



Marcelo Antunes Caixão Zucarino

**Análise da Gestão de Frota Terceirizada:
Estudo de caso em uma empresa de Óleos Lubrificantes no
Brasil**

Dissertação de Mestrado (Opção Profissional)

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Logística, do Departamento de Engenharia Industrial da PUC-Rio

Orientador: Prof. Igor Tona Peres
Co-orientador: Prof. Rafael Martinelli Pinto

Rio de Janeiro,
setembro de 2024



Marcelo Antunes Caixão Zucarino

**Análise da Gestão de Frota Terceirizada:
Estudo de caso em uma empresa de Óleos Lubrificantes no
Brasil**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Logística, do Departamento de Engenharia Industrial da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo:

Prof. Igor Tona Peres

Departamento de Engenharia Industrial - PUC-Rio

Prof. Rafael Martinelli Pinto

Departamento de Engenharia Industrial - PUC-Rio

Prof. Marcelo Xavier Seeling

Departamento de Engenharia Industrial - PUC-Rio

Prof. Igor Leão dos Santos Montes

CEFET-RJ

Rio de Janeiro, 18 de setembro de 2024

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, da autora e do orientador.

Marcelo Antunes Caixão Zucarino

Graduou-se em Engenharia de Produção na UERJ (Universidade do Estado do Rio de Janeiro) em 2021. Mestrando em Engenharia de Produção pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio).

Ficha Catalográfica

Zucarino, Marcelo Antunes Caixão

Análise da gestão de frota terceirizada: estudo de caso em uma empresa de óleos lubrificantes no Brasil / Marcelo Antunes Caixão Zucarino ; orientador: Igor Tona Peres ; co-orientador: Rafael Martinelli Pinto. – 2024.

47 f. : il. color. ; 30 cm

Dissertação (mestrado)–Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Industrial, 2024.

Inclui bibliografia

1. Engenharia Industrial – Teses. 2. Distribuição. 3. Granel. 4. Lubrificantes. 5. Gestão de frota. I. Peres, Igor Tona. II. Pinto, Rafael Martinelli. III. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Industrial. IV. Título.

CDD: 658.5

Agradecimentos

Dada a trajetória e as dificuldades pelo caminho, tenho uma lista de pessoas a agradecer. Agradeço imensamente a Bianca, minha companheira, que me incutiu o desejo de fazer esse mestrado, que apoiou a minha decisão e me deu suporte ao longo de todo o percurso desde a graduação, até mesmo me dando consultas e dicas durante o mestrado. Sempre foi uma aluna exemplar e esforçada, obrigado por todo o apoio.

Para a minha mãe faço um agradecimento especial, que com muito esforço me apoiou de diversas formas em toda a minha trajetória, que em momentos de dúvida me incentivou a continuar e que sempre foi um exemplo de resiliência para mim.

Dentro da minha família tive diversos exemplos de sucesso e superação, que ao trilhar seus próprios caminhos, abriam a minha mente para possibilidades e que me ajudaram a moldar alguns dos meus objetivos através dos seus exemplos. Destaque especial para meu avô que não está mais entre nós, mas que sempre se preocupou com o meu futuro e sempre foi minha maior referência. Destaco também meus tios, tias e primos que sempre me desejaram o melhor e que neles tanto me espelhei pensando no meu próprio desenvolvimento.

Não posso deixar de mencionar meus amigos mais próximos que sempre me incentivaram, que dividiram uma cerveja gelada depois de um dia cansativo de trabalho e estudo. Nunca deixaram de lembrar de mim, mesmo quando eu não era mais tão frequente nos encontros, sei que estão felizes por mim assim como eu fico em observar suas conquistas.

Agradeço a todos os professores do mestrado por todo conhecimento que me passaram, especialmente ao Igor Peres e ao Rafael Martinelli, pela disposição em não me deixar abalar diante de percalços comuns a todos que se propõem a esse desafio.

Por fim agradeço a mim mesmo, por buscar apoio quando foi necessário, por entender minhas fortalezas e fraquezas, pela minha própria determinação em concluir e em consequência da jornada, por fazer escolhas difíceis em prol de conseguir alcançar esse objetivo.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Resumo

Zucarino, Marcelo Antunes Caixão; Peres, Igor Tona (Orientador); Pinto, Rafael Martinelli (Co-Orientador). *Análise da Gestão de Frota Terceirizada: Estudo de caso em uma empresa de Óleos Lubrificantes no Brasil*. Rio de Janeiro, 2024. 47p. Dissertação de Mestrado - Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

A presente dissertação aborda a análise do contingente atual e futuro da frota terceirizada utilizada pela empresa para a distribuição de óleo lubrificante a granel no Brasil. O objetivo central é propor uma melhor utilização dos recursos logísticos, visando ganhos operacionais e financeiros. Inicialmente, é destacada a importância dos óleos lubrificantes para veículos e equipamentos motorizados e a relevância do mercado de lubrificantes no contexto econômico brasileiro. Uma análise prévia fornecida pela companhia revelou que aproximadamente 55% do valor pago em contrato, valor referente a disponibilidade da frota, às transportadoras não vem sendo revertido em ganhos para a empresa. Evidenciando um *gap* na eficiência da operação. O objetivo dessa dissertação, portanto, é identificar as demandas e projetar cenários futuros para três propostas principais: reduzir a quantidade de veículos disponíveis, expandir a operação aumentando os volumes vendidos ou aplicar as duas propostas simultaneamente, reduzindo o contingente e aumentando os volumes vendidos. A proposta de expansão do volume vendido no contingente atual indicou um ganho superior à redução da frota, tendo sido considerados diversos custos e receitas, sendo, portanto, a opção recomendada. Este trabalho também contribui para a literatura acadêmica e para a prática empresarial ao fornecer uma visão abrangente sobre a gestão de frota terceirizada no contexto brasileiro de distribuição de óleos lubrificantes. Utilizando metodologias quantitativas, foram fornecidas recomendações práticas para otimizar operações logísticas, melhorando a competitividade e sustentabilidade da empresa. Ao final desse estudo foram observados possíveis estudos futuros, com o objetivo de aprofundar mais sobre o tema.

Palavras-chave

Distribuição, Granel, Lubrificantes, Gestão de frota

Abstract

Zucarino, Marcelo Antunes Caixão; Peres, Igor Tona (Orientador); Pinto, Rafael Martinelli (Co-Orientador). Analysis of Outsourced Fleet Management: Case Study in a Lubricating Oil Company in Brazil. Rio de Janeiro, 2024. 47p. Dissertação de Mestrado - Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

This dissertation addresses the analysis of the current and future contingent of the outsourced fleet used by the company for the distribution of bulk lubricating oil in Brazil. The main objective is to propose a better use of logistics resources, aiming at operational and financial gains. Initially, the importance of lubricating oils for vehicles and motorized equipment and the relevance of the lubricants market in the Brazilian economic context are highlighted. A previous analysis provided by the company revealed that approximately 55% of the amount paid in the contract, the amount referring to the availability of the fleet, to the transporters has not been reverted into gains for the company, highlighting a *gap* in the efficiency of the program. The objective of this dissertation, therefore, is to identify the demands and project future scenarios for three main proposals: reduce the number of vehicles available, expand the program by increasing the volumes sold or apply both proposals simultaneously, reducing the contingent and increasing the volumes sold. The proposal to expand the volume sold in the current contingent indicated a gain greater than the reduction of the fleet, having considered several costs and revenues, and is, therefore, the recommended option. This work also contributes to the academic literature and business practice by providing a comprehensive overview of outsourced fleet management in the Brazilian context of lubricating oil distribution. Using quantitative methodologies, practical recommendations were provided to optimize logistics operations, improving the company's competitiveness and sustainability. At the end of this study, possible future studies were observed, with the aim of further deepening the topic.

Keywords

Distribution, Bulk, Lubricants, Fleet Management

Sumário

1. INTRODUÇÃO	11
2. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA	15
3. REFERENCIAL TEÓRICO	20
3.1. SÉRIES TEMPORAIS E MODELOS DE PREVISÃO	20
3.2. MODELOS DE PREVISÃO	21
3.2.1. <i>ARIMA (AutoRegressive Integrated Moving Average)</i>	21
3.2.2. <i>SARIMA (Seasonal ARIMA)</i>	21
3.2.3. <i>ETS (Erro, Tendência e Sazonalidade)</i>	21
3.2.4. <i>NAIVE</i>	22
3.3. MÉTRICAS DE AVALIAÇÃO DE MODELOS DE PREVISÃO	22
3.3.1. <i>MAPE (Mean Absolute Percentage Error)</i>	22
3.3.2. <i>MAE (Mean Absolute Error)</i>	22
3.3.3. <i>RMSE (Root Mean Squared Error) e MSE (Mean Squared Error)</i>	23
3.4. CRITÉRIOS DE SELEÇÃO DE MODELOS	23
3.5. SIMULAÇÃO E MODELAGEM ESTOCÁSTICA	23
3.6. ANÁLISE DE SENSIBILIDADE	23
3.7. TESTES DE TENDÊNCIA E SAZONALIDADE	24
3.8. APLICAÇÃO DAS TÉCNICAS NO SETOR LOGÍSTICO	24
4. METODOLOGIA	26
5. RESULTADOS	32
5.1. PREVISÃO DA DEMANDA	32
5.2. SOLUÇÃO ANALÍTICA	38
5.3. MODELAGEM ESTOCÁSTICA COM SIMULAÇÃO	40
5.4. ANÁLISE DE SENSIBILIDADE	41
6. DISCUSSÕES	43
7. CONCLUSÃO	44
REFERÊNCIAS	46

Lista de figuras

Figura 1 - Média dos volumes transportados por mês.....	18
Figura 2 - Média dos volumes mensais transportados por ano	18
Figura 3 - Gráfico da função de autocorrelação (ACF).....	19
Figura 4 - Gráfico de decomposição de séries temporais aditivas	19
Figura 5 - Fluxograma metodológico	26
Figura 6 - Gráfico de previsão de demanda usando o método ARIMA	32
Figura 7 - Gráfico de projeção de demanda usando o método Naive	33
Figura 8 - Gráfico de previsão de demanda usando o método ETS	34
Figura 9 - Curva normal observada pelos dados reais.....	40
Figura 10 - Características da curva obtida e resultados de testes de aderência	41

Lista de tabelas

Tabela 1 – Indicadores e fórmulas.....	25
Tabela 2 - Resumo comparativo entre os métodos de projeção	34
Tabela 3 - Demanda projetada por caminhão	35
Tabela 4 - Percentual de utilização média por caminhão	35
Tabela 5 – Capacidade Mensal Total	36
Tabela 6 - Valor percentual de ociosidade média na operação de cada caminhão.....	36
Tabela 7 - Valor médio de dias gastos por cada rota realizada	37
Tabela 8 - Percentual de ociosidade considerando a projeção de demanda média	37
Tabela 9 - Percentual de ociosidade considerando LS da projeção de demanda	37
Tabela 10 - Utilização média dos dois veículos de menor capacidade	38
Tabela 11 - Capacidade Mensal Total dos dois veículos selecionados	38
Tabela 12 - Percentual de ociosidade com os dois veículos de menor capacidade	39
Tabela 13 - Utilização e Ociosidade com dois veículos de menor capacidade	39
Tabela 14 - Percentual de utilização, ociosidade e não atendimento	40
Tabela 15 - Capacidade atendida além da atual com três veículos	42
Tabela 16 - Capacidade atendida além da atual com dois veículos.....	42
Tabela 17 - Propostas e resultados financeiros.....	43

Lista de Abreviaturas e Siglas

ACF: AutoCorrelation Function

AIC: Akaike Information Criterion

ANFAVEA: Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores

ANP: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

ARIMA: AutoRegressive Integrated Moving Average

APROMAC: Associação de Proteção ao Meio Ambiente de Cianorte

BIC: Bayesian Information Criterion

CNT: Confederação Nacional do Transporte

CONAMA: Conselho Nacional do Ambiente

ERP: Enterprise Resource Planning

ETS: Error, Trend, Seasonal

GPS: Global Positioning System

LS: Limite Superior

MAE: Mean Absolute Error

MAPE: Mean Absolute Percentage Error

MSE: Mean Squared Error

NAIVE: Native Integrated Variable Extrapolation

RMSE: Root Mean Squared Error

SARIMA: Seasonal AutoRegressive Integrated Moving Average

SINDICOM: Sindicato Nacional das Empresas Distribuidoras de Combustíveis e de Lubrificantes

1. Introdução

Veículos como automóveis, ônibus, caminhões, motocicletas, barcos, trens e aviões, assim como uma variedade de equipamentos motorizados, possuem uma característica em comum: a necessidade de lubrificação, especialmente em seus motores, para garantir um funcionamento adequado (Associação de Proteção ao Meio Ambiente de Cianorte (APROMAC), 2007). A responsabilidade por essa lubrificação recai sobre os óleos lubrificantes, reduzindo atritos e mantendo a longevidade do maquinário.

O consumo global de óleos lubrificantes reflete as flutuações da economia e, por consequência, o tamanho da frota de veículos. O ano de 2023 se destacou positivamente para o mercado brasileiro de lubrificantes, que alcançou um volume de 1,49 milhões de metros cúbicos, representando um crescimento de 6,9% em comparação a 2022. Esse aumento está alinhado com os setores diretamente relacionados, como a indústria automotiva e os combustíveis líquidos, que também registraram resultados acima das expectativas, indicando um crescimento significativo (Belmiro, 2024). Além do setor automotivo, a demanda deste mercado também é impulsionada pelos setores industrial e agrícola.

O segmento de lubrificantes, essencial para o funcionamento de máquinas e motores, apresenta perspectivas positivas para 2024, com a ANFAVEA prevendo um crescimento de 6% na produção e venda de veículos em comparação ao ano anterior. O setor industrial, de modo geral, inicia o ano com otimismo em relação à taxa de juros, com projeções de crescimento entre 2,5% e 3%. Isso sugere um aumento nas vendas de produtos de maior qualidade e na demanda por óleos lubrificantes de menor viscosidade, resultando em um crescimento das importações de óleos básicos. O mercado brasileiro de lubrificantes tem demonstrado maturidade, e as melhorias na legislação e nos dados da ANP devem contribuir para um desenvolvimento ainda mais robusto, com números finais promissores (Belmiro, 2024).

Analisando o setor, a modalidade rodoviária é responsável por 65% de toda a movimentação de cargas no país, o que revela a importância econômica atrelada aos caminhões no transporte no Brasil (CNT, 2023).

No cenário econômico brasileiro, a logística apresenta-se como um fator crítico para o sucesso das empresas, especialmente em setores altamente competitivos e especializados, como o de óleos lubrificantes. Dessa forma, as empresas começam a valorizar a logística, reconhecendo que a eficiência desse setor pode proporcionar uma vantagem competitiva em relação aos concorrentes (Carvalho, 2004).

Segundo Figueiredo, Fleury e Wanke (2003, p. 27), o gerenciamento da cadeia de suprimentos envolve "a gestão dos fluxos de informações e produtos correlatos que se estendem do fornecedor ao cliente, acompanhados pelos fluxos financeiros correspondentes". Portanto, a gestão eficiente da cadeia de suprimentos é essencial para garantir a satisfação do cliente e a sustentabilidade do negócio.

O mercado brasileiro de óleo lubrificante é marcado por uma forte concorrência entre grandes players multinacionais e empresas nacionais, sendo os principais fabricantes associados ao SINDICOM (Sindicato das distribuidoras de combustíveis e lubrificantes), são eles: BR, Texaco, Ipiranga, Cosan/Mobil, Shell, Castrol, Petronas, Repsol e Total. Cada uma buscando aumentar sua participação de mercado através de inovações em produtos e serviços.

Além disso, o setor é regulamentado por normas ambientais rigorosas, que impõem requisitos específicos para a produção, armazenamento e transporte desses produtos (CONAMA, 2005). Esses fatores adicionam camadas de complexidade à operação logística, exigindo um planejamento meticuloso e uma execução eficiente. Neste contexto, uma empresa de óleo lubrificante situada no Brasil enfrenta desafios específicos relacionados à operação de distribuição a granel de seus produtos, que exigem uma análise detalhada e estratégica de sua frota terceirizada.

A distribuição a granel de óleos lubrificantes demanda um planejamento logístico robusto devido à natureza do produto e complexidade da distribuição (Araripe & Da

Rocha Kloeckner, 2017). Apesar de não ser um produto com características inflamáveis ou considerado perigoso, oferece risco a corpos hídricos e pode ocasionar acidentes quando derramado em superfícies devido a derrapagens (CONAMA, 2005). A operação, portanto, requer veículos especializados e bem mantidos para evitar contaminações e vazamentos, além de motoristas treinados para lidar com as atividades de carga e descarga.

O presente estudo tem como foco a análise do contingente atual e futuro da frota terceirizada utilizada por uma empresa, atuante no setor de óleo lubrificante brasileiro, para a distribuição de óleo a granel em território nacional, com o objetivo de propor uma melhor utilização dos recursos. A pesquisa identifica as demandas operacionais e projeta cenários futuros que permitam uma tomada de decisão informada e estratégica. Compreender as dinâmicas do mercado de transporte, as tendências de demanda por óleos lubrificantes e as capacidades dos fornecedores logísticos são aspectos centrais desta análise. O objetivo, portanto, é um ganho operacional e financeiro, reduzindo a frota se for possível e/ou expandindo a operação, assim reduzindo desperdícios de sobre capacidade e aumentando os lucros.

A empresa estudada adotou como estratégia a não utilização de frota própria, dessa forma utilizando frota terceirizada para suas operações. A empresa precisa garantir que os fornecedores de transporte atendam aos padrões de qualidade, segurança e pontualidade exigidos. A variação na disponibilidade e na qualidade dos serviços oferecidos por diferentes fornecedores pode impactar diretamente a eficiência da cadeia de suprimentos. Além disso, a gestão de contratos, a coordenação de operações e o monitoramento do desempenho da frota terceirizada são atividades que demandam um controle rigoroso e uma comunicação eficaz. Faz-se crucial que a empresa antecipe as necessidades futuras de sua frota para evitar lacunas de serviço e custos operacionais excessivos.

Através de análises prévias foram percebidos *gaps* nos contratos de transporte que oneram a empresa, como, por exemplo, uma disponibilidade de veículos prevista em contrato acima da necessidade mensal. Uma das propostas levantadas foi a possibilidade de redução na quantidade de veículos para estados com mais de um

caminhão e, conseqüentemente, reduzir os custos via renegociação de contrato. Outra foi expandir a operação em volumes vendidos até onde fosse possível atender com o efetivo atual, tendo como objetivo aumentar os lucros. Por fim, uma terceira proposta combinaria as duas anteriores, expandindo a operação, porém operando com o contingente reduzido.

Diante desses desafios, surge a pergunta de pesquisa central: Deve-se optar por expandir o alcance da operação, reduzir o efetivo para adequar melhor os custos ou pode-se usar uma estratégia combinada das duas propostas anteriores?

Esta dissertação contribui com a literatura acadêmica e com a prática empresarial ao oferecer uma visão abrangente sobre a gestão de frota terceirizada no contexto brasileiro de distribuição de óleos lubrificantes. Através de metodologias quantitativas, a pesquisa fornece recomendações práticas que auxiliem a empresa a otimizar suas operações logísticas, melhorando sua competitividade e sustentabilidade no mercado.

2. Descrição do problema

A operação de distribuição a granel de óleo lubrificante tem como objetivo proporcionar uma operação mais sustentável e eficiente para a empresa e seus parceiros. Entre os principais benefícios estão a redução significativa do uso de embalagens, o que diminui o impacto ambiental e os custos associados ao descarte de resíduos, promovendo uma operação mais sustentável e amigável ao meio ambiente. A utilização de rotas confiáveis e bem estabelecidas, combinada com um baixo tempo de carga e descarga, permite um reabastecimento mais rápido e eficiente, resultando em uma melhor gestão do tempo, recursos e otimizando toda a cadeia logística.

Os clientes recebem tanques e bombas em regime de comodato, eliminando o custo inicial de investimento em equipamentos especializados, o que facilita a adesão. A eficiência operacional e a redução de custos permitem oferecer um preço final mais competitivo aos clientes, aumentando a atratividade do produto no mercado. A operação também fortalece as relações com parceiros ao fornecer suporte técnico e logístico, além de fomentar uma colaboração mais estreita e duradoura.

Outro ponto positivo é a minimização dos riscos de avarias e desperdícios que ocorrem com o manuseio de embalagens menores, assegurando a integridade do produto até a entrega final. Além disso, os caminhões tanque compartimentalizados são menos suscetíveis a roubos devido à especificidade da carga.

A operação de distribuição a granel possui características específicas que garantem sua eficiência e segurança. A entrega dos produtos pode ser realizada tanto a partir dos distribuidores quanto diretamente da fábrica, sendo realizada por caminhões tanque compartimentalizados, que permitem o transporte de diferentes tipos de lubrificantes simultaneamente, otimizando as rotas e os custos logísticos. A qualidade do produto é garantida por medições realizadas a cada parada, assegurando que os lubrificantes atendam aos padrões exigidos até a entrega final.

A operação atua nas regiões Sul e Sudeste, abrangendo uma área estratégica para a distribuição de lubrificantes no Brasil. Embora os caminhões não sejam assegurados

devido à especificidade da carga, os veículos mais recentes são equipados com sistemas de GPS, telemetria e travas, aumentando a segurança e o controle durante o transporte. As bases operacionais estão localizadas em pontos estratégicos, o que facilita a distribuição eficiente e reduz os tempos de trânsito. Os clientes podem fazer pedidos flexíveis com um mínimo de litros necessário, de forma a viabilizar a operação. A operação requer menor espaço para armazenagem, permitindo um gerenciamento mais eficiente e ágil do estoque, adaptando-se rapidamente às demandas dos clientes, demandas essas que puxam toda a cadeia de produção reduzindo ineficiências de estoque.

O processo inicia-se com o cliente requisitando a entrega de um dos produtos oferecidos na modalidade granel. Se a região do cliente estiver dentro do estado onde a fábrica está situada, a entrega é realizada diretamente da fábrica. Para regiões fora desse estado, o pedido é atendido pelo distribuidor autorizado localizado na área correspondente. Não há sobreposição de zonas de atendimento entre os distribuidores e a fábrica, garantindo uma divisão clara e eficiente das áreas de atuação.

A fábrica realiza o reabastecimento dos distribuidores conforme a necessidade, transferindo o óleo diretamente para os pontos de distribuição. Todo o transporte é efetuado por transportadoras previamente selecionadas, utilizando caminhões designados para essa operação. Esses caminhões possuem compartimentos definidos para cada tipo de produto (compartimentos flexíveis) que necessitam de lavagem rigorosa entre transportes de diferentes produtos para evitar qualquer tipo de contaminação. Esse cuidado assegura que não haja mistura de produtos, mantendo a qualidade e a integridade dos óleos lubrificantes entregues aos clientes. A operação distribui onze produtos, contando com sete bases, distribuídas nas regiões sul e sudeste, e sete transportadoras contratadas, que disponibilizam um efetivo de treze veículos no total. Esses caminhões possuem capacidade entre 5.000 e 20.000 litros.

Em termos de demanda, a operação recebe, em média, aproximadamente nove pedidos por dia, com um desvio padrão de seis pedidos no estado em que o presente trabalho foi realizado. Esses dados indicam uma variabilidade significativa na quantidade de pedidos diários, refletindo flutuações na demanda que a empresa deve

gerenciar. A média de nove pedidos diários sugere um fluxo constante de operações, porém, o alto desvio padrão de seis mostra que pode haver dias com demandas muito acima ou abaixo da média, exigindo flexibilidade e capacidade de resposta rápida da frota e das bases operacionais para manter a eficiência e a qualidade do serviço.

Uma análise prévia, da própria empresa, constatou que em média cerca de 55% do valor pago em contrato às transportadoras, valor esse fixo de acordo com a disponibilidade de veículos à operação de distribuição graneleira, não vinha sendo revertido em ganhos para a empresa. Evidenciando um *gap* na eficiência da operação. Este fato motivou a pesquisa e a busca por melhorias. Três propostas foram sugeridas pela companhia: reduzir a quantidade de veículos disponíveis, expandir a operação aumentando os volumes vendidos ou combinar as anteriores reduzindo o contingente e aumentando o volume de vendas. Para avaliar essas propostas, foi escolhido o estado com a segunda maior disponibilidade de veículos, que conta com três caminhões dedicados a operação para ser o projeto piloto da proposta selecionada. A escolha do segundo maior estado em termos de efetivo, ao invés do estado com maior efetivo, deve-se a restrições políticas e empresariais. No entanto, como a base e o operador logístico do estado selecionado são ambos contratados, há maior flexibilidade para implementar ações visando uma ou outra proposta.

Outro fator preponderante para a região selecionada é de que apenas um produto corresponde a cerca de 95% da demanda, pois os demais produtos têm baixa penetração na região, portanto toda a capacidade dos caminhões é direcionada a esse produto, mesmo que os caminhões sejam compartimentalizados. Para os demais produtos (5%), é reservado um dia no mês para entrega de todos eles. Portanto, para efeitos de estudo, esse produto principal foi considerado o responsável por toda a demanda mensal, incorporando as demandas dos demais produtos ao seu volume demandado. Considerou-se ainda o mês sendo composto por 30 dias, dos quais um é dedicado ao envio dos demais produtos.

A análise da curva de demanda mensal da região escolhida, com dados coletados de janeiro de 2022 até abril de 2024, foi realizada para estimar a demanda média mensal

futura. O nível médio do volume ao longo do período foi de aproximadamente 89,2 mil litros, conforme apresentado na Figura 1.

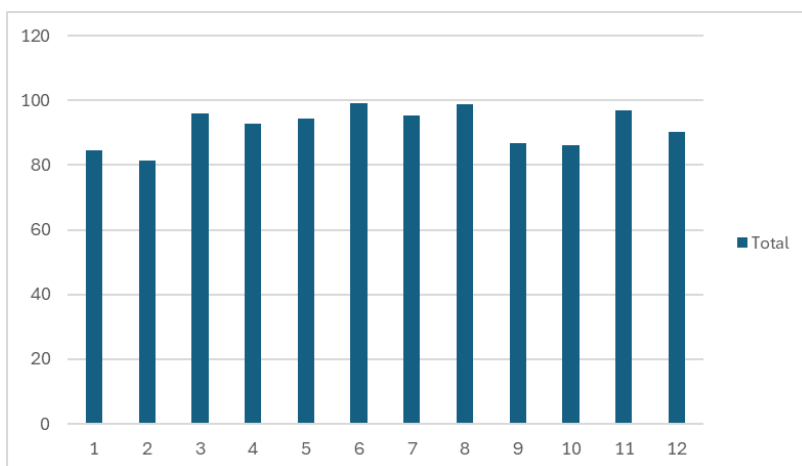


Figura 1 - Média dos volumes transportados por mês

A Figura 2 apresenta a análise da curva de demanda média obtida ao longo dos meses, levando-se em conta todo o período de 2022 e 2023, porém somente com o primeiro quadrimestre em 2024.

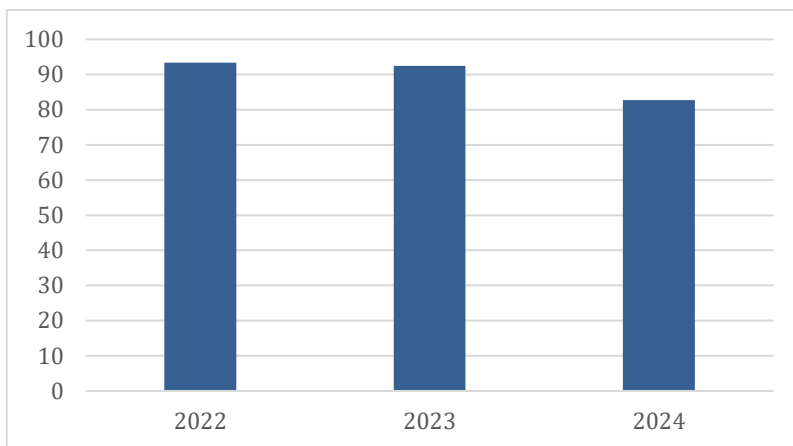


Figura 2 - Média dos volumes mensais transportados por ano

Foi verificada através da análise de autocorrelação a possibilidade de se identificar padrões temporais como sazonalidade e tendências. Como pode ser visto na Figura 3, aparentemente não há sazonalidade significativa e nem tendência aparente,

no entanto mais análises foram realizadas para chegar a uma conclusão. Apenas o lag 1 apresenta autocorrelação significativa, mas próxima do limite do intervalo superior.

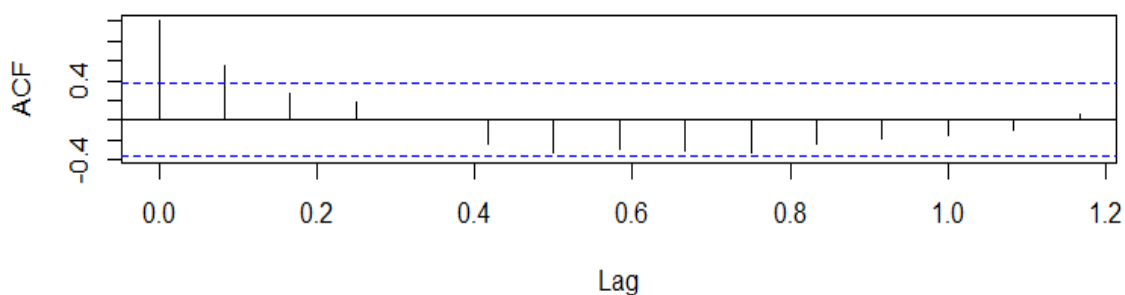


Figura 3 - Gráfico da função de autocorrelação (ACF)

Após os resultados obtidos com a ACF, prosseguiu-se com a decomposição da série temporal. Gerando quatro gráficos que consistem nas curvas: observada, de tendência, de sazonalidade e aleatória ou de ruído, conforme figura 4. Deixando mais visual a análise e já dando indícios de que de fato não havia tendência de crescimento ou decrescimento na curva histórica.

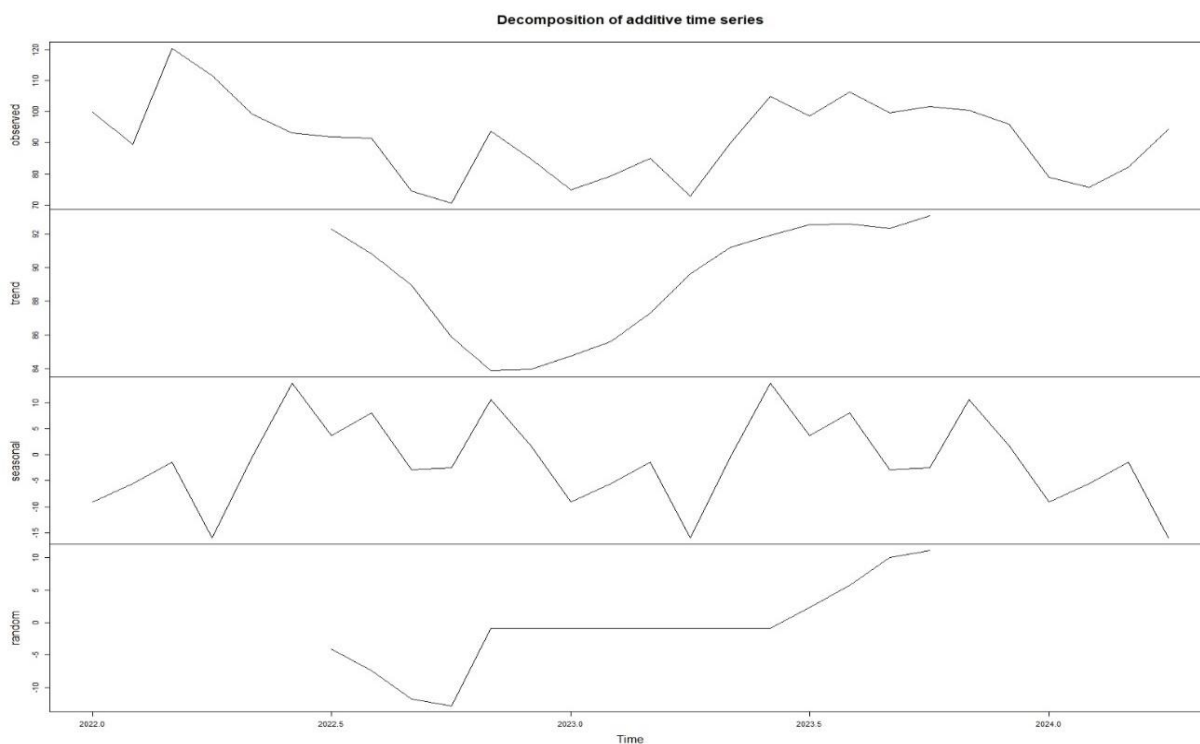


Figura 4 - Gráfico de decomposição de séries temporais aditivas

3. Referencial Teórico

O capítulo 3 tem como objetivo apresentar as bases teóricas que sustentam este estudo, dividido em oito seções principais. A seção 3.1 discute o conceito de séries temporais e a sua aplicação na previsão de demanda, abordando as características essenciais como tendência e sazonalidade. Na seção 3.2, são descritos os principais modelos de previsão, como ARIMA, SARIMA, ETS e Naive, detalhando suas vantagens e limitações. A seção 3.3 explora as métricas de avaliação de modelos preditivos, incluindo MAPE, MAE, RMSE e MSE, e como elas influenciam a escolha de modelos. A seção 3.4 apresenta os critérios de seleção de modelos, como AIC e BIC, para garantir a parcimônia dos resultados. A simulação estocástica é abordada na seção 3.5, com destaque para sua aplicação no ajuste de demanda incerta. A seção 3.6 trata da análise de sensibilidade, utilizada para avaliar o impacto de variações na demanda. Na seção 3.7, são discutidos testes de tendência e sazonalidade para identificar padrões de comportamento da demanda. Por fim, a seção 3.8 contextualiza a aplicação dessas técnicas no setor logístico de óleos lubrificantes, demonstrando a relevância prática dos modelos abordados.

3.1. Séries Temporais e Modelos de Previsão

A análise de séries temporais é uma técnica amplamente utilizada para prever valores futuros com base em padrões passados. Séries temporais referem-se a dados coletados em intervalos regulares de tempo, onde se busca identificar características como tendência, sazonalidade e ruído (Hyndman & Athanasopoulos, 2018). Para a previsão de demanda no setor logístico, métodos de séries temporais são essenciais para ajustar os recursos de forma eficiente e econômica.

3.2. Modelos de Previsão

Diversos modelos são aplicáveis na previsão de séries temporais, cada um com suas particularidades, vantagens e desvantagens.

3.2.1. ARIMA (AutoRegressive Integrated Moving Average)

O modelo ARIMA é um dos métodos mais populares para séries temporais. Ele combina três componentes principais: um modelo autorregressivo (AR), um modelo de médias móveis (MA) e uma parte de diferenciação (I) que visa tornar a série estacionária. O ARIMA é amplamente utilizado devido à sua capacidade de modelar séries temporais com tendências e variações autocorrelacionadas (Box & Jenkins, 1970). Esse método é apropriado quando a série não apresenta uma sazonalidade clara e visa capturar padrões lineares.

3.2.2. SARIMA (Seasonal ARIMA)

O modelo SARIMA é uma extensão do ARIMA, incorporando componentes sazonais. É especialmente útil quando os dados apresentam sazonalidade — ou seja, padrões que se repetem em intervalos regulares. O SARIMA é ideal para setores como o de lubrificantes, onde pode haver variações sazonais na demanda (Hyndman & Athanasopoulos, 2018).

3.2.3. ETS (Erro, Tendência e Sazonalidade)

O modelo ETS, que considera os componentes erro (E), tendência (T) e sazonalidade (S), é uma abordagem alternativa que não requer a estação de uma série temporal como o ARIMA. É mais flexível na identificação e tratamento de tendências e sazonalidades em séries com componentes não lineares (Hyndman & Athanasopoulos, 2018). O ETS é frequentemente utilizado em setores com variações estruturais, como o de transporte e logística.

3.2.4. NAIVE

O modelo Naive é um método simples de previsão, onde a suposição é que o valor futuro será igual ao último valor observado. Embora seja considerado rudimentar, é utilizado como uma linha de base para comparação de outros modelos (Makridakis et al., 1998). Sua simplicidade permite que se verifique a eficácia de modelos mais complexos, comparando-os com um ponto de referência.

3.3. Métricas de Avaliação de Modelos de Previsão

A escolha da métrica adequada é crucial para avaliar a qualidade das previsões. Diferentes métricas podem levar a resultados divergentes, o que pode complicar a escolha do melhor modelo para uma situação específica (Kolassa, 2020).

3.3.1. MAPE (Mean Absolute Percentage Error)

O MAPE é uma das métricas mais utilizadas, pois expressa o erro de previsão em termos percentuais, facilitando a compreensão e comparação entre diferentes modelos. Ele penaliza erros de forma assimétrica, aplicando penalidades diferentes para erros positivos e negativos, o que pode ser uma limitação (Makridakis, 1993). Apesar dessa limitação, o MAPE é popular por ser intuitivo e foi utilizado no estudo presente devido à sua facilidade de interpretação e utilidade em diferentes cenários, como no setor de transportes.

3.3.2. MAE (Mean Absolute Error)

O MAE é uma métrica simples que calcula a média dos erros absolutos. Uma das vantagens do MAE é que ele é robusto em relação a outliers, sendo menos sensível do que o MSE e o RMSE. No entanto, ele não distingue entre grandes e pequenos erros de forma tão eficaz quanto outras métricas (Hyndman & Athanasopoulos, 2018).

3.3.3. RMSE (Root Mean Squared Error) e MSE (Mean Squared Error)

Tanto o MSE quanto o RMSE são amplamente utilizados por penalizarem de forma mais agressiva grandes desvios, sendo apropriados em cenários onde erros maiores têm um impacto mais significativo. O RMSE é preferido quando se deseja expressar o erro em unidades comparáveis aos dados originais, enquanto o MSE é mais utilizado para fins comparativos de modelos (Hyndman et al., 2020).

3.4. Critérios de Seleção de Modelos

Além das métricas de erro, critérios como AIC (Akaike Information Criterion) e BIC (Bayesian Information Criterion) são empregados para escolher modelos que melhor se ajustem aos dados, levando em consideração a parcimônia. Modelos com valores menores de AIC e BIC são preferidos, pois indicam um equilíbrio entre precisão e simplicidade, evitando o overfitting (Lima Junior et al., 2013).

3.5. Simulação e Modelagem Estocástica

A modelagem estocástica é uma técnica poderosa para lidar com incertezas em processos logísticos. No presente estudo, foi utilizada a simulação estocástica através do software ARENA, onde foram aplicados dados de demanda ajustados por distribuições probabilísticas, identificadas por meio do Input Analyzer. Isso permitiu modelar a variação aleatória na demanda de transporte e projetar cenários robustos de operação com diferentes configurações de frota (Law, 2007).

3.6. Análise de Sensibilidade

A análise de sensibilidade é uma técnica que permite verificar como variações em variáveis de entrada afetam os resultados de um modelo. Neste estudo, a demanda foi aumentada em 50% e 25% em diferentes cenários para avaliar o impacto na capacidade da frota e no nível de serviço. Essa análise é fundamental para entender os limites operacionais da empresa e a capacidade de adaptação a flutuações de mercado (Martins & Hwang, 2015).

3.7. Testes de Tendência e Sazonalidade

A identificação de tendências e sazonalidade é essencial em séries temporais, especialmente para prever o comportamento futuro da demanda. O teste de Mann-Kendall (MK) foi utilizado para avaliar a presença de tendências nos dados, enquanto a decomposição da série temporal e a função de autocorrelação (ACF) permitiram identificar padrões sazonais e auto correlacionados (Araújo et al., 2015).

3.8. Aplicação das Técnicas no Setor Logístico

No contexto da logística de distribuição de óleos lubrificantes, a previsão de demanda e o dimensionamento da frota são cruciais para a eficiência operacional. O uso de modelos de séries temporais e métricas de desempenho preditivo oferece uma base sólida para decisões estratégicas, como a otimização da frota e a expansão das operações. A aplicação de simulação estocástica e análise de sensibilidade complementa esse processo, fornecendo insights valiosos sobre o comportamento do sistema em condições de incerteza. Na tabela 1, estão descritas as fórmulas utilizadas no estudo.

Indicador	Fórmula
Capacidade mensal total	$\frac{\text{Volume médio mensal transportado}}{\text{Percentual de utilização média por caminhão}}$
Capacidade utilizada média	$\frac{\text{Somatório dos volumes históricos transportados por caminhão}}{\text{Viagens realizadas no período por caminhão}}$
Demanda projetada limite superior por caminhão	$\text{Limite superior de demanda total projetada} \times \text{Percentual do volume}$
Demanda projetada por caminhão	$\text{Demanda média total projetada} \times \text{Percentual do volume}$
Nível de serviço mensal	$\frac{\text{Quantidade de meses com demanda acima do disponível}}{\text{Total de meses}}$
Percentual de não atendimento	$\frac{\text{Quantidade de dias utilizados}}{\text{Total de dias no mês}} - 1$

Percentual de ociosidade	$\frac{\text{Quantidade de dias ociosos}}{\text{Total de dias no mês}}$
Percentual de utilização média	$\frac{\text{Capacidade Utilizada Média}}{\text{Capacidade Total por caminhão}}$
Percentual do volume	$\frac{\text{Volume médio mensal transportado por cada caminhão}}{\text{Volume médio total transportado por mês}}$
Capacidade máxima de atendimento mensal por caminhão	$\text{Quantidade de Viagens disponíveis por mês} \times \text{Capacidade de cada caminhão Tanque}$

Tabela 1 – Indicadores e fórmulas

Este capítulo demonstrou a importância das técnicas quantitativas e metodologias aplicadas no estudo, justificando a escolha de cada abordagem com base em sua relevância para a tomada de decisão no contexto da empresa analisada.

4. Metodologia

Segundo Yin (2003), o uso do Estudo de Caso como ferramenta em trabalhos acadêmicos é especialmente recomendado quando se busca responder às questões de "como" e "por que" um processo ocorre ou deveria ocorrer. A principal pergunta do problema é:

- Deve-se optar por expandir o alcance da operação, reduzir o efetivo para adequar melhor os custos ou pode-se usar uma estratégia combinada das duas propostas anteriores?

Portanto, o estudo deve fornecer elementos que permitam responder à pergunta. Sua aplicação passa basicamente pelo planejamento e execução dos componentes: (1) Entendimento do contexto, (2) coleta de dados, (3) análise descritiva, (4) Previsão de demanda, (5) Solução analítica, (6) Modelagem Estocástica com simulação, (7) Análise de sensibilidade e (8) Conclusão, conforme representado na figura 5.

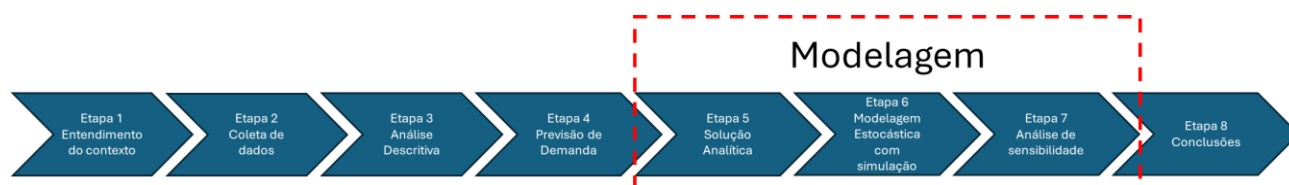


Figura 5 - Fluxograma metodológico

Etapa 1: entendimento do contexto

Uma vez que a formulação do problema partiu dos anseios da empresa em selecionar entre as alternativas para o prosseguimento da operação, o presente estudo deu sequência nos demais componentes do estudo de caso. Portanto, buscou-se entender mais sobre as relações entre os componentes do problema, sendo eles frota, capacidade dos caminhões, produto transportado, volume transportado, distância percorrida, quantidade de clientes atendidos por rota, jornada de trabalho, dias de

viagem e rota realizada. Todos esses dados foram evidenciados anteriormente na descrição do problema.

Etapa 2: coleta de dados

Para projetar a demanda do serviço de entrega de óleo lubrificante a granel, foi realizada uma coleta de dados no sistema *Enterprise Resource Planning* (ERP) da empresa, abrangendo o período de janeiro de 2022 a abril de 2024. O período escolhido se deu devido às falhas identificadas em extrações realizadas com períodos superiores. Os dados referentes ao histórico de produtos vendidos foram extraídos e consolidados mensalmente. Não foi necessário realizar tratamento nos dados, pois estes eram de origem confiável e estavam completos para o período selecionado.

Etapa 3: análise descritiva

Os dados coletados foram inicialmente inseridos no Microsoft Excel, onde foram analisadas as médias dos volumes transportados por mês e por ano. Essa análise preliminar teve como objetivo fornecer uma visão geral dos resultados, que seriam posteriormente avaliados de forma mais detalhada com a execução de scripts no *software* R. Nesse ambiente, foram calculadas as estatísticas descritivas da amostra, além de realizados testes de função de autocorrelação (ACF) e a decomposição da série temporal, permitindo a identificação de características importantes, como tendência, sazonalidade e ruído.

Etapa 4: previsão de demanda

Assim como na análise descritiva, a projeção da demanda futura foi realizada utilizando scripts no *software* R. Foram empregados os modelos de projeção ARIMA, SARIMA, ETS e NAIVE, com o objetivo de identificar o modelo mais adequado que fornecesse a melhor previsão de demanda.

Etapa 5: solução analítica

Analisando os dados de utilização de tanque e ociosidade, com relação aos dias não trabalhados disponíveis, foi possível observar configurações diferentes de frota a fim de reduzi-la o quanto fosse possível, dentro das restrições impostas.

Etapa 6: modelagem estocástica com simulação

Foi feita uma modelagem através da aplicação *Input Analyzer* dentro do *software* ARENA, onde pode-se identificar a curva mais aderente dentre diversas disponíveis. Uma vez ajustado a curva da distribuição da demanda, é possível utilizar esses dados para simular o valor do volume demandado mensal de forma aleatória.

Etapa 7: análise de sensibilidade

Utilizando os resultados obtidos pela simulação, foi acrescido 50% de demanda progressivamente para entender em que momento a frota de três veículos deixaria de atender a demanda com uma restrição de 1% de não atendimento, restrição imposta pela companhia de acordo com os custos extras em necessitar de fretes emergenciais para atendimento a esses clientes. A mesma simulação foi feita para dois veículos crescendo 25% progressivamente. Em ambos os casos, o objetivo foi perceber o quanto a demanda poderia ser acrescida com nível serviço se mantendo em 99%.

Etapa 8: conclusão

Utilizando-se de dados financeiros obtidos na empresa, e tendo esses dados sido normalizados com base no valor do contrato, foi possível averiguar qual proposta era a mais vantajosa para a companhia.

Foram necessários para a condução das etapas três a sete uma série de indicadores representados na tabela 1 apresentada anteriormente. Seu intuito foi de auxiliar na construção e comparação os resultados das propostas apresentadas.

No que tange à etapa quatro, cujo objetivo era a realização de uma previsão de demanda utilizando-se dos dados coletados. Para chegar ao método adequado de previsão a ser utilizado e considerando toda a distribuição de probabilidade, um modelo estatístico oferece uma abordagem mais abrangente e proveitosa para a previsão. Dessa forma capturando o valor esperado e a incerteza associada aos resultados futuros (Louro et al., 2023). Observando a literatura tradicional de séries temporais hierárquicas, os métodos ETS e ARIMA são modelos adequados e promissores para previsões dessas séries (Hyndman et al., 2017). O método *Naive*, também conhecido

como ingênuo, onde se repete o último valor obtido. Foi utilizado por ser um modelo mais simples e servir como parâmetro.

Para perceber na projeção que se havia alguma tendência à sazonalidade foi realizada a projeção SARIMA e a função de autocorrelação (AFC), a fim de identificar se o impacto dessa sazonalidade era relevante. Além disso, para identificar a presença de tendência nos dados, foi utilizado o teste de Mann-Kendall (MK). Caso o p-valor seja inferior a um valor crítico (por exemplo, 0,05), conclui-se que a série apresenta uma tendência (Araújo et al., 2015). Por fim, a sazonalidade da série temporal foi avaliada por meio de visualizações gráficas. Segundo Ackermann e Sellitto (2022), a sazonalidade é caracterizada por padrões consistentes que se repetem em intervalos de tempo específicos.

Várias métricas de avaliação foram propostas na literatura, cada uma com recomendações específicas de uso. No entanto, há um consenso de que todas elas apresentam vantagens e desvantagens. Isso complica a escolha da métrica mais adequada, pois diferentes métricas podem levar a conclusões divergentes sobre qual modelo é mais adequado para a previsão de séries temporais (Kolassa, 2020).

Adicionalmente, essas métricas apresentam diferentes níveis de robustez. Aquelas que utilizam a mediana são mais resistentes a *outliers* em comparação com aquelas que se baseiam na média (Hyndman & Athanasopoulos, 2018). Dessa forma impactando na decisão em caso de conflito entre resultados desses indicadores.

Entre os indicadores que podem ser empregados para avaliar a capacidade preditiva de modelos de séries temporais estão mais difundidos: *Mean Absolute Percent Error* (MAPE), *Mean Squared Error* (MSE), *Root Mean Squared Error* (RMSE) e *Median Absolute Error* (MAE), entre outros (Hyndman et al., 2020; Koutsandreas et al., 2022).

Em uma série temporal com n observações, o MAPE é amplamente utilizado por ser intuitivo e de fácil interpretação, já que expressa os erros em termos percentuais, facilitando a comparação entre diferentes previsões. No entanto, devido a essa

característica percentual, o MAPE aplica penalidades diferentes para erros positivos e negativos, tornando-o assimétrico. Para Makridakis (1993), essa assimetria representa uma séria limitação da métrica. Além disso, ele ressalta que o MAPE pode ser instável quando os desvios estão próximos de zero, o que compromete a precisão da análise em tais casos. No entanto, como os anseios de Makridakis não foram observados, o MAPE foi utilizado como uma das métricas para escolha do modelo mais aderente.

A métrica MSE, cuja raiz quadrada é chamada de RMSE, e a métrica MAE compartilham a mesma fundamentação. Enquanto o MSE avalia a qualidade preditiva em relação à média, o MAE analisa a acurácia em relação à mediana (Leal, 2023).

Os critérios AIC (Akaike Information Criterion) e BIC (Bayesian Information Criterion) têm como objetivo indicar o modelo mais parcimonioso, ou seja, aquele com o menor número de parâmetros. Esses critérios são baseados na variância estimada (σ) e no tamanho da amostra (n). O modelo que apresentar os menores valores de AIC e BIC será considerado o mais adequado para os dados (Lima Junior et al., 2013).

Tendo em vista todos esses critérios e métricas a disposição, e suas características, foram selecionadas para compor o quadro para a seleção do modelo as métricas MAE e MAPE, assim como também foram observados os resultados dos critérios AIC e BIC.

Durante as etapas que compõem a modelagem, de forma a verificar a validade das propostas, foram realizados dois cenários para a proposta que visava a redução da frota. Sendo eles de compostos por frotas de dois caminhões ou frota de um único caminhão, e uma simulação de risco de não atendimento utilizando a composição de frota atual com três veículos.

A análise de redução foi desenvolvida no Microsoft Excel, utilizando os resultados extraídos das projeções feitas no *software* R. Foram estipuladas e analisadas as métricas de utilização (média ocupada a cada rota dividindo pela capacidade total do tanque) e a ociosidade (quantidade de dias trabalhados mais as folgas obrigatórias dividido pelo total de dias no mês). Segundo Lima (2001, p. 127), o objetivo básico de

um processo de medição de desempenho é o alinhamento da capacidade com as demandas do mercado e dessa forma minimizar a ociosidade e desperdícios. No entanto a configuração de frota também tem um limite associado, ao ultrapassar o máximo de utilização ou o mínimo possível de ociosidade, respectivamente 100% e 0%, o sistema passa a não atender os clientes. Para esses casos, foi utilizado o percentual de não atendimento, pois até certo nível de serviço o não atendimento é aceitável.

Para avaliar a proposta de expansão da operação utilizando a frota atual, considerando acréscimo clientes atendidos e com máximo de 1% de não atendimento sendo permitido, restrição imposta pela companhia, foi feita uma simulação de clientes atendidos. Para tal simulação, a base utilizada foi a mesma da projeção de demanda inserindo-a no *software Input Analyzer* do ARENA.

5. Resultados

O capítulo 5 tem como intuito apresentar os resultados da pesquisa dividido em sete seções. A seção 5.1 apresenta os resultados obtidos através da previsão de demanda calculada com base no histórico. A seção 5.2 apresenta a solução analítica. A seção 5.3 apresenta a Modelagem estocástica com simulação. A seção 5.4 apresenta a análise de sensibilidade.

5.1

Previsão da demanda

Prosseguiu-se com a seleção entre alguns dos modelos mais usuais encontrados na literatura para esse tipo de estudo de caso, sendo eles: o ARIMA, o SARIMA, o NAIVE e o ETS.

O modelo ARIMA ajustado foi identificado como $(1,0,0)$ com média não nula, apresentando coeficientes significativos. O erro quadrático médio (RMSE) foi de 10,24. As previsões para os próximos 12 meses apontaram uma média de aproximadamente 92,1 mil litros, conforme figura 6.

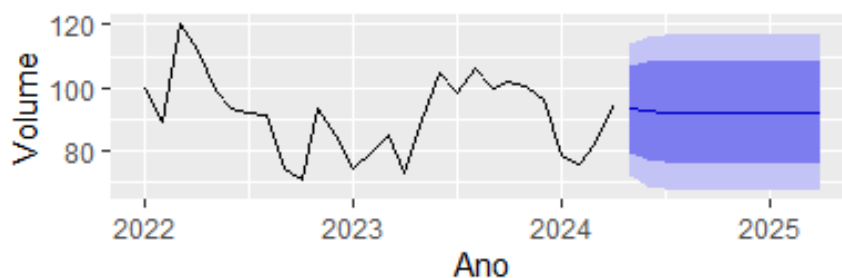


Figura 6 - Gráfico de previsão de demanda usando o método ARIMA

Além do ARIMA, o modelo SARIMA foi ajustado para considerar a sazonalidade da série. Os resultados foram semelhantes em termos de MAE e MAPE em comparação ao ARIMA simples. Deixando claro que a sazonalidade se comporta

mais como um ruído, não sendo significativa o suficiente para ser considerada pelo modelo. O teste de Mann-Kendall realizado indicou a ausência de tendência significativa ($p\text{-valor} = 0,54$), corroborando que a série não apresenta uma tendência de crescimento ou queda relevante.

Um modelo NAIVE também foi aplicado, conforme figura 7, para projetar a demanda dos doze meses seguintes, com resultados mostrando um MAE de 21,3, um MAPE de 21,73% e um RMSE de 23,44. Em contraste, o modelo ARIMA apresentou um MAE de 7,63, um MAPE de 8,61% e um RMSE de 10,24, evidenciando que o ARIMA superou o NAIVE em precisão.

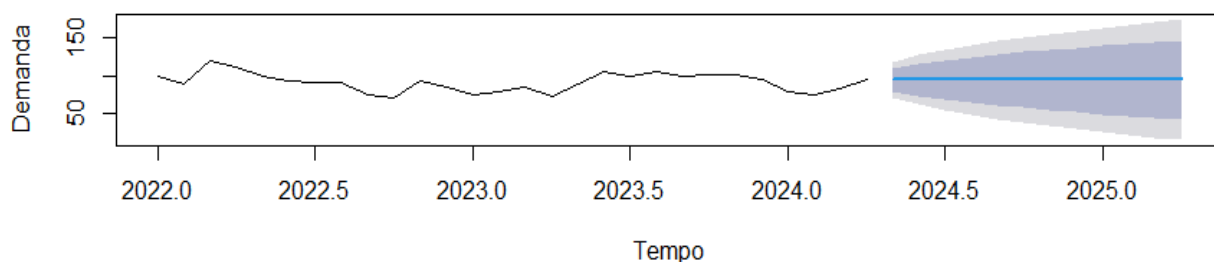


Figura 7 - Gráfico de projeção de demanda usando o método Naive

Por fim, um modelo ETS (*Exponential Smoothing State Space Model*) foi ajustado, resultando em ETS(A,N,N), conforme figura 8, com parâmetros de suavização onde α foi estimado em 0,6413 e um estado inicial I de 99,36. O RMSE do modelo ETS foi de 11,21, com um MAE de 8,69 e um MAPE de 9,72%, indicando uma precisão razoável, mas inferior ao ARIMA. O AIC do modelo ETS foi 234,64, refletindo a adequação do modelo aos dados.

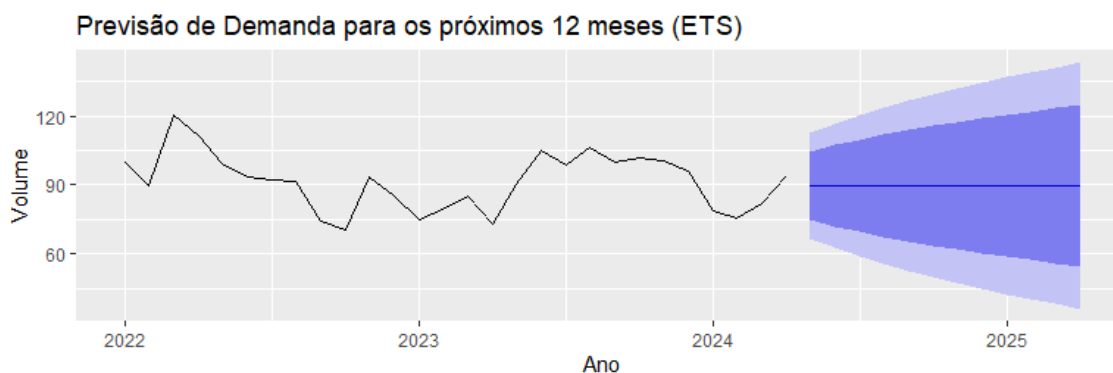


Figura 8 - Gráfico de previsão de demanda usando o método ETS

Com base nos erros de previsão e na análise de desempenho, apresentado na tabela 2, conclui-se que o modelo ARIMA é o mais adequado para a previsão da demanda mensal, proporcionando estimativas mais precisas. A abordagem com SARIMA não apresentou melhorias já que não havia sazonalidade comprovada. A inclusão do modelo ETS, apesar de fornecer uma alternativa válida, não superou a precisão do ARIMA. Portanto foram considerados os resultados da projeção obtida pelo método ARIMA.

Método	AIC	BIC	MAE	MAPE
NAIVE	-	-	21,30	21,73
ETS	234,64	238,64	8,69	9,72
ARIMA	216,08	220,07	7,63	8,61
SARIMA	216,08	220,07	7,63	8,61

Tabela 2 - Resumo comparativo entre os métodos de projeção

Devido a projeção possuir apenas o componente de nível, foi distribuído o valor de demanda mensal de 92,1 mil litros de óleo lubrificante (77,2 – 107,0) pelos três caminhões tanque de acordo com os percentuais obtidos através do histórico, somando suas capacidades utilizadas mensais médias. Dessa forma, foi possível obter os valores de percentual do volume transportado em cada caminhão e consequentemente o valor projetado para cada um nos meses seguintes. Na sequência, através do dado de amplitude, chegou-se aos limites totais mensais e, fazendo o mesmo cálculo realizado

para obter as demandas por caminhão, chegou-se às demandas máximas e mínimas esperadas, observado na tabela 3.

Caminhão	Vol transportado médio por mês	% do vol	Demanda projetada	Demanda Projetada Limite Superior	Demanda Projetada Limite Inferior
A	39.990	45%	41.292	47.979	34.605
B	17.815	20%	18.395	21.374	15.416
C	31.390	35%	32.412	37.661	27.163
TOTAL	89.195	100%	92.100	107.015	77.185

Tabela 3 - Demanda projetada por caminhão

Em seguida, observou-se a capacidade utilizada por cada caminhão, para compreender o percentual de utilização que a operação possui.

Em primeiro lugar, foi analisado o desempenho no cenário atual com três veículos. O cálculo realizado consistiu em obter o volume médio com que cada caminhão iniciava sua rota e posteriormente contrastar com a capacidade total do tanque. Dessa forma, chegou-se à conclusão de que os caminhões utilizam menos de 60% da sua capacidade em suas viagens, observado na tabela 4.

Caminhão	Capacidade utilizada média	Capacidade total	% Utilização média
A	5.938	14.800	40,1%
B	3.973	15.600	25,5%
C	4.099	7.400	55,4%
TOTAL	14.010	37.800	37,1%

Tabela 4 - Percentual de utilização média por caminhão

A capacidade mensal total esperada para cada caminhão, tendo como premissa o comportamento dos clientes atualmente, é calculada a partir da divisão do volume médio transportado por mês pelo percentual de utilização média do caminhão. Entendendo o perfil da demanda regional, em que geralmente o caminhão não tem demanda suficiente para encher todo o tanque. Usualmente por ter que atender as demandas dos clientes num curto período de dois a três dias em geral, é perceptível que

há plena capacidade disponível observada na tabela 5 para atender a demanda projetada. A capacidade mensal ainda seria capaz de atender a demanda mesmo que essa ficasse no seu nível superior projetado.

Caminhão	% Utilização média	Vol transportado médio por mês	Demanda projetada	Demanda Projetada Limite Superior	Capacidade Mensal Total
A	40,1%	39.990	41.292	47.979	99.674
B	25,5%	17.815	18.395	21.374	69.951
C	55,4%	31.390	32.412	37.661	56.672
TOTAL	37,1%	89.195	92.100	107.015	226.297

Tabela 5 – Capacidade Mensal Total

No entanto, é importante realizar uma análise com relação ao tempo necessário e disponível para executar a operação e se é de fato possível fazer uma redução na frota. Chegou-se à conclusão de que um dia sem realizar entregas corresponde a aproximadamente 3,3% de ociosidade no mês com 30 dias.

Levando-se em conta os dias trabalhados por cada veículo, tendo como premissa quatro folgas não trabalhadas no mês, aferiu-se a quantidade de tempo demandada pela operação. O restante, portanto, foi considerado tempo ocioso. Observa-se uma ociosidade dos caminhões A, B e C de 50%, 63% e 53%, respectivamente, conforme tabela 6.

Caminhão	Dias Trabalhados	Folgas	Dias no mês	Utilizado	Dias ociosos	%Ociosidade
A	11	4	30	15	15	50%
B	7	4	30	11	19	63%
C	10	4	30	14	16	53%

Tabela 6 - Valor percentual de ociosidade média na operação de cada caminhão

Dessa forma, também foi observado o *lead time* médio necessário para completar uma viagem, chegando ao valor aproximado de dois dias gastos por viagem realizada, observado na tabela 7. Entendeu-se que são necessários dois dias de trabalho para realizar uma rota e no mês tem 26 dias de trabalho a disposição da operação. Logo, a quantidade de viagens para cada caminhão varia entre zero e 13 viagens.

	A	B	C
Média dias gastos por viagem	1,8	1,4	1,5

Tabela 7 - Valor médio de dias gastos por cada rota realizada

Conclui-se que três caminhões atuando a uma demanda média histórica de 89,2 mil litros, conseguem atender o volume médio projetado mensal, 92,1 mil litros, simplesmente alocando mais viagens para os caminhões que somados precisam fazer mais 2,9 mil litros. Algo que uma viagem realizada pelo caminhão A a mais já tornaria possível. Observando a ociosidade e dada a razão de um dia ocioso equivale a três por cento da capacidade de tempo no mês, os dois dias necessários a mais para realizar a viagem e assim completar a demanda é facilmente realizável, conforme observado na tabela 8.

Caminhão	Dias Trabalhados	Folgas	Dias no mês	Utilizado	Dias ociosos	%Ociosidade
A	13	4	30	17	13	43%
B	7	4	30	11	19	63%
C	10	4	30	14	16	53%

Tabela 8 - Percentual de ociosidade considerando a projeção de demanda média

Para atender o nível superior da demanda projetada, 107 mil litros aproximadamente, seriam necessários 17,8 mil litros a mais do que a média trabalhada atualmente, que considerando apenas três viagens a mais de entregas realizadas pelo caminhão A, considerando a média transportada, e consequentemente mais seis dias trabalhados, seriam suficientes para o total atendimento, conforme demonstrados na tabela 9.

Caminhão	Dias Trabalhados	Folgas	Dias no mês	Utilizado	Dias ociosos	%Ociosidade
A	17	4	30	21	9	30%
B	7	4	30	11	19	63%
C	10	4	30	14	16	53%

Tabela 9 - Percentual de ociosidade considerando LS da projeção de demanda

5.2

Solução analítica

A primeira proposta consiste na redução da quantidade de caminhões. O primeiro cenário é composto apenas pelos caminhões A e C, sendo eles os menores caminhões do efetivo e tendo a demanda de B distribuída igualmente entre eles. Temos que as porcentagens de utilização média passam a ser respectivamente 53,5% e 82,2%, demonstrado na tabela 10. Portanto, ainda possível atender mesmo com a composição dos caminhões em capacidade volumétrica.

Caminhão	Capacidade utilizada média	Capacidade total	% Utilização média
A	7.924	14.800	53,5%
C	6.085	7.400	82,2%
TOTAL	14.010	22.200	63,1%

Tabela 10 - Utilização média dos dois veículos de menor capacidade

Observou-se também que as médias projetadas para cada caminhão, observada na tabela 11, continuariam sendo atendidas assim como o limite superior da projeção. Isso ocorre dado que a capacidade de ambos os caminhões excede o demandado nas duas demandas.

Caminhão	% Utilização média	Vol transportado médio por mês	Demanda projetada	Demanda Projetada Limite Superior	Capacidade Mensal Total
A	53,5%	48.898	50.490	58.667	99.674
C	82,2%	40.298	41.610	48.348	56.672
TOTAL	63,1%	89.195	92.100	107.015	156.347

Tabela 11 - Capacidade Mensal Total dos dois veículos selecionados

Avaliando a ociosidade, é percebida uma diminuição visto a necessidade de cobertura das rotas realizadas pelo caminhão B. O caminhão B realizava em média sete dias trabalhados por mês. Redistribuindo para os caminhões A e C, respectivamente, três e quatro dias de trabalho, chegamos ao resultado percentual de ociosidade de 40% para ambos os caminhões. Portanto esse cenário é tido como viável.

Para o cálculo do percentual de ociosidade média projetada, assumindo a premissa de manutenção da média percentual de utilização, são necessárias as mesmas

quantidades de viagens para atingir as demandas projetadas caso o foco fosse a utilização do caminhão A. Portanto, mais uma viagem seria necessária para atender a demanda média projetada e mais três viagens seriam necessárias para atender o limite superior da demanda projetada. Sendo assim, adicionando mais dois dias de trabalho para atendimento da demanda média projetada e mais seis dias para atender o limite superior projetado conforme demonstrado na tabela 12. Chegando-se aos resultados consolidados na tabela 13.

Atual						
Caminhão	Dias Trabalhados	Folgas	Dias no mês	Utilizado	Dias ociosos	%Ociosidade
A	14	4	30	18	12	40%
C	14	4	30	18	12	40%

Projetada						
Caminhão	Dias Trabalhados	Folgas	Dias no mês	Utilizado	Dias ociosos	%Ociosidade
A	16	4	30	20	10	33%
C	14	4	30	18	12	40%

Projetada com Limite Superior						
Caminhão	Dias Trabalhados	Folgas	Dias no mês	Utilizado	Dias ociosos	%Ociosidade
A	20	4	30	24	6	20%
C	14	4	30	18	12	40%

Tabela 12 - Percentual de ociosidade com os dois veículos de menor capacidade

Caminhão	% Utilização média atual	%Ociosidade média atual	%Ociosidade para média projetada	%Ociosidade para Limite Superior Projetado
A	53,5%	40%	33%	20%
C	82,2%	40%	40%	40%

Tabela 13 - Utilização e Ociosidade com dois veículos de menor capacidade

Para o segundo cenário de redução, foi proposto apenas um caminhão atuando na operação. No entanto, a soma dos dias trabalhados médios dos três caminhões inviabilizam qualquer que fosse a escolha de caminhão a permanecer atuante. A Tabela 14 mostra essa inviabilidade, demonstrando o resultado de ociosidade negativo, ou seja, seriam necessários mais dias para realizar as entregas. Dessa forma criaria um *backlog* de entregas mensal crescente, que à longo prazo torna a operação inviável.

Caminhão	Dias Trabalhados	Folgas	Dias no mês	Utilizado	Dias ociosos	%Ociosidade	% Não atendimento
A	34	4	30	38	-8	0%	-27%
B	34	4	30	38	-8	0%	-27%
C	34	4	30	38	-8	0%	-27%

Tabela 14 - Percentual de utilização, ociosidade e não atendimento

5.3

Modelagem estocástica com simulação

Para avaliar a proposta de expansão da operação utilizando a frota atual e considerando um acréscimo de clientes atendidos com um máximo de 1% de não atendimento permitido, restrição imposta pela companhia, foi realizada uma simulação de cenários de demanda.

Utilizando o programa *Input Analyzer* mencionado no método, conseguiu-se identificar a curva histórica de demanda mensal como sendo de propriedades semelhantes à de uma curva normal, conforme demonstrado na Figura 9. Utilizando a equação da curva fornecida pelo mesmo programa, foi feita uma simulação de volumes que os clientes demandam mensalmente.

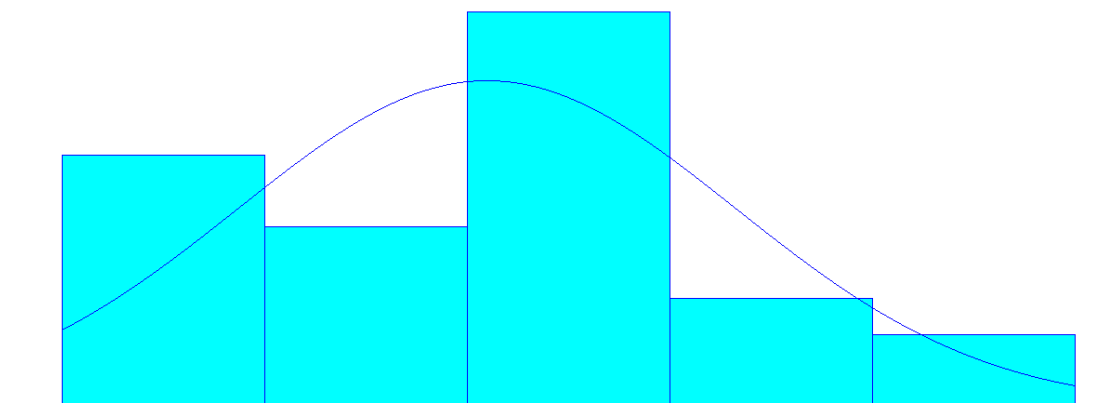


Figura 9 - Curva normal observada pelos dados reais

A análise dos resultados, fornecida pelo programa, conforme a Figura 10, indica que os dados seguem adequadamente uma distribuição normal, com média = 91,4 mil e desvio padrão = 12,3 mil, conforme evidenciado pelo baixo erro quadrático de 0,0354. O teste de Kolmogorov-Smirnov, indica que não há evidências suficientes para rejeitar a hipótese de que os dados seguem uma distribuição normal.

```

Sumário da Distribuição
Distribuição: Normal
Expressão: NORM(9.14e+004, 1.23e+004)
Erro quadrático: 0.035439

Teste do Chi-Quadrado
Número de intervalos = 3
Graus de liberdade = 0
Teste Estatístico = 1.04
P-value correspondente < 0.005

Teste de Kolmogorov-Smirnov
Teste Estatístico = 0.134
P-value correspondente > 0.15

Sumário dos Dados
Número de Pontos de Dados = 28
Valor Min nos Dados = 7.05e+004
Valor Max nos Dados = 1.2e+005
Média da Amostra = 9.14e+004
Desvio Padrão da Amostra = 1.25e+004

Sumário do Histograma
Intervalo do Histograma = 7.05e+004 to 1.2e+005
Número de Intervalos = 5

```

Figura 10 - Características da curva obtida e resultados de testes de aderência

5.4

Análise de sensibilidade

Ao identificar que a curva histórica mensal de demanda se assemelhava a uma normal e utilizando a equação da curva fornecida pelo programa, foram geradas 5000 demandas aleatórias de volumes mensais, posteriormente alocadas ao Microsoft Excel.

As demandas receberam acréscimos percentuais para identificar quanto de atendimento o sistema poderia atender a mais, respeitando a restrição de não atendimento.

Sabe-se que a capacidade dos veículos A, B e C, é respectivamente 14,8 mil litros, 15,6 mil litros e 7,4 mil litros e a quantidade de viagens disponíveis para cada caminhão varia entre zero e 13. Assumiu-se que, considerando o máximo de viagens disponíveis e que todos os caminhões saíssem do armazém com o toda a sua capacidade de tanque utilizada para realizar as entregas, a capacidade máxima de litros fornecida pelo armazém a seus clientes mensalmente seria de 491,4 mil litros de óleo lubrificante considerando os três veículos, já com os dois veículos A e C resultariam em uma capacidade máxima mensal de 288,6 mil litros.

Conforme a Tabela 15, pode-se concluir que o sistema atual comporta um acréscimo de 300% de utilização, desconsiderando outros fatores como tempo de execução da rota e mantendo a quantidade de viagens necessárias.

Capacidade máxima de 3 caminhões	50%	100%	150%	200%	250%	300%	350%	400%
491.400	0%	0%	0%	0%	0%	0%	7%	29%

Tabela 15 - Capacidade atendida além da atual com três veículos

Na sequência foi feita a mesma simulação utilizando o contingente dos dois carros selecionados na primeira proposta, porém os acréscimos percentuais foram de 25%, iniciando em 25% até alcançar 200%.

Conforme demonstrado na tabela 16, pode-se concluir que o sistema proposto com retirada do caminhão de maior capacidade comporta um acréscimo de 125% de utilização, desconsiderando outros fatores como tempo de execução da rota e mantendo a quantidade de viagens necessárias.

Capacidade máxima de 2 caminhões	50%	75%	100%	125%	150%	175%	200%
288.600	0%	0%	0%	0%	3%	14%	35%

Tabela 16 - Capacidade atendida além da atual com dois veículos

6. Discussões

Observando os resultados obtidos, temos três propostas viáveis entre as analisadas. A primeira considerando apenas uma redução de veículos, que possibilitaria uma negociação com o operador logístico para redução no custo do contrato em pelo menos 30%. A segunda que parte do pressuposto de manutenção do efetivo atual de veículos e ampliação de volume vendido aos clientes, aumentando o volume em aproximadamente 300%. Já a terceira proposta combina as duas anteriores, reduzindo o custo pela redução do efetivo com renegociação do contrato e aumentando o volume de venda em 125%. Através de dados obtidos com a empresa, que por questão de sigilo foram normalizados utilizando como base o valor do contrato, pode-se estimar o percentual de variação que cada ação tomada representa dentro da proposta. Por meio de um simples cálculo utilizando a margem do produto vendido foi aferido que, a cada 1000 litros vendidos, 1,11% do valor do contrato era acrescido no lucro da operação.

Considerando a redução no contrato de 30%, o aumento de lucro bruto em relação ao contrato e o custo de falta ou não atendimento, foi observado que a proposta de aumento de volumes vendidos mantendo o efetivo atual obteve o resultado mais satisfatório (Tabela 17). Agregando um lucro de 209,6% quando comparado ao valor de contrato praticado atualmente.

	Redução do efetivo para 2 caminhões	Aumento de Escopo utilizando 3 caminhões	Redução de efetivo com aumento de escopo
Redução no contrato	30,0%	0,0%	30,0%
Aumento de Lucro Bruto (Preço - Custo)	0,0%	305,6%	127,8%
Custo de Falta = -10% a cada 1000 Litros não entregue	0,0%	-96,0%	-48,8%
Aumento de Lucro esperado	30,0%	209,6%	109,0%

Tabela 17 - Propostas e resultados financeiros

7. Conclusão

O presente estudo realizou uma análise detalhada do contingente atual e futuro da frota terceirizada utilizada na distribuição de óleo a granel em território nacional, visando otimizar a utilização dos recursos. A pesquisa identificou as demandas operacionais e projetou cenários futuros para apoiar decisões estratégicas informadas. Compreender as dinâmicas do mercado de transporte, as tendências de demanda por óleos lubrificantes e as capacidades dos fornecedores logísticos foram aspectos centrais desta análise, que buscou alcançar ganhos operacionais e financeiros para a empresa, seja pela redução da frota ou pela expansão da operação, minimizando desperdícios de sobre capacidade e maximizando lucros.

A dissertação contribuiu para a literatura acadêmica e prática empresarial ao oferecer uma visão abrangente sobre a gestão de frota terceirizada no contexto brasileiro de distribuição de óleos lubrificantes. Utilizando metodologias quantitativas, a pesquisa forneceu recomendações práticas para a empresa otimizar suas operações logísticas, melhorando sua competitividade e sustentabilidade no mercado. A partir dos resultados obtidos através dos métodos utilizados, pode-se concluir que para o estudo de caso a proposta de expansão do volume vendido indica um ganho superior às demais, sendo, portanto, a proposta indicada.

Para futuros trabalhos, recomenda-se a análise de um período de dados mais extenso, o que pode proporcionar uma visão mais robusta das tendências e sazonalidades de longo prazo. Além disso, a integração com outros campos do conhecimento, como finanças e marketing, pode aprofundar as possibilidades e resultados das propostas. Por exemplo, a interação com finanças pode ajudar a identificar impactos econômicos mais amplos das mudanças na frota, enquanto a colaboração com marketing pode explorar estratégias para maximizar a aceitação da operação expandida e otimizar a comunicação com os clientes. Ainda sendo possível considerar a utilização de frotas terceirizadas e frotas próprias, avaliando os pontos positivos, negativos e melhores usos de cada uma.

Apesar do trabalho ter sido validado pela companhia, iniciando discussões e envolvendo outras áreas e parceiros acerca das possibilidades, entende-se que para outras localidades seria necessário abarcar diversos produtos sendo oferecidos. Resultando em compartimentalização de tanques, despesas e tempo extras para realização da operação, tornando a análise mais complexa por considerar mais variáveis. Por fim, modelos de roteirização aplicados ao problema também contribuiriam ao considerar as janelas de tempo de entrega e restrições de tráfego.

Referências

ACKERMANN, A. E. F.; SELLITTO, M. A. Métodos de previsão de demanda: uma revisão da literatura. *Innovar*, v. 32, n. 85, p. 83-99, 2022. DOI: <https://doi.org/10.15446/innovar.v32n85.100979>.

ARARIPE, Raynner Braga; DA ROCHA KLOECKNER, Natália Varela. Problema do caixeiro viajante (PCV) aplicado a otimização de roteiros de veículos de transporte rodoviário de uma distribuidora de óleo lubrificante a granel em Fortaleza e região metropolitana. *Revista de Engenharia da UNI7*, v. 1, n. 1, p. 137-185, 2017.

ARAÚJO, A. F.; SILVA, R. B.; OLIVEIRA, J. A. Identificação de tendências e sazonalidades em séries temporais através do teste de Mann-Kendall. *Revista Brasileira de Estatística Aplicada*, v. 37, n. 1, p. 45-59, 2015.

ARAÚJO, H. M. DE, TORRES, C., COSTA, F., ROBERTO, P.; TAVARES, L. (2015). Análise de tendência nas séries de precipitação na região metropolitana do Cariri – Ceará. XV SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE ANÁLISE, Anuais 2015, 1–10.

ASSOCIAÇÃO DE PROTEÇÃO AO MEIO AMBIENTE DE CIANORTE. Guia básico: gerenciamento de óleos lubrificantes usados ou contaminados. Portaria MMA n. 31, de 23 de fevereiro de 2007.

BELMIRO, Pedro Nelson. O mercado brasileiro de lubrificantes em 2023. *Revista Lubes em Foco*, n. 91, p. 4-8, 2024.

BOX, George EP et al. *Time series analysis: forecasting and control*. John Wiley & Sons, 2015.

CARVALHO, José Crespo de, *A lógica da logística*. Lisboa: Sílabo, 2004.

CNT. Pesquisa CNT de Rodovias 2023. Brasília: CNT, 2023.

CONAMA—Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução 362/2005: Regulamentação da Coleta, Transporte, Armazenamento e Destino Adequada dos Óleos Lubrificantes Usados e Contaminados. Brasília. 2005. Disponível online: http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=457 (acessado em 13 de julho de 2024).

FIGUEIREDO, K. F.; FLEURY, P. F.; WANKE, P. *Logística Empresarial : A perspectiva brasileira*. Centro de estudos em Logística – CEL. São Paulo: Atlas, 2003.

HYNDMAN, R. et al. *forecast: Forecasting functions for time series and linear models*, 2019, R package version 8.7. 2017.

HYNDMAN, R. J.; ATHANASOPOULOS, G. *Forecasting: principles and practice*. [S.l.]: OTexts, 2018.

HYNDMAN, R. J. et al. Time Series Forecasting of Price of Agricultural Products Using Hybrid Methods. *International Journal of Forecasting*, v. 36, n. 1, p. 1–19, 2020.

KOLASSA, S. Why the “best” point forecast depends on the error or accuracy measure. *International Journal of Forecasting*, v. 36, n. 1, p. 208–211, jan. 2020.

KOUTSANDREAS, D. et al. On the selection of forecasting accuracy measures. *Journal of the Operational Research Society*, v. 73, n. 5, p. 937–954, 2022.

LAW, A. M. *Simulation modeling and analysis*. 4. ed. McGraw-Hill, 2007.

LEAL, R. F. Análise de erro em previsões de séries temporais: uma abordagem comparativa. *Revista Brasileira de Modelagem Estatística*, v. 12, n. 3, p. 87-97, 2023.

LIMA, Orlando Fontes Jr. Análise e avaliação do desempenho dos serviços de transporte de carga. In: CAIXETA-FILHO, José Vicente. MARTINS, Ricardo Silveira (org.). *Gestão logística do transporte de cargas*. São Paulo: Atlas, 2001. cap. 5, p. 108-147.

LIMA JUNIOR, A. V. Et al.. Aplicação da metodologia Box e Jenkins na modelagem e previsão da série das despesas do governo com o Programa Bolsa Família. In: *Anais da III SEMANÍSTICA: Semana Acadêmica da Estatística da UFRGS e STATISTICS 2013 (Ano Internacional da Estatística 2013)*. Porto Alegre, outubro/2013.

LOURO, Paula Medina Maçaíra. *Projeção de demanda no canal Omnichannel de uma varejista*. 2023. Tese de Doutorado. PUC-Rio.

MAKRIDAKIS, Spyros. Accuracy measures: theoretical and practical concerns. *International journal of forecasting*, v. 9, n. 4, p. 527-529, 1993.

MAKRIDAKIS, Spyros; WHEELWRIGHT, Steven C.; HYNDMAN, Rob J. *Forecasting methods and applications*. John wiley & sons, 2008.

MARTINS, Eduardo Ferraz et al. Estudo estocástico de projeto: uma análise de sensibilidade com aplicação da simulação de Monte Carlo. *Revista ESPACIOS*| Vol. 36 (Nº 17) Año 2015, 2015.

YIN, R. K. *Case study research: design and methods*. 3. ed. Thousand Oaks: Sage Publications, Inc., 2003. 181 p.