão da documentação fiscal e de transporte como notas fiscais e conhecimentos de transporte, bem como a liberação formal dos veículos. Segundo Bertaglia (2016), a expedição representa a última etapa do fluxo interno de materiais na organização e é responsável por assegurar que o produto correto seja entregue ao cliente adequado, dentro do prazo acordado e em perfeitas condições, configurando-se como um ponto crítico tanto para a satisfação do cliente quanto para a eficiência dos custos operacionais.

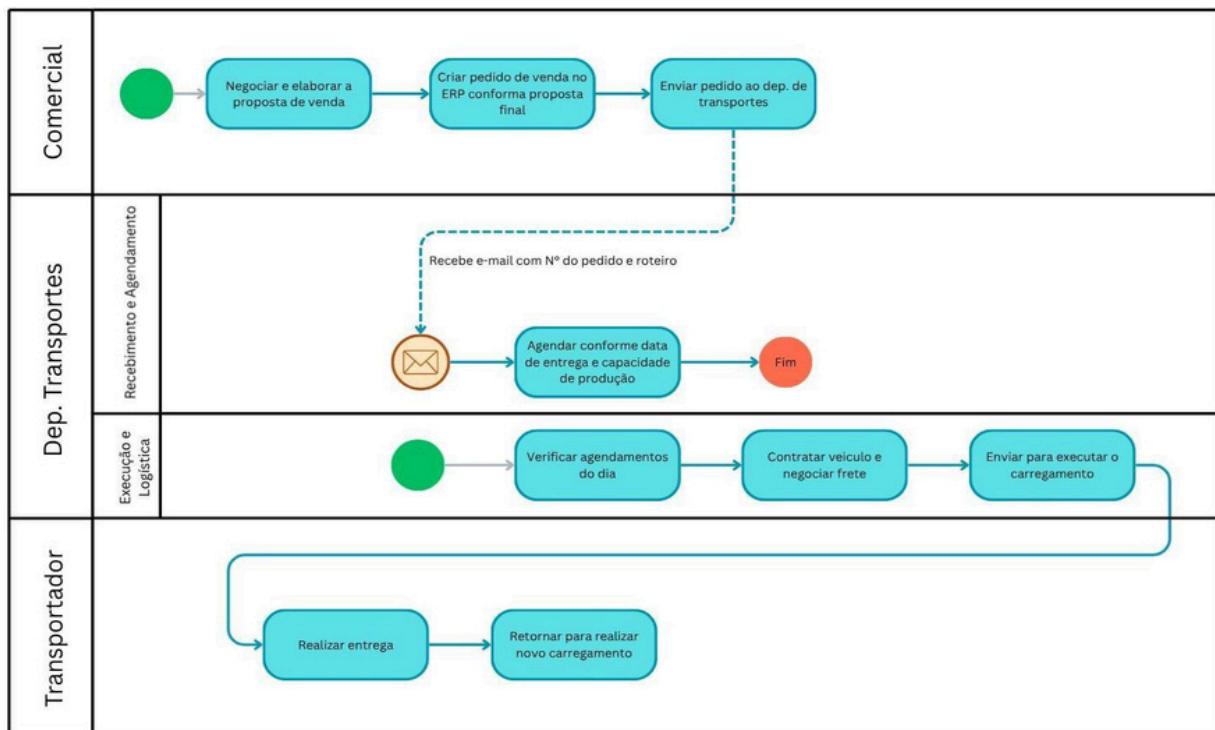
O fluxo operacional de expedição tem início com o recebimento dos contratos de venda de fertilizantes firmados com os cooperados, os quais contêm informações relativas às particularidades de recebimento e às datas previstas para entrega. Esses contratos concentram-se em janelas temporais reduzidas, especialmente nos períodos de safra e safrinha, o que gera picos de demanda e exerce forte pressão sobre a capacidade operacional e de expedição da cooperativa.

Observa-se que o planejamento dos embarques era realizado exclusivamente com base nas datas estipuladas em contrato e limitado pela capacidade produtiva, sem considerar critérios estratégicos como a localização geográfica dos cooperados, as particularidades de recebimento ou a classificação das mercadorias. Após o carregamento nos respectivos centros de distribuição, os veículos partiam em rotas

individuais, frequentemente percorrendo longas distâncias para atender a um único cooperado e, em muitos casos, operando com capacidade ociosa significativa. Esse fluxo operacional é ilustrado na Figura 4.

Figura 4 – Fluxograma do processo de embarque na cooperativa

3



Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

Esse fluxo de embarque embora simples na sua execução apresentava uma série de ineficiências (das rotas e custo da distância, da subutilização da capacidade e perda da economia de escala) que impactava diretamente nos custos logísticos e operacionais de toda a cadeia.

É especialmente durante os períodos de alta demanda, como a safra, que essa missão de servir ao cooperado é colocada à prova por um intenso conflito de demandas logísticas. No estado de Goiás, a colheita da safra principal de soja concentra-se, tipicamente, entre os meses de fevereiro e abril (CONAB, 2024). Nesse

³ ERP (Enterprise Resource Planning): Sigla para Planejamento de Recursos Empresariais. Se é um sistema de informação integrado que unifica dados e processos de diversos departamentos de uma organização (como vendas, finanças, logística e estoque) em uma única plataforma, facilitando o fluxo de informações e a tomada de decisão.

período, a capacidade logística da cooperativa é requisitada simultaneamente para três operações logísticas são essenciais na cooperativa: logística de coleta, logística de transbordo e logística de entrega, todas vitais para diferentes grupos de cooperados.

Logística de coleta: Parte dos cooperados encontra-se em plena colheita e depende da estrutura da cooperativa para transportar os grãos de suas propriedades até as unidades armazenadoras. Com ou sem o apoio da cooperativa, os produtores precisam escoar a produção de forma ágil, evitando perdas e cumprindo os prazos contratuais.

Logística de transbordo: Muitas unidades armazenadoras possuem capacidade estática inferior à meta operacional. Por isso, em alguns momentos, é necessário expedir grãos já vendidos para liberar espaço. Há situações em que a unidade recebe mais do que consegue expedir, tornando inevitável o transbordo de grãos entre armazéns.

Logística de entrega: Simultaneamente, outros cooperados iniciam o preparo para o plantio da safrinha (segunda safra), necessitando receber insumos adquiridos previamente, como adubos e fertilizantes.

Esse cenário resulta em um dilema operacional: como atender com eficiência às necessidades dos cooperados utilizando uma frota limitada e a mesma equipe de planejamento para gerenciar fluxos opostos, ambos de igual importância? A solução adotada foi a terceirização do serviço de entrega de fertilizantes, permitindo que a frota própria se dedique às operações de coleta e transbordo. No entanto, surge outro questionamento: como mitigar o impacto dos elevados custos logísticos em um mercado marcado por forte sazonalidade e oferta estática de serviços?

A partir da vivência prática, foram identificados desafios que comprometem a eficiência da operação. Quando analisados sob a ótica da literatura, esses desafios revelam uma desconexão entre a prática operacional e princípios consolidados da gestão logística.

- Rotas e custo da distância: Um dos principais problemas foi a ausência de planejamento otimizado de rotas. Era comum que dois ou mais veículos seguissem para a mesma região em horários próximos, atendendo clientes geograficamente vizinhos. Essa prática aumentava a quilometragem percorrida e, consequentemente, os custos variáveis, como combustível, manutenção e frete pago. Essa realidade corrobora Bowersox, Closs e Cooper (2002), que

destacam a distância como um dos fatores de maior influência na formação do preço do frete, evidenciando o impacto negativo de rotas não otimizadas.

Subutilização da capacidade e perda da economia de escala: Frequentemente, veículos eram enviados com capacidade parcialmente preenchida, prática conhecida como frete dedicado. Essa conduta impedia o aproveitamento da economia de escala, princípio essencial para a redução de custos logísticos. Segundo Bowersox, Closs e Cooper (2002), a consolidação de cargas menores em veículos maiores contribui para diluir os custos fixos, reduzindo o custo unitário por tonelada transportada. A prática observada contrariava esse princípio, mantendo os custos elevados.

Roteirização para otimização de trajetos: Para mitigar a ineficiência das rotas, propôs-se a adoção de técnicas de roteirização, processo que, segundo Cabral Filho (2023), consiste em traçar o melhor trajeto para aumentar a eficiência logística e reduzir custos. Ballou (2007) apresenta diversas técnicas de planejamento, entre elas o Método de Varredura e o Método das Economias de Clarke e Wright. Optou-se pelo Método de Varredura, que possibilita agrupar entregas por proximidade geográfica e outras características compartilhadas, criando rotas únicas capazes de atender múltiplos clientes. Essa estrutura reduziu significativamente a quilometragem percorrida e, consequentemente, os custos fixos e variáveis da operação.

Consolidação de cargas: A subutilização da capacidade dos veículos foi solucionada por meio da consolidação de cargas, aplicação direta do princípio da economia de escala. De acordo com Bowersox, Closs e Cooper (2002), quanto maior o peso consolidado em um veículo, menor o custo por unidade transportada, pois os custos fixos da operação são diluídos em um volume maior de produto.

Em vez de despachar veículos parcialmente carregados, a cooperativa passou a reter pedidos por um curto período, agrupando cargas com características geográficas, de armazenagem ou químicas semelhantes. Essa prática permitiu melhor programação do embarque e maior utilização da capacidade veicular. Tal retenção estratégica caracteriza um trade-off logístico, conceito amplamente discutido por Ballou (2007), no qual uma pequena variação no prazo de atendimento é compensada por uma considerável redução nos custos logísticos.

Dessa forma, o frete dedicado, que segundo Martins (2003) constitui uma

aquisição consciente de serviço, apresentava custo final por tonelada mais elevado. A consolidação, portanto, reduziu diretamente esse custo, ao mesmo tempo em que aumentou a capacidade de expedição da cooperativa, fortalecendo sua eficiência operacional, indicadores de desempenho e competitividade no mercado.

Os fertilizantes expedidos pela cooperativa, objeto deste estudo, caracterizam-se majoritariamente como cargas sólidas, acondicionadas em *big bags* de 1 tonelada ou sacarias de 50 kg. Essa característica permite o empilhamento e a consolidação em veículos graneleiros, facilitando a otimização do espaço.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A transição para o novo modelo logístico não ocorreu de forma automática. Diante do cenário de urgência, a implementação se deu de maneira abrupta e imediata, sendo realizadas aplicações pontuais para observar a eficácia e os impactos no processo. Com a validação dos métodos, iniciou-se a aplicação em larga escala, estendendo-se a todo o processo de embarque, englobando todos os tipos de carga, independentemente do volume negociado. O período de observação e intervenção compreendeu os meses de junho de 2023 a maio de 2024, período em que ocorre a colheita da safra de milho, o plantio da safra de soja e a colheita da safra de soja na região Centro-Oeste do Brasil.

A aplicação das soluções teóricas na prática operacional da cooperativa permitiu reverter as ineficiências observadas. A primeira delas estava relacionada às rotas e ao custo da distância, uma vez que veículos partiam para a mesma região de maneira desordenada, aumentando a quilometragem total percorrida.

A aplicação prática do Método de Varredura foi adaptada à realidade operacional da cooperativa, utilizando-se uma abordagem manual e sistemática para a formação das rotas de entrega de fertilizantes. O processo iniciou-se com a análise do relatório de entregas pendentes, a partir do qual os pedidos eram segmentados em agrupamentos geográficos, tendo como critério principal a proximidade entre as propriedades rurais e suas respectivas cidades de referência.

Embora heurística e manual, essa abordagem representa a aplicação direta do conceito de roteirização, definido por Cabral Filho (2023) como o processo de definição dos trajetos mais eficientes visando à melhoria do nível de serviço e à minimização dos custos operacionais. Ao agrupar clientes por proximidade, a

cooperativa deixou de utilizar a data de entrega como único critério, passando a otimizar a variável de maior impacto financeiro: a distância.

A literatura já indicava essa relação de maneira clara. Bowersox, Closs e Cooper (2002) afirmam que a distância é um dos fatores mais influentes na formação do preço do frete. A prática anterior, de enviar múltiplos veículos para a mesma região, fazia com que os custos fixos de embarque e desembarque fossem repetidamente aplicados em percursos similares. Com a nova abordagem, ao criar rotas únicas que diluíam os custos fixos por percursos mais longos, o princípio do afunilamento (tapering principle) passou a operar a favor da cooperativa, reduzindo a quantidade de partidas e, consequentemente, os custos fixos totais (Figura 2).

Dessa forma, a metodologia de varredura, descrita por Ballou (2007), configurou-se como a ferramenta teórica que permitiu ao planejador organizar visualmente a demanda e transformar o conhecimento empírico da região em uma sequência operacional logisticamente mais eficiente.

O segundo desafio prático e mais crítico do ponto de vista financeiro foi a subutilização da capacidade e a consequente perda da economia de escala. A prática recorrente do frete dedicado, na qual os veículos partiam com capacidade ociosa, implicava custo direto, pois a cooperativa arcava também com o volume não transportado. Além disso, representava um custo de oportunidade, ao impedir o aproveitamento de um dos princípios fundamentais da logística: a economia de escala.

A solução implementada, baseada na consolidação de cargas, atacou diretamente essa ineficiência. Com os agrupamentos regionais definidos, iniciava-se a fase de consolidação, que consistia na combinação estratégica de múltiplos pedidos em um único veículo de maior porte, como um rodo-trem, visando ao uso máximo da capacidade volumétrica e de peso. Na prática, isso significava que frações de pedidos maiores ou pedidos menores, que isoladamente resultariam em fretes dedicados com baixa ocupação e custo elevado por tonelada, eram combinados com outras entregas destinadas à mesma rota.

Para exemplificar a economia de escala aplicada juntamente com a roteirização: em um frete dedicado de 10 toneladas ao custo de R\$ 2.000,00, o custo por tonelada é de R\$ 200,00. Ao consolidar cargas e utilizar um veículo de 35 toneladas ao custo de R\$ 3.500,00, o custo cai para R\$ 100,00 por tonelada, representando redução de 50% no custo unitário.

A ação de reunir “frações de pedidos maiores” ou “pedidos menores” em um único veículo de grande porte materializa o que Bowersox, Closs e Cooper (2002) definem como busca pela economia de escala, segundo a qual “a consolidação de cargas menores em veículos com capacidades maiores [...] reduz o custo unitário” (Figura 1). O frete dedicado posicionava a operação no extremo esquerdo superior da curva peso reduzido e custo por tonelada elevado. A consolidação moveu a operação para o extremo direito inferior maior ocupação e custo por tonelada reduzido. Ao preencher o veículo em toda a sua capacidade, a cooperativa passou a transportar um volume maior de produtos utilizando os mesmos recursos, otimizando o custo alocado por unidade transportada.

O processo decisório para a montagem das cargas baseou-se tanto no conhecimento empírico do planejador acerca da malha viária e das particularidades da região de atuação quanto no uso de ferramentas de geolocalização, como o Google Maps, para validar distâncias e viabilidade dos trajetos.

A implementação bem-sucedida das soluções, por meio de um trade-off estratégico, somente foi possível devido à decisão gerencial que alterou a filosofia operacional da expedição. Antes, priorizava-se exclusivamente a variável “data de entrega”, negligenciando o impacto sobre as demais entregas envolvidas. A nova abordagem, ao reter pedidos por um curto período para agrupar cargas, introduziu uma pequena variação no tempo de atendimento em troca de uma redução significativa dos custos logísticos. Essa prática representa exatamente o trade-off logístico descrito por Ballou (2007), no qual a redução do custo de uma atividade (transporte) pode impactar outra (tempo de ciclo do pedido).

Essa mudança foi essencial, pois alinhou a operação de expedição, definida por Bertaglia (2016) como a etapa responsável por garantir a entrega “no tempo acordado e em perfeitas condições”, ao objetivo de realizá-la também com eficiência de custos. A discussão central é que a gestão logística contemporânea não busca otimizar cada função isoladamente, mas encontrar o ponto de equilíbrio que minimize o custo logístico total. O processo anterior, que priorizava unicamente a data de entrega, elevava significativamente esse custo. A roteirização e consolidação de cargas, ao gerenciar conscientemente esse trade-off, aproximaram a cooperativa do verdadeiro objetivo da logística: o equilíbrio ótimo entre nível de serviço e custo.

6. REFERÊNCIAS

BALLOU, Ronald H. *Gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento, organização e logística empresarial*. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2007.

BERTAGLIA, Paulo Roberto. *Logística e gerenciamento da cadeia de abastecimento*. 5. ed. São Paulo: Saraiva, 2016.

BIALOSKORSKI NETO, Sigismundo. Gobierno y papel de los cuadros directivos en las cooperativas brasileñas: estudio comparativo. *CIRIEC-España, Revista de Economía Pública, Social y Cooperativa*, n. 48, p. 225-241, 2004. Tradução. Acesso em: 23 maio 2025.

BOWERSOX, Donald J.; CLOSS, David J.; COOPER, M. Bixby. *Supply chain logistics management*. 1. ed. New York: McGraw-Hill/Irwin, 2002.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. *O que é agroindústria*. 2021a. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/agroindustria/o-que-e-agroindustria>. Acesso em: 18 out. 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. *Qual a finalidade da agroindústria*. 2021b. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/agroindustria/qual-a-finalidade-da-agroindustria>. Acesso em: 15 out. 2025.

CABRAL FILHO, Djalma Alves. *Gestão logística e tendências da logística 4.0*. Ponta Grossa, PR: Atena, 2023.

CHRISTOPHER, Martin. *Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos: criando redes de valor*. 4.ed. São Paulo: Cengage Learning, 2012. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/agroindustria/qual-a-finalidade-da-agroindustria>. Acesso em: 15 out. 2025. **FAVRO, Jackelline; ALVES, Alexandre Florindo.** Agroindústria: delimitação conceitual para a economia brasileira. *Revista de Política Agrícola*, v. 29, n. 3, p. 19, 2020. Disponível em: <https://rpa.sede.embrapa.br/RPA/article/view/1534>. Acesso em: 19 out. 2025.

GIL, Antonio Carlos. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008. **GO NETO, Sigismundo Bialoskorski.** Gobierno y papel de los cuadros directivos en las cooperativas brasileñas: estudio comparativo. *CIRIEC-España, Revista de Economía Pública, Social y Cooperativa*, n. 48, p. 225-241, 2004.

HISTÓRIA do cooperativismo. Sistema Ocesp. Disponível em: <https://www.sistemaocesp.coop.br/?a=pagina&c=2>. Acesso em: 14 maio 2025.

INTERNATIONAL COOPERATIVE ALLIANCE (ICA). *Cooperative identity.* [S. I.: s. n.], [s.d.]. Disponível em: <https://ica.coop/en/cooperatives/cooperative-identity>. Acesso em: 15 out. 2025. **KUSSANO, Marilin Ribeiro; BATALHA, Mário Otávio.** Custos logísticos agroindustriais: avaliação do escoamento da soja em grão do Mato Grosso para o mercado externo. *Gestão & Produção*, v. 19, p. 619-632, 2012.

LIMA, Eriksom Teixeira; FAVERET FILHO, Paulo de Sá Campello; PAULA, Sérgio Roberto Lima de. Logística para os agronegócios brasileiros: o que é realmente necessário? *BNDES Setorial*, Rio de Janeiro, n.12, p. 161-173, mar. 2000.

MARTINS, Eliseu. *Contabilidade de custos.* 9.ed. São Paulo: Atlas, 2003.

NAMORADO, Rui. *O essencial sobre cooperativas.* Lisboa:Leya, 2013.

NOVAES, Ubiratan M. G. *Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição: estratégia, operação e avaliação.* 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

ORGANIZAÇÃO DAS COOPERATIVAS BRASILEIRAS (OCB). *Ramos do cooperativismo.* [S.I.:s.n.],2024.Disponível em:<https://www.ocb.org.br>.Acesso em:

14 out.2025.

PINHO, Diva Benevides. *Cooperativismo no Brasil.* Anais... São Paulo: FEA-USP, 1989. Acesso em:14maio2025.

RICHARDSON, Roberto Jarry. *Pesquisa social: métodos e técnicas* .3. ed. São Paulo:Atlas, 1999.

SEVERINO, Antônio Joaquim. *Metodologia do trabalho científico.* 24. ed. São Paulo: Cortez, 2017.

SISTEMA OCB. *Cooperativismo.* [S. I.: s. n.], [s.d.]. Disponível em: <https://somoscooperativismo.coop.br/cooperativismo>. Acesso em: 15 out. 2025.

SOMOS COOP. *Conheça o Coop.* [S. I.: s. n.], [s.d.]. Disponível em: <https://www.somos.coop.br/conheca-o-coop>. Acesso em: 15 out. 2025.

SUTHIKARNNARUNAI, Nanthi. A sweep algorithm for the fleet size and mix vehicle routing problem. In: INTERNATIONAL MULTICONFERENCE OF ENGINEERS AND COMPUTER SCIENTISTS – IMECS, 2008, Hong Kong. *Proceedings.* Hong Kong: IAENG, 2008. v. II, p. 1914-1919. ISBN 978-988-170121-3. **WAGNER, George.** *Saiba o que são custos fixos e custos variáveis.* Sebrae, 2025.

Disponível em: <https://sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/ufs/ap/artigos/saiba-o-quesao-custos-fixos-e-custosvariaveis,7cf697daf5c55610VgnVCM1000004c00210aRCRD>. Acesso em: 18 out. 2025.