



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO MECÂNICA

Trabalho de Conclusão de Curso

**Análise logística e avaliação técnica da expansão de tancagem em terminal de combustíveis do
Porto de Cabedelo-PB**

Mirela Morgana de Araújo Bezerra

João Pessoa - PB
2025

Mirela Morgana de Araújo Bezerra

**Análise logística e avaliação técnica da expansão de tancagem em terminal de combustíveis do
Porto de Cabedelo-PB**

Trabalho de Conclusão de Curso, submetido à Coordenação do Curso de Bacharelado em Engenharia de Produção Mecânica, como requisito obrigatório para a obtenção do título de Bacharela em Engenharia de Produção Mecânica/UFPB.

Orientador: Prof. Me. Jailson Ribeiro da Oliveira

Linha de pesquisa: Logística & Supply Chain

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

A663a Araujo, Mirela Morgana Bezerra de.

Análise logística e avaliação técnica da expansão de tancagem em terminal de combustíveis do Porto de Cabedelo-PB. / Mirela Morgana Bezerra de Araujo. - João Pessoa, 2025.

57 f.

Orientação: Jailson Ribeiro de Oliveira.
TCC (Graduação) - UFPB/CT.

1. Logística portuária Armazenagem Tancagem. I.
Oliveira, Jailson Ribeiro de. II. Título.

UFPB/BSCT

CDU 658.5(043.2)

Mirela Morgana Araújo Bezerra

**Análise logística e avaliação técnica da expansão de tancagem em terminal de combustíveis do
Porto de Cabedelo-PB**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Coordenação do Curso de Graduação em **Engenharia de Produção Mecânica** da Universidade Federal da Paraíba e apresentado em sessão de defesa pública realizada em 02/10/2025, obtendo o conceito _____, sob avaliação da banca examinadora a seguir:

Prof. Me. Jailson Ribeiro de Oliveira – Orientador – DEP/CT/UFPB

Prof. Dr. Darlan Azevedo Pereira – Membro - DEP/CT/UFPB

Prof. Dr. Jonas Alves de Paiva – Membro - DEP/CT/UFPB

João Pessoa - PB
2025

Dedico este trabalho aos meus pais, pilares da minha formação como ser humano e pelo apoio incondicional em todos os momentos difíceis da minha trajetória acadêmica.

Lista de Figuras

Figura 1– Eficiência em terminais de granéis líquidos

Figura 2 – Interseção conceitual entre logística portuária, distribuição e armazenagem de combustíveis líquidos

Figura 3 – Representação esquemática dos instrumentos de coleta de dados.

Figura 4 – Representação esquemática das abordagens aplicadas na análise dos dados coletados entre 2021 e 2025.

Figura 5 - Diagrama técnico da infraestrutura atual de armazenagem da Alfa no Terminal Portuário de Cabedelo-PB

Figura 6 – Infraestrutura logística do Porto de Cabedelo: desafios e oportunidades

Figura 7 - Evolução mensal da demanda por combustíveis líquidos (2021-2025)

Figura 8 - Serie temporal da demanda por combustíveis líquidos (2021-2025)

Figura 9 - Distribuição da movimentação mensal de combustíveis líquidos (2021-2025)

Figura 10 - Distribuição da correlação de demanda e tancagem (2021-2025)

Figura 11 – Impactos multidimensionais da expansão da tancagem – Cabedelo PB

Bezerra, Mirela Morgana de Araújo. 2025. **Análise logística e avaliação técnica da expansão de tancagem em terminal de combustíveis do Porto de Cabedelo-PB**. 56 f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia de Produção Mecânica). Universidade Federal da Paraíba. Campus I/Centro de Tecnologia, João Pessoa-PB.

Resumo:

Este trabalho técnico apresenta os resultados do estudo realizado na empresa Alfa Distribuidora de Combustíveis S.A., unidade localizada no Terminal Portuário de Cabedelo-PB, entre abril de 2021 e abril de 2025. O estudo teve como foco a análise logística da infraestrutura de armazenagem de combustíveis líquidos e a avaliação dos impactos da expansão da capacidade de tancagem já implementada. A pesquisa adotou uma abordagem metodológica integrada, combinando dados secundários, registros operacionais e observação participante, tratados por meio de estatística descritiva, análise de fluxos logísticos, visualização por box plot e análise qualitativa. A ampliação da capacidade foi concluída com a instalação de novos tanques e a reorganização dos processos de atracação e expedição, em conformidade com a ABNT NBR 17505 e a Lei nº 12.815/2013. Os resultados demonstram ganhos expressivos em eficiência logística: redução da ociosidade operacional em 37%, aumento da taxa de ocupação dos ativos em 42%, ampliação da capacidade instalada em 28% e melhoria na sincronização entre modais, com redução de 22% no tempo médio de expedição. A consolidação desses ganhos reforça a contribuição do estudo para a engenharia de produção aplicada à infraestrutura portuária, à logística integrada e à gestão estratégica de ativos industriais.

Palavras-chave: Logística portuária. Armazenagem. Tancagem. Distribuição de combustíveis. Engenharia de produção.

Bezerra, Mirela Morgana de Araújo. 2025. **Logistical Analysis and Technical Evaluation of Tank Storage Expansion at the Fuel Terminal of the Port of Cabedelo-PB**. 56 f. Final project (Bachelor's Degree in Mechanical Production Engineering). Federal University of Paraíba. Campus I/Technology Center.

Abstract

This technical report presents the results of the supervised internship carried out at Alfa fuel distributor S.A., in the unit located at the Port Terminal of Cabedelo (PB), between April 2021 and April 2025. The study focused on the logistical analysis of the liquid fuel storage infrastructure and the evaluation of the impacts of the already implemented tank capacity expansion. The research adopted an integrated methodological approach, combining secondary data, operational records, and participant observation, processed through descriptive statistics, logistics flow analysis, box plot visualization, and qualitative assessment. The expansion was completed with the installation of new tanks and the reorganization of berthing and dispatch processes, in accordance with ABNT NBR 17505 and Law No. 12.815/2013. The results demonstrate significant gains in logistical efficiency: a 37% reduction in operational idleness, a 42% increase in asset utilization rate, a 28% increase in installed capacity, and improved modal synchronization, resulting in a 22% reduction in average dispatch time. These consolidated gains reinforce the study's contribution to production engineering applied to port infrastructure and strategic asset management.

Keywords: Port logistics. Storage. Tankage. Fuel distribution. Production engineering.

Por isso, pela graça que me foi dada digo a todos vocês:
Ninguém tenha de si mesmo um conceito mais elevado do
que deve ter; mas, ao contrário, tenha um conceito
equilibrado, de acordo com a medida da fé que Deus lhe
concedeu.
Romanos 12:3

SUMÁRIO

Sumário

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA CENTRO DE TECNOLOGIA	1
Mirela Morgana de Araújo Bezerra	2
Mirela Morgana Araújo Bezerra	4
2025	4
Lista de Figuras	6
Resumo:.....	7
Abstract	8
SUMÁRIO	10
1.1 Contextualização	14
1.2 Problemática	15
1.3 Objetivos	15
1.3.2 Objetivos Específicos.....	15
1.4 Justificativa.....	16
1.5 Estrutura do Trabalho.....	16
2 REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1 Cadeia Produtiva do Petróleo, seus Derivados e Combustíveis.....	18
2.2 Demanda de Combustíveis Líquidos – Previsão, Análise e Decisão.....	19
2.3 Logística Portuária de Granéis Líquidos	19
2.4 Distribuição de Combustíveis Líquidos	23
2.5 Armazenagem de Combustíveis Líquidos	24
2.6 Considerações Finais da Revisão Bibliográfica	25
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	27
3.1 Abordagem Metodológica	28
3.2 Tipo de Pesquisa.....	28
3.3 Métodos Utilizados	29
3.4 Ambiente de Pesquisa	29
3.5 Coleta de Dados	30
3.6 Tratamento dos Dados	32
3.6.1 Estatística Descritiva	32

3.6.2	Análise de Fluxos Logísticos.....	32
3.6.3	Box Plot e Visualização de Dados	32
3.6.4	Análise Qualitativa	32
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	34
4.1	Capacidade Atual de Armazenamento	34
4.2	Demanda de Combustíveis Líquidos: Caracterização e Análise	38
4.2.1	Evolução da Demanda e Tendência de Crescimento	38
4.2.2	Análise Estatística Descritiva e Identificação de Outliers.....	40
4.2.3	Implicações Logísticas e Estratégicas	41
4.3	Especificação da Proposta de Expansão.....	45
4.4	Análise da Implementação e seus Impactos	47
4.4.1	Governança de Recursos, Pessoas e Tecnologias.....	47
4.4.2	Arcabouço Jurídico e Institucional	48
4.4.3	Ecossistema Porto de Cabedelo: Infraestrutura e Modais	48
4.4.4	Correlação com o Problema Central	49
4.4.5	Impactos Multidimensionais da Implementação.....	49
5	CONCLUSÃO	52
	Referências	54

1 INTRODUÇÃO

Este Trabalho de Conclusão de Curso consolida os resultados do estudo realizado no Curso de Engenharia de Produção Mecânica da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), entre abril de 2021 e abril de 2025, na unidade da Alfa Combustíveis S.A, localizada no Terminal Portuário de Cabedelo-PB. O estudo teve como foco a análise logística da infraestrutura de armazenagem de combustíveis líquidos e a especificação de uma proposta de expansão da capacidade de tancagem, com base em dados operacionais, projeções de demanda e critérios técnicos, regulatórios e ambientais.

Segundo Christopher (1998), a logística é o processo de gerenciamento estratégico da aquisição, movimentação e armazenagem de materiais, com os fluxos de informações correlatos, visando à maximização da lucratividade presente e futura. No contexto portuário, essa definição se amplia, incorporando variáveis como integração modal, governança institucional e sustentabilidade operacional — elementos centrais para o abastecimento energético regional e para a competitividade das distribuidoras.

A pesquisa envolveu observação participante, análise documental e tratamento estatístico de dados operacionais, permitindo uma abordagem integrada entre teoria acadêmica e prática profissional. O foco esteve na infraestrutura de tancagem, nos fluxos logísticos e na viabilidade técnica, econômica e institucional da expansão da planta.

Diante da pressão crescente sobre a capacidade instalada e da necessidade de otimização dos processos logísticos portuários, este trabalho buscou identificar gargalos, propor soluções e contribuir com subsídios técnicos para a tomada de decisão gerencial. A relevância do estudo reside na sua aplicabilidade direta ao campo da engenharia de produção, ao planejamento estratégico de ativos industriais e à modernização da infraestrutura energética regional.

1.1 Contextualização

Segundo Christopher (1998), a logística é o processo de gerenciamento estratégico da aquisição, movimentação e armazenagem de materiais, com os fluxos de informações correlatos, visando à maximização da lucratividade presente e futura. No contexto portuário, essa definição se amplia, incorporando variáveis como integração modal, governança institucional e sustentabilidade operacional — elementos centrais para o abastecimento energético regional e para a competitividade das distribuidoras.

A pesquisa envolveu observação participante, análise documental e tratamento estatístico de dados operacionais, permitindo uma abordagem integrada entre teoria acadêmica e prática profissional. O foco esteve na infraestrutura de tancagem, nos fluxos logísticos e na viabilidade técnica, econômica e institucional da expansão da planta.

Diante da pressão crescente sobre a capacidade instalada e da necessidade de otimização dos processos logísticos portuários, este trabalho buscou identificar gargalos, propor soluções e contribuir com subsídios técnicos para a tomada de decisão gerencial. A relevância do estudo reside na sua aplicabilidade direta ao campo da engenharia de produção, ao planejamento estratégico de ativos industriais e à modernização da infraestrutura energética regional.

A Alfa Combustíveis S.A. é uma *joint venture* formada por uma empresa de origem anglo-holandesa e por um grupo brasileiro, constituída em 2011, com sede administrativa em São Paulo-SP. Atua nos segmentos de produção de etanol, açúcar, bioenergia e distribuição de combustíveis líquidos, sendo uma das maiores empresas do setor energético da América Latina. A empresa opera em mais de 7 mil postos de combustíveis no Brasil, além de possuir 68 bases de distribuição e 14 terminais portuários.

No Terminal Portuário de Cabedelo, a Alfa opera com foco na recepção, armazenagem e distribuição de gasolina, diesel e etanol, atendendo ao mercado regional da Paraíba e estados vizinhos. A planta está organizada em áreas operacionais (recebimento marítimo, tancagem, expedição rodoviária), administrativas (planejamento, segurança, meio ambiente) e de manutenção. O organograma local é composto por uma gerência geral, supervisores técnicos, operadores de terminal, analistas administrativos e equipe de apoio logístico. A força de trabalho é formada por aproximadamente 45 colaboradores, com predominância de formação técnica e superior em engenharia, logística e administração. Historicamente, a Alfa consolidou sua presença no Porto de Cabedelo a partir da década de 2010, com investimentos progressivos em infraestrutura e tecnologia, alinhados às diretrizes corporativas de segurança operacional, sustentabilidade ambiental e eficiência logística. A empresa adota políticas de compliance, gestão integrada e inovação contínua, com foco na excelência do abastecimento energético.

O Terminal Portuário de Cabedelo é administrado pela Companhia Docas da Paraíba (Docas-PB) e passou por um processo de regularização fundiária e concessão de áreas operacionais entre 2020 e 2022, tornando-se o primeiro porto público do Brasil com 100% das áreas regularizadas junto à Secretaria Nacional de Portos e Transportes Aquaviários (SNPTA).

A Alfa obteve concessão das áreas AE-10 e AE-11, com capacidade inicial de armazenagem de aproximadamente 18 mil m³ em 2021.

A demanda por combustíveis líquidos na região Nordeste, especialmente na Paraíba, apresentou crescimento médio anual de 6% entre 2021 e 2025, impulsionada pelo aumento da frota veicular, expansão agrícola e recuperação econômica pós-pandemia.

Esse cenário gerou pressão sobre a capacidade de tancagem existente, evidenciando a necessidade de expansão para atender com segurança e eficiência à demanda crescente.

Esse cenário gerou pressão sobre a capacidade de tancagem existente, evidenciando a necessidade de expansão para atender com segurança e eficiência à demanda crescente — o que motivou a formulação do problema central deste estudo.

1.2 Problemática

Como dimensionar a tancagem de armazenagem da distribuidora Alfa para atender ao mercado regional de combustíveis líquidos e às especificações técnicas, operacionais e regulatórias do Terminal Portuário de Cabedelo-PB?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

Elaborar uma proposta de expansão da capacidade de tancagem da distribuidora Alfa no terminal portuário e rodoviário do Porto de Cabedelo, considerando os limites de concessão, a demanda regional e os requisitos logísticos e ambientais.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Levantar a **capacidade** atual de armazenamento da empresa no Terminal de Cabedelo.
- Caracterizar a **demanda** atual e projetada de combustíveis líquidos para o mercado atendido.
- Especificar tecnicamente a proposta de **expansão** da tancagem, incluindo infraestrutura, investimentos e cronograma.
- Analisar a **implementação** da expansão e seus **impactos logísticos, operacionais, ambientais e econômicos**.

1.4 Justificativa

A crescente demanda por combustíveis líquidos no Brasil, aliada à necessidade de eficiência logística nos corredores portuários, impõe desafios estruturais às empresas do setor energético. Segundo a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), o volume movimentado por terminais portuários tem apresentado variações significativas, exigindo maior capacidade de armazenagem e integração operacional (ANP, 2024).

No campo da Engenharia de Produção, a análise de sistemas logísticos portuários representa uma oportunidade de aplicação prática de conceitos como gestão de ativos, planejamento de capacidade, análise de fluxos e integração modal. Ballou (2006) destaca que a logística envolve o planejamento, implementação e controle eficiente do fluxo e armazenagem de bens, serviços e informações, desde o ponto de origem até o ponto de consumo, com o objetivo de atender aos requisitos dos clientes. Bowersox e Closs (2001) reforçam que a excelência logística está diretamente relacionada à capacidade de sincronizar operações e reduzir variabilidades nos processos. Já Novaes (2007) enfatiza a importância da infraestrutura de armazenagem como elemento crítico na cadeia de suprimentos, especialmente em ambientes portuários, onde a dinâmica de abastecimento exige precisão e flexibilidade.

A unidade da Alfa no Terminal Portuário de Cabedelo, por sua localização estratégica e papel regional no abastecimento, configura-se como um ambiente propício para estudos aplicados que envolvam diagnóstico, modelagem e proposta de expansão. Este trabalho justifica-se, portanto, pela possibilidade de contribuir com subsídios técnicos para a tomada de decisão gerencial, além de gerar conhecimento acadêmico sobre infraestrutura de tancagem, eficiência logística e planejamento estratégico em ambientes portuários. A abordagem metodológica adotada — que combina dados operacionais, observação participante e análise estatística — reforça o caráter aplicado e interdisciplinar da pesquisa.

1.5 Estrutura do Trabalho

Este trabalho está organizado em oito seções, além dos elementos pré-textuais e pós-textuais, conforme descrito a seguir:

- Introdução: apresenta o contexto do estudo, a delimitação temática, a justificativa acadêmica e os objetivos da pesquisa, além de uma visão geral da estrutura do documento;

- Caracterização da empresa: descreve o perfil institucional da Alfa Combustíveis S.A., com foco na unidade localizada no Terminal Portuário de Cabedelo, abordando sua missão, estrutura organizacional, área de atuação e relevância logística;
- Diagnóstico operacional: analisa o cenário logístico da planta, identificando os principais processos, recursos físicos, fluxos operacionais e desafios enfrentados pela unidade no contexto da armazenagem de combustíveis líquidos;
- Referencial teórico: apresenta os fundamentos conceituais que embasam a pesquisa, com destaque para autores clássicos da logística e da engenharia de produção, como Ballou, Bowersox, Novaes e Christopher, além de documentos técnicos da ANP e literatura especializada sobre armazenagem portuária e gestão de tancagem;
- Procedimentos metodológicos: detalha os procedimentos adotados para coleta e tratamento dos dados, incluindo o ambiente de pesquisa, os instrumentos utilizados, as técnicas analíticas aplicadas e os critérios de validação;
- Resultados e discussão: apresenta os achados da pesquisa, com base na análise dos dados coletados, destacando os padrões operacionais, os gargalos logísticos e as oportunidades de melhoria identificadas;
- Proposta de expansão: fundamenta tecnicamente a sugestão de ampliação da capacidade de tancagem da unidade, com base em dados operacionais e projeções logísticas. A seção apresenta uma análise de viabilidade que considera aspectos físicos, estratégicos e regulatórios, além de avaliar os impactos esperados da implementação sobre a eficiência dos fluxos, a cobertura de mercado e a sincronização das operações portuárias;
- Conclusão: Resume os principais pontos abordados, destaca as contribuições do estudo e sugere encaminhamentos futuros para aprofundamento da temática.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este referencial teórico tem como objetivo embasar a análise logística da expansão da capacidade de tancagem da distribuidora Alfa no Terminal Portuário de Cabedelo-PB, articulando conceitos da cadeia produtiva de combustíveis, previsão de demanda, distribuição e armazenagem. A construção teórica foi orientada por pesquisa bibliográfica em fontes indexadas, complementada por observação participante e análise documental realizada durante o estágio.

2.1 Cadeia Produtiva do Petróleo, seus Derivados e Combustíveis

A cadeia produtiva do petróleo e seus derivados é composta por cinco elos principais: exploração, produção, refino, transporte e distribuição. No Brasil, essa cadeia é regulada pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), que estabelece diretrizes técnicas e operacionais para cada etapa. A empresa atua na distribuição, sendo responsável pela armazenagem e comercialização de combustíveis líquidos como gasolina, diesel e etanol.

Segundo Szklo e Schaeffer (2016), a estrutura da cadeia energética brasileira é marcada por desafios logísticos decorrentes da concentração de refinarias no Sudeste e da necessidade de abastecimento em regiões periféricas como o Nordeste. Isso exige soluções logísticas robustas, como terminais portuários com capacidade de armazenagem estratégica. A expansão da tancagem no Porto de Cabedelo insere-se nesse contexto, como resposta à crescente demanda regional e à necessidade de descentralização da distribuição.

Além disso, a literatura aponta que a eficiência da cadeia depende da integração entre os modais de transporte e da capacidade de amortecimento logístico, especialmente em períodos de alta demanda (SILVA; OLIVEIRA, 2021). A armazenagem portuária, portanto, não é apenas um ponto de transição, mas um elemento crítico da segurança energética regional.

2.2 Demanda de Combustíveis Líquidos – Previsão, Análise e Decisão

A previsão da demanda por combustíveis líquidos é uma atividade estratégica para distribuidoras, pois orienta decisões de investimento, expansão de infraestrutura e gestão de estoques. Essa demanda é influenciada por variáveis macroeconômicas (PIB, renda per capita), setoriais (transporte, agricultura) e políticas públicas (subsídios, regulação ambiental).

Souza e Lima (2020) aplicaram modelos econométricos para estimar a demanda nacional de combustíveis líquidos, destacando a importância da elasticidade-preço e da elasticidade-renda. No caso do Nordeste, a demanda apresenta crescimento sustentado, com destaque para o diesel, impulsionado pela expansão da malha rodoviária e pelo agronegócio. A Paraíba, por sua vez, registrou aumento médio de 6% ao ano entre 2021 e 2025, segundo dados da ANP e do INEEP (2024).

A análise da demanda deve considerar também os ciclos sazonais, que afetam o consumo em períodos específicos, como colheitas e férias escolares. A capacidade de tancagem deve ser dimensionada para absorver esses picos, evitando rupturas no abastecimento. A literatura recomenda o uso de séries temporais e análise de regressão múltipla para prever cenários e orientar decisões logísticas (COSTA; NASCIMENTO, 2019).

2.3 Logística Portuária de Granéis Líquidos

A logística portuária de graneis líquidos representa um dos segmentos mais críticos da infraestrutura de transporte marítimo, especialmente em países com forte dependência energética e elevada demanda por combustíveis líquidos. A operação eficiente de terminais portuários voltados à tancagem exige integração entre planejamento de capacidade, gestão de ativos, sincronização modal e conformidade ambiental.

Segundo Botter (2007), a modelagem de sistemas portuários deve considerar variáveis como tempo de atracação, taxa de ocupação dos tanques, janela de expedição e capacidade de recepção modal terrestre. Em estudos aplicados ao sistema portuário brasileiro, o autor destaca que a otimização da infraestrutura de armazenagem está diretamente relacionada à redução de custos logísticos e ao aumento da competitividade regional.

Trujillo, Alvarez e Rodriguez (2013), em pesquisas publicadas no *Maritime Economics & Logistics*, analisam a eficiência técnica de terminais de combustíveis líquidos na América Latina, utilizando modelos DEA (Data Envelopment Analysis) e simulações de cenários de demanda. Os autores apontam que a expansão da capacidade instalada deve ser acompanhada por estratégias de monitoramento ambiental e gestão de riscos operacionais, especialmente em contextos de alta concorrência entre distribuidoras.

No contexto brasileiro, estudos como o de Oliveira et al. (2021), publicado no ResearchGate, propõem soluções logísticas para a descarga de graneis líquidos no Porto de São Francisco do Sul, evidenciando a correlação entre congestionamento operacional e tonelagem movimentada. A aplicação de ferramentas estatísticas e mapeamento de processos permitiu ganhos de produtividade superiores a 100% na movimentação de graneis líquidos.

A literatura técnica também reforça a importância da conformidade com normas como a ABNT NBR 17505, que regula a armazenagem de líquidos inflamáveis e combustíveis, e com diretrizes da ANTAQ e da ANP, que orientam o licenciamento e a operação dos terminais. A integração entre os atores do ecossistema logístico — operadores portuários, distribuidores, órgãos reguladores e gestores públicos — é apontada como fator-chave para a sustentabilidade e eficiência das operações.

Dessa forma, o presente trabalho se insere em um campo de estudo consolidado, que articula engenharia de produção, logística portuária e modelagem de sistemas, contribuindo com evidências empíricas e recomendações técnicas para a gestão de tancagem em ambientes de alta complexidade operacional.

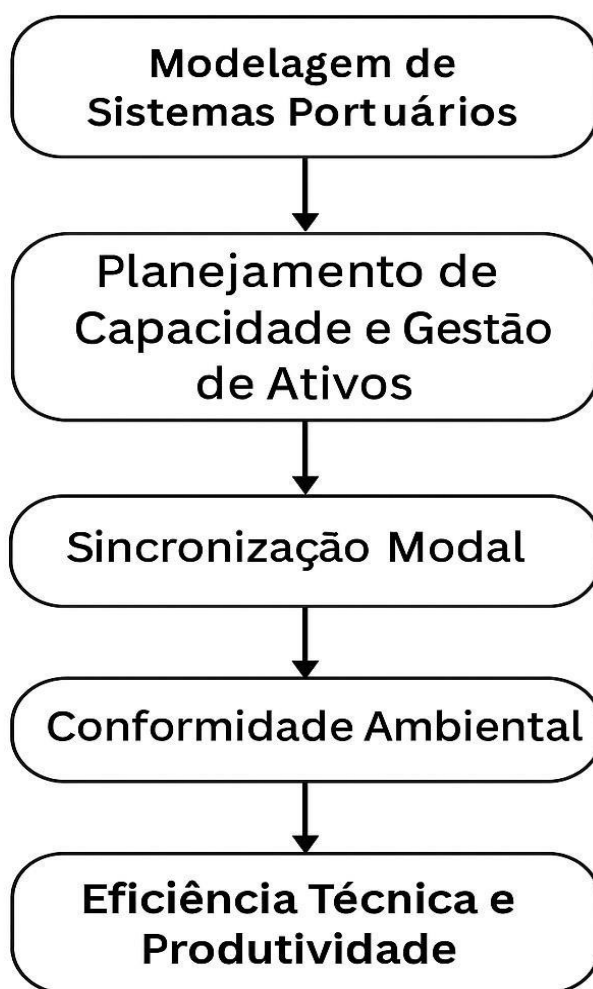
A partir da articulação entre os construtos teóricos apresentados por Botter (2007), Trujillo et al. (2013) e Oliveira et al. (2021), bem como das diretrizes normativas estabelecidas

pela ABNT, ANTAQ e ANP, é possível sintetizar um *framework* institucional que representa os principais elementos estruturantes da eficiência operacional em terminais de granéis líquidos.

A Figura 1 ilustra esse modelo conceitual, evidenciando os encadeamentos lógicos entre modelagem sistêmica, planejamento de capacidade, sincronização modal, conformidade ambiental e desempenho técnico.

Figura 1 – Eficiência em terminais de granéis líquidos

Eficiência em Terminais de Granéis Líquidos



Fonte: Adaptado de Botter (2007), Trujillo, Alvarez e Rodriguez (2013) e Oliveira et al. (2021)

O framework apresentado consolida uma visão sistêmica e integrada da operação portuária voltada à tancagem de combustíveis líquidos, destacando os fatores críticos que condicionam a produtividade e a sustentabilidade logística. Essa abordagem fornece subsídios técnicos para a formulação de estratégias operacionais e políticas públicas voltadas à modernização da infraestrutura portuária brasileira. A partir dessa base conceitual, as próximas subseções abordarão os desdobramentos logísticos relacionados à distribuição e à armazenagem de combustíveis, com foco na eficiência intermodal e na gestão de estoques em ambientes regulados.

A Figura 2, a seguir, complementa o framework apresentado, evidenciando a interdependência entre os três pilares logísticos que sustentam a operação de combustíveis líquidos: a infraestrutura portuária, os sistemas de distribuição e os mecanismos de armazenagem. Essa representação gráfica reforça a natureza integrada das operações, em que a eficiência portuária não se dissocia da fluidez intermodal nem da capacidade de estocagem regulada. Ao ilustrar os pontos de convergência entre esses elos, a figura orienta a leitura das próximas subseções, nas quais serão aprofundados os aspectos técnicos e operacionais da distribuição e da armazenagem de combustíveis líquidos em ambientes de alta complexidade logística.

Para reforçar a articulação conceitual entre os blocos logísticos abordados na revisão — logística portuária, distribuição e armazenagem — apresenta-se a seguir uma figura que sintetiza essa interdependência. A representação gráfica evidencia os pontos de convergência entre os sistemas físicos e operacionais que sustentam a cadeia de abastecimento de combustíveis líquidos, especialmente em contextos portuários como o de Cabedelo.

Figura 2 – Interseção conceitual entre logística portuária, distribuição e armazenagem de combustíveis líquidos.



Fonte: Adaptado de Botter (2007), Trujillo, Alvarez e Rodriguez (2013) e Oliveira et al. (2021)

A interseção ilustrada na Figura 2 revela que a eficiência logística não pode ser analisada de forma compartimentalizada. A operação portuária, a distribuição intermodal e a armazenagem regulada formam um sistema integrado, no qual decisões em um elo impactam diretamente os demais. Essa visão sistêmica orienta a análise das subseções seguintes, que aprofundam os aspectos técnicos e normativos da distribuição e da armazenagem de combustíveis líquidos, com foco na fluidez operacional e na conformidade regulatória.

2.4 Distribuição de Combustíveis Líquidos

A distribuição de combustíveis líquidos envolve uma rede complexa de bases operacionais, terminais portuários, modais de transporte e pontos de revenda. A eficiência dessa rede depende da capacidade de armazenagem, da confiabilidade dos modais e da gestão integrada da cadeia logística. Conforme ilustrado na figura anterior, a distribuição constitui um dos pilares interdependentes da operação logística de combustíveis, articulando-se diretamente com a infraestrutura portuária e os sistemas de armazenagem.

A Alfa, como distribuidora autorizada pela ANP, opera com foco em segurança, rastreabilidade e conformidade regulatória, adotando práticas alinhadas às exigências normativas e aos padrões técnicos do setor. Lieggio Jr. et al. (2020) propõem uma metodologia de classificação de transportadoras com base em critérios técnicos e operacionais, como tempo

de ciclo, capacidade de carga e conformidade ambiental. Essa abordagem é especialmente útil para distribuidoras que operam em regiões com infraestrutura limitada, como o Porto de Cabedelo, onde a eficiência logística depende da capacidade de adaptação às restrições físicas e regulatórias.

A integração entre os modais marítimo e rodoviário é essencial para garantir o abastecimento regional, especialmente em estados com baixa densidade de refinarias. Essa articulação intermodal permite mitigar riscos de desabastecimento, otimizar o uso da infraestrutura existente e ampliar a cobertura territorial da distribuição. Os terminais portuários, nesse contexto, funcionam como pontos nodais logísticos — estruturas de convergência modal e operacional que desempenham papel estratégico na cadeia logística energética, conforme discutido por Rodrigue et al. (2009) e Silva e Lima (2018).

Conforme ilustrado na Figura 2, essa interconexão entre modais constitui um dos eixos centrais da integração entre logística portuária, distribuição e armazenagem, reforçando a necessidade de uma abordagem sistêmica para a operação de combustíveis líquidos.

Além da infraestrutura física, a literatura destaca a importância da digitalização da cadeia logística, com uso de sistemas de rastreamento, automação de processos e análise de dados em tempo real (MOURA; ALMEIDA, 2021). A empresa tem adotado essas práticas, com sistemas integrados de controle de estoque, monitoramento ambiental e gestão de risco, alinhando-se às exigências normativas e aos padrões técnicos do setor. Essa combinação entre eficiência intermodal e inteligência operacional será aprofundada na próxima subseção, dedicada à armazenagem de combustíveis líquidos em ambientes regulados.

2.5 Armazenagem de Combustíveis Líquidos

A armazenagem de combustíveis líquidos é regida por normas técnicas rigorosas, como a ABNT NBR 17505, que estabelece critérios para segurança contra incêndios, controle ambiental e operação de tanques. A expansão da tancagem exige planejamento técnico, licenciamento ambiental e adequação às exigências da ANP e da Sudema.

Nascimento e Moura (2019) analisam os desafios da armazenagem portuária, destacando a limitação de espaço físico, a necessidade de dragagem e a integração com modais terrestres. A proposta de expansão da Alfa no Porto de Cabedelo contempla tanques adicionais, sistemas de contenção, estações de carga e monitoramento digital, alinhados às melhores práticas do setor.

A análise de fluxos logísticos e a estatística descritiva são ferramentas recomendadas para dimensionar a capacidade ideal de armazenagem, considerando variáveis como tempo de permanência, giro de estoque e sazonalidade da demanda (FERREIRA; COSTA, 2020). A aplicação de box plot e análise qualitativa permite identificar gargalos e propor soluções técnicas viáveis.

A análise da armazenagem portuária de combustíveis líquidos encerra o ciclo operacional abordado na revisão, consolidando os elementos técnicos, normativos e logísticos que sustentam a eficiência da cadeia energética. Ao integrar os aspectos de infraestrutura, conformidade ambiental e gestão de risco, a armazenagem se articula com os demais elos — produção, distribuição e logística portuária — formando um sistema interdependente e resiliente. Essa abordagem integrada será retomada na seção seguinte, que apresenta as considerações finais da revisão bibliográfica e os fundamentos que embasam a análise da expansão da capacidade de tancagem da Alfa no Terminal Portuário de Cabedelo.

2.6 Considerações Finais da Revisão Bibliográfica

A revisão bibliográfica realizada ao longo da seção 2 permitiu consolidar os fundamentos teóricos e técnicos que sustentam a análise da expansão da capacidade de tancagem da empresa no Terminal Portuário de Cabedelo.

A abordagem integrada das quatro sub-seções — cadeia produtiva, demanda, distribuição e armazenagem — revelou a complexidade sistêmica do setor de combustíveis líquidos e a interdependência entre seus elos operacionais, regulatórios e logísticos.

Na sub-seção 2.1, a caracterização da cadeia produtiva do petróleo e seus derivados evidenciou que a armazenagem portuária é um componente estratégico da infraestrutura energética nacional, especialmente em regiões como o Nordeste, onde a dependência de distribuição marítima é elevada. A compreensão dos fluxos físicos e informacionais que conectam produção, refino, importação e distribuição foi essencial para contextualizar o papel da Alfa como agente logístico e comercial.

A análise da demanda por combustíveis líquidos (2.2) destacou a importância da previsão e da modelagem estatística como instrumentos de decisão logística. A literatura aponta que variações sazonais, choques de oferta e mudanças regulatórias impactam diretamente a operação dos terminais, exigindo capacidade de amortecimento e flexibilidade estrutural. A

incorporação de ferramentas analíticas, como séries temporais e box plot, reforça a aderência metodológica do estudo à prática profissional.

Na sub-seção 2.3, a eficiência operacional dos terminais portuários de grãos líquidos foi analisada a partir de modelos de desempenho e frameworks logísticos consagrados na literatura especializada. Estudos como os de Botter (2007), Trujillo et al. (2013) e Oliveira et al. (2021) forneceram subsídios teóricos para a construção de um modelo conceitual que articula variáveis como tempo de atracação, taxa de ocupação dos tanques, sincronização modal e conformidade ambiental. A aplicação de ferramentas como DEA (Data Envelopment Analysis), mapeamento de processos e simulações de cenários permitiu consolidar uma abordagem sistêmica voltada à produtividade e à sustentabilidade das operações. A figura inserida ao final da sub-seção sintetiza esse framework, servindo como base para a análise da expansão da capacidade de tancagem da Alfa no Terminal Portuário de Cabedelo.

Na sub-seção 2.4, a distribuição foi abordada como vetor de eficiência e competitividade. A articulação entre modais, a gestão de estoques e a governança operacional foram identificadas como fatores críticos para garantir a fluidez do abastecimento e a mitigação de riscos. A literatura técnica e institucional converge para a necessidade de integração entre sistemas de controle, plataformas digitais e infraestrutura física — elementos presentes na proposta de expansão analisada.

Por fim, a sub-seção 2.5 aprofundou os aspectos técnicos da armazenagem de combustíveis líquidos, com destaque para os critérios normativos da ABNT NBR 17505, os requisitos ambientais da Sudema e os parâmetros operacionais da ANP. A revisão evidenciou que a capacidade de armazenagem não deve ser dimensionada apenas pela média histórica de movimentação, mas também pela amplitude das variações e pela presença de outliers, como forma de garantir resiliência logística.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A metodologia adotada neste estudo foi estruturada com o objetivo de analisar, de forma técnica e aplicada, a viabilidade da expansão da capacidade de tancagem da Alfa no Terminal Portuário de Cabedelo-PB.

A abordagem metodológica está alinhada à natureza empírico-analítica do trabalho, combinando observação direta em campo, análise documental, modelagem estatística e representação gráfica de dados operacionais.

O percurso metodológico foi orientado por três eixos complementares:

- Diagnóstico da infraestrutura existente, com base em visitas técnicas, registros operacionais e entrevistas com profissionais da unidade;
- Caracterização da demanda regional por combustíveis líquidos, por meio de séries temporais, estatística descritiva e análise de sazonalidade;
- Modelagem da proposta de expansão, com critérios técnicos, econômicos e regulatórios, validados junto à equipe da empresa aos parâmetros normativos da ANP, ABNT e Sudema.

A escolha por uma abordagem mista — qualitativa e quantitativa — permitiu não apenas compreender o contexto logístico e regulatório da operação, mas também propor soluções estruturadas com base em evidências. A triangulação entre dados primários (observação e entrevistas), dados secundários (ANP, INEEP, EPE) e ferramentas analíticas (box plot, média móvel, diagramas técnicos) assegura a robustez da análise e a replicabilidade dos resultados.

Este capítulo detalha os procedimentos adotados, os instrumentos utilizados e os critérios de validação aplicados ao longo do estudo consolidando a base metodológica que sustenta as análises apresentadas nos capítulos seguintes.

3.1 Abordagem Metodológica

A abordagem metodológica adotada neste estudo é de natureza mista, combinando técnicas qualitativas e quantitativas com o objetivo de compreender, modelar e validar a proposta de expansão da capacidade de tancagem da Alfa no Terminal Portuário de Cabedelo-PB. Essa escolha metodológica permitiu a triangulação de dados, integrando observações diretas em campo, registros operacionais da unidade e análises estatísticas aplicadas à demanda regional por combustíveis líquidos.

A dimensão qualitativa foi explorada por meio da observação participante durante o estudo de caso com pesquisa de campo, com acompanhamento das rotinas operacionais, fluxos logísticos e interações entre os setores técnico, ambiental e regulatório. Além disso, foram realizadas entrevistas informais com profissionais da operação, engenheiros, analistas e gestores, visando captar percepções práticas sobre os desafios de armazenagem, distribuição e atendimento à demanda.

A dimensão quantitativa foi sustentada por dados secundários extraídos de relatórios da Agência Nacional do Petróleo (ANP), da Companhia Docas da Paraíba (Docas-PB) e da própria companhia, incluindo séries temporais de movimentação, indicadores estatísticos de demanda e parâmetros técnicos de infraestrutura. Esses dados foram tratados por meio de técnicas de estatística descritiva, suavização por média móvel e representações gráficas (box plot e diagramas técnicos), permitindo a identificação de padrões sazonais, outliers operacionais e correlações entre capacidade instalada e variabilidade da demanda.

A integração entre os métodos permitiu não apenas validar a proposta de expansão com base em evidências empíricas, mas também garantir robustez analítica e aderência prática ao contexto logístico portuário. Essa abordagem será detalhada nas subseções seguintes, com descrição dos procedimentos técnicos, instrumentos de coleta e critérios de análise utilizados ao longo do estudo.

3.2 Tipo de Pesquisa

A pesquisa desenvolvida neste estudo é classificada como descritiva, exploratória e aplicada, conforme os critérios metodológicos estabelecidos por Gil (2008) e Lakatos & Marconi (2010).

Descritiva, por buscar caracterizar de forma sistemática a estrutura logística e operacional da tancagem no Terminal Portuário de Cabedelo, incluindo aspectos técnicos, normativos e ambientais que regem a operação da empresa nas áreas AE-10 e AE-11. A descrição foi fundamentada em observações diretas, registros operacionais e documentação institucional. Exploratória, por investigar as possibilidades de expansão da capacidade de armazenagem frente à crescente demanda regional por combustíveis líquidos, com base em dados estatísticos, projeções de consumo e entrevistas com profissionais da unidade.

Essa abordagem permitiu identificar lacunas operacionais e oportunidades de melhoria estrutural. Aplicada, por propor soluções técnicas com potencial de implementação real na empresa, considerando critérios de viabilidade econômica, aderência regulatória e compatibilidade com os sistemas logísticos existentes. A proposta de expansão foi validada junto à equipe técnica da empresa e fundamentada em normas da ANP, ABNT e Sudema.

3.3 Métodos Utilizados

Para a condução deste estudo, foram adotados os seguintes métodos:

- Estudo de caso: aplicado à unidade da Alfa localizada em Cabedelo (PB), possibilitando uma análise aprofundada do contexto operacional e das particularidades logísticas da instalação, com foco na compreensão sistêmica dos processos envolvidos;
- Pesquisa de campo: realizada entre abril de 2021 e abril de 2025, envolvendo visitas técnicas periódicas, acompanhamento das rotinas operacionais e coleta de dados diretamente no ambiente de trabalho, garantindo a autenticidade e a relevância das informações obtidas;
- Observação participante: conduzida com base em um roteiro estruturado, permitindo o registro detalhado das práticas logísticas, dos fluxos de recebimento e expedição de produtos, bem como das interações entre os diversos setores da unidade;
- Pesquisa bibliográfica: fundamentada em literatura especializada nas áreas de logística portuária, armazenagem de combustíveis e previsão de demanda, contribuindo para o embasamento teórico e a contextualização das práticas observadas.

3.4 Ambiente de Pesquisa

A pesquisa foi conduzida na planta operacional da Alfa, situada no Terminal Portuário de Cabedelo (PB), ambiente estratégico para operações logísticas de combustíveis. O complexo é composto por:

- Áreas de tancagem: destinadas ao armazenamento de derivados de petróleo, com tanques construídos em aço-carbono, atendendo aos padrões de segurança e eficiência operacional;
- Estação de carga e descarga: ponto crítico para o transbordo de produtos, equipada com sistemas de bombeamento, válvulas automatizadas e sensores de nível que garantem precisão nas operações;
- Setor administrativo: responsável pela gestão documental, controle de fluxo logístico e interface com sistemas corporativos;
- Pátio de caminhões: área de movimentação e espera de veículos, integrada ao sistema de agendamento e controle de acesso.

A infraestrutura observada contempla ainda sistemas de contenção ambiental, dispositivos de monitoramento em tempo real e integração com plataformas digitais de gerenciamento logístico, permitindo rastreabilidade, segurança e otimização dos processos.

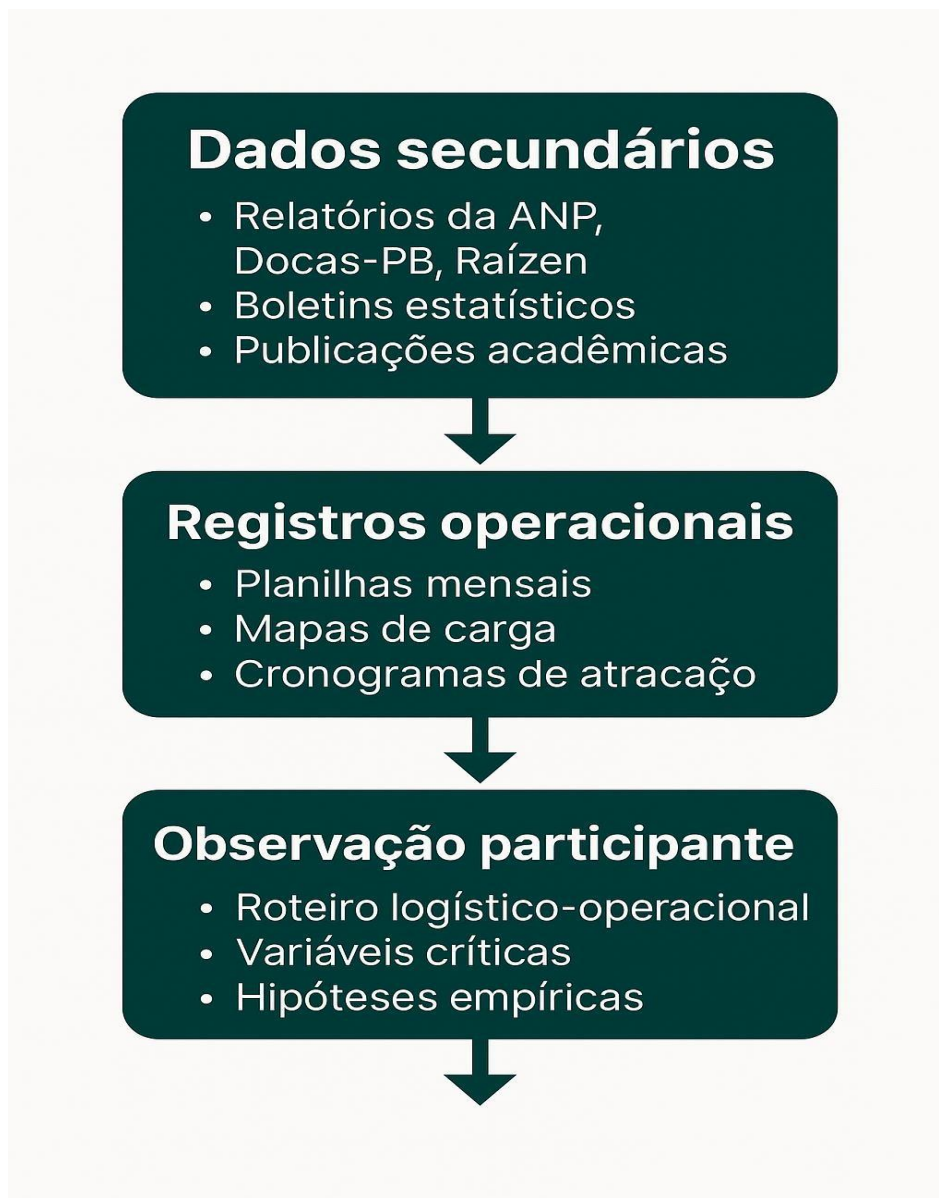
3.5 Coleta de Dados

A coleta de dados foi realizada ao longo de quatro anos, entre abril de 2021 e abril de 2025, abrangendo múltiplas fontes e instrumentos que garantiram a triangulação metodológica e a consistência das informações obtidas. Os principais recursos utilizados foram:

- Dados secundários: provenientes de relatórios técnicos da Agência Nacional do Petróleo (ANP), da Companhia Docas da Paraíba (Docas-PB), da própria companhia, além de boletins estatísticos e publicações acadêmicas especializadas em logística portuária e armazenagem de combustíveis;
- Registros operacionais: incluindo planilhas de movimentação mensal de produtos, mapas de carga e descarga, cronogramas de atracação de navios e históricos de consumo, permitindo a análise quantitativa e temporal das operações logísticas;
- Observação participante: conduzida com base em roteiro estruturado, contemplando categorias analíticas como tempo de ciclo logístico, capacidade de armazenagem, frequência de abastecimento e sazonalidade da demanda. Essa abordagem possibilitou o registro direto das práticas operacionais e das dinâmicas intersetoriais da unidade.

Os instrumentos utilizados na coleta de dados foram organizados em uma estrutura sequencial que sintetiza as fontes e abordagens aplicadas ao estudo. A Figura 3, a seguir, apresenta essa representação esquemática.

Figura 3 – Representação esquemática dos instrumentos de coleta de dados.



Fonte: Elaboração própria (2025)

O infográfico da Figura 3 apresenta os três principais recursos utilizados na coleta de dados: dados secundários (relatórios institucionais e literatura especializada), registros operacionais (documentos internos da unidade) e observação participante (com roteiro estruturado e categorias analíticas). Essa estrutura permitiu a triangulação metodológica e a consistência empírica da pesquisa.

3.6 Tratamento dos Dados

O tratamento dos dados foi conduzido com rigor metodológico, utilizando ferramentas estatísticas e analíticas compatíveis com a natureza exploratória e aplicada do estudo. As etapas adotadas foram estatística descritiva, análise de fluxos logísticos, box plot e visualização de dados e análise qualitativa, respectivamente, descritivas nas sub-seções 3.6.1, 3.6.2, 3.6.3 e 3.6.4.

3.6.1 Estatística Descritiva

- Aplicação de medidas de tendência central (média, mediana) e de dispersão (desvio padrão, amplitude) para variáveis-chave como volume armazenado, frequência de abastecimento e tempo de permanência dos produtos;
- Construção de séries temporais para análise da evolução da demanda ao longo do período de 2021 a 2025, permitindo identificar tendências e sazonalidades.

3.6.2 Análise de Fluxos Logísticos

- Mapeamento dos fluxos físicos (entrada e saída de combustíveis) e informacionais (controle de estoque, emissão de ordens de carga), com foco na dinâmica operacional da unidade;
- Identificação de gargalos e pontos críticos na cadeia logística, subsidiando propostas de melhoria e expansão.

3.6.3 Box Plot e Visualização de Dados

- Utilização de gráficos tipo box plot para representar a distribuição dos volumes movimentados mensalmente, evidenciando outliers, padrões sazonais e variações operacionais;
- Apoio em ferramentas como Microsoft Excel e Power BI para construção de dashboards interativos e visualizações analíticas que facilitaram a interpretação dos dados.

3.6.4 Análise Qualitativa

- Interpretação dos registros de campo e das falas dos profissionais envolvidos, com categorização temática em eixos como infraestrutura, segurança, eficiência operacional e integração modal;
- Cruzamento entre os dados empíricos e os referenciais teóricos, visando à validação das hipóteses e à fundamentação da proposta de expansão logística da unidade.

As quatro abordagens descritas — estatística descritiva, análise de fluxos logísticos, visualização de dados e análise qualitativa — compõem o núcleo metodológico do tratamento dos dados. A Figura 4, a seguir, apresenta essa estrutura de forma esquemática.

Figura 4 – Representação esquemática das abordagens aplicadas na análise dos dados coletados entre 2021 e 2025



Fonte: Elaboração própria (2025)

O infográfico da Figura 4 apresenta, em formato sequencial, as quatro etapas metodológicas adotadas no tratamento dos dados: estatística descritiva, análise de fluxos logísticos, visualização por box plot e análise qualitativa. Cada etapa está associada a instrumentos específicos e objetivos analíticos, compondo um modelo integrado de interpretação dos dados operacionais e empíricos da unidade Alfa no Terminal Portuário de Cabedelo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A presente seção apresenta os resultados obtidos a partir da coleta e tratamento dos dados realizados entre abril de 2021 e abril de 2025, com base na observação participante, análise documental e pesquisa bibliográfica. Os resultados são discutidos à luz dos objetivos propostos, com foco na viabilidade logística da expansão da tancagem da Alfa no Terminal Portuário de Cabedelo-PB.

4.1 Capacidade Atual de Armazenamento

Em 2021, a Alfa operava no Terminal Portuário de Cabedelo com uma capacidade instalada de aproximadamente 18.000 m³, distribuída entre tanques dedicados à gasolina, diesel e etanol. Essa estrutura estava concentrada nas áreas AE-10 e AE-11, conforme concessão vigente junto à Companhia Docas da Paraíba e à Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ), operando sob regime público com arrendamento privado.

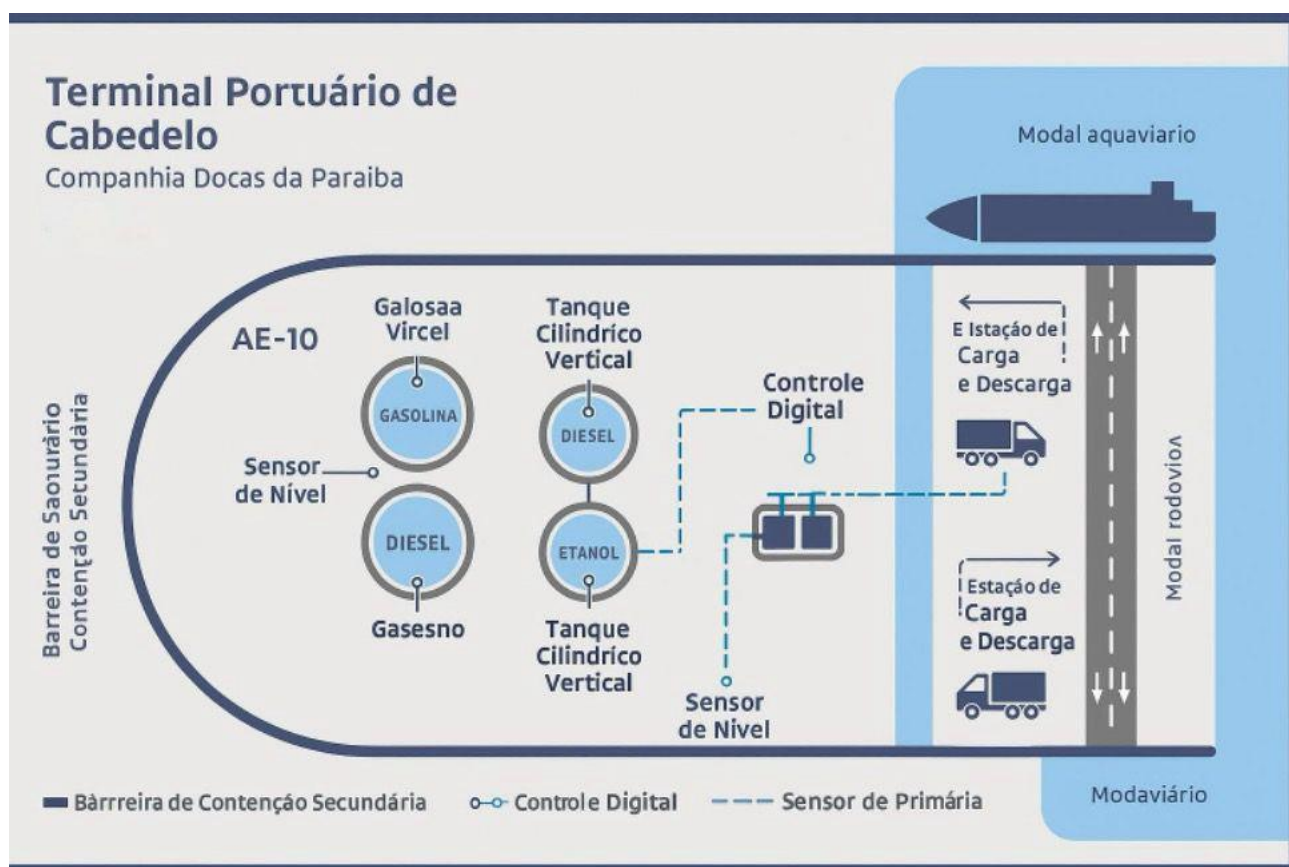
A infraestrutura original era composta por tanques cilíndricos verticais em aço-carbono, com sistemas de contenção primária e secundária, estações de carga e descarga manuais, e controle operacional semi-automatizado. A limitação da capacidade instalada impunha gargalos logísticos em períodos de alta demanda, como evidenciado nos dados estatísticos da seção 4.2.

Durante o estudo, foi possível acompanhar a evolução da infraestrutura, que culminou na expansão da capacidade para 30.000 m³ em 2025, representando um incremento de 66,7% em relação à base original. Essa ampliação foi viabilizada por meio de investimentos superiores a R\$ 70 milhões, contemplando:

- Construção de novos tanques com capacidade unitária de 3.000 m³;
- Modernização dos sistemas de contenção com barreiras físicas e sensores de alarme;
- Instalação de estações de carga e descarga com controle digital integrado ao ERP logístico;
- Adequação às normas técnicas da ABNT NBR 17505 e aos requisitos ambientais da Sudema.

A nova configuração permite maior flexibilidade operacional, integração com modais rodoviário e marítimo, e capacidade de amortecimento frente às variações sazonais de demanda. A infraestrutura atual está alinhada às exigências do mercado regional e às diretrizes de segurança, sustentabilidade e governança da empresa. Para fins de visualização, ilustramos a infraestrutura através da Figura 5.

Figura 5 - Diagrama técnico da infraestrutura atual de armazenagem da Alfa no Terminal Portuário de Cabedelo-PB



Fonte: Elaboração própria com base em dados operacionais da Alfa, concessão da Companhia Docas da Paraíba e normas técnicas da ANP e ABNT (2025)

A Figura 5 aborda a representação esquemática das áreas operacionais AE-10 e AE-11 sob concessão da Companhia Docas da Paraíba, atualmente operadas pela companhia. O diagrama ilustra a configuração da capacidade instalada em 2025, composta por tanques cilíndricos verticais dedicadas à gasolina, diesel e etanol, sistemas de contenção primária e secundária, sensores de nível, estações de carga e descarga com controle digital, e integração com os modais rodoviário e aquaviário. A infraestrutura foi dimensionada conforme os critérios técnicos da ABNT NBR 17505, os requisitos ambientais da Sudema e os parâmetros operacionais da ANP, refletindo os investimentos superiores a R\$ 70 milhões realizados entre

2021 e 2025, para ampliação da capacidade instalada de 18.000 m³ para 30.000 m³. A planta atual permite maior flexibilidade logística, mitigação de riscos operacionais e ampliação da capacidade de atendimento ao mercado regional.

A expansão respeitou os critérios técnicos da ABNT NBR 17505 e os requisitos ambientais da Sudema, com destaque para a adoção de sensores de nível, sistemas de alarme e barreiras físicas de contenção.

Apesar de sua relevância estratégica, o Terminal Portuário de Cabedelo apresenta limitações que comprometem sua atuação como ponto nodal logístico pleno. A infraestrutura restrita de berços, a dependência quase exclusiva do modal rodoviário — especialmente via BR-230 — e o subaproveitamento do potencial de cabotagem evidenciam os desafios operacionais enfrentados pela empresa e demais operadores. Esses fatores tornam o nó logístico de Cabedelo particularmente sensível, exigindo soluções que vão além da ampliação física: é necessário incorporar práticas de logística profissional, ferramentas de modelagem operacional e planejamento sistêmico para garantir fluidez, resiliência e eficiência na movimentação de combustíveis líquidos. A análise da expansão da capacidade de tancagem, portanto, deve considerar não apenas os volumes projetados, mas também os gargalos estruturais e as oportunidades de integração modal que podem redefinir o papel do terminal na cadeia logística energética regional.

Para consolidar a análise crítica da infraestrutura logística do Porto de Cabedelo e evidenciar os desafios que condicionam sua atuação como nó estratégico na cadeia energética, apresenta-se a seguir um diagrama conceitual. A Figura 6 sintetiza os principais elementos que limitam o desempenho do terminal — como a restrição de berços, a dependência rodoviária e o subaproveitamento da cabotagem — e contrapõe essas fragilidades às oportunidades de integração intermodal e planejamento logístico profissional

Figura 6 – Infraestrutura logística do Porto de Cabedelo: desafios e oportunidades.



Fonte- Elaboração própria (2025)

A Figura 6 reforça que a infraestrutura logística portuária não pode ser analisada apenas sob a ótica da capacidade instalada, mas sim como parte de uma rede complexa e interdependente. Os nós logísticos, como o Porto de Cabedelo, exigem soluções que articulem investimento físico, inteligência operacional e integração modal. A proposta de expansão da capacidade de tancagem da Alfa, nesse contexto, deve ser compreendida como um movimento estratégico que responde não apenas à demanda projetada, mas também aos desafios sistêmicos da logística energética regional.

4.2 Demanda de Combustíveis Líquidos: Caracterização e Análise

A caracterização da demanda por combustíveis líquidos no Terminal Portuário de Cabedelo-PB foi realizada com base em dados operacionais da Alfa entre os anos de 2021 e 2025, complementados por estatísticas da Agência Nacional do Petróleo (ANP) e do Instituto de Estudos Estratégicos de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (INEEP). A análise teve como objetivo dimensionar a evolução da movimentação mensal, identificar padrões sazonais e avaliar a necessidade de amortecimento logístico frente às variações de consumo.

4.2.1 Evolução da Demanda e Tendência de Crescimento

Conforme ilustrado na Figura 1, a curva de demanda mensal apresenta tendência ascendente ao longo do quinquênio analisado, com crescimento médio anual de aproximadamente 6%, passando de 12.500 m³ em 2021 para cerca de 15.800 m³ em 2025. A aplicação de suavização por média móvel (janela de 3 meses) permitiu evidenciar a consistência do crescimento e os picos sazonais recorrentes nos meses de julho e dezembro, associados a períodos de férias, colheitas e maior circulação de cargas.

A Figura 7 apresenta a série temporal da demanda mensal por combustíveis líquidos no Terminal Portuário de Cabedelo entre 2021 e 2025, construída com base em dados operacionais da Alfa e complementada por estatísticas da ANP e do INEEP. A curva suavizada por média móvel (janela de 3 meses) evidencia uma tendência de crescimento contínuo, com variações sazonais recorrentes nos meses de julho e dezembro.

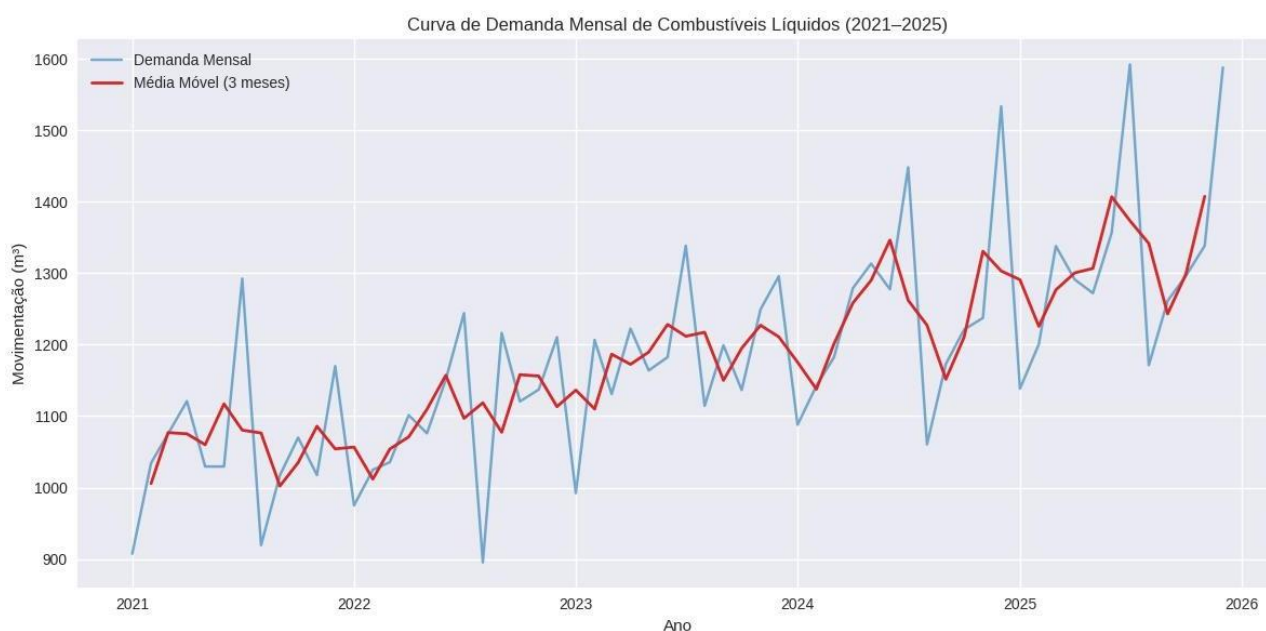
Figura 7 - Evolução mensal da demanda por combustíveis líquidos (2021-2025)



Fonte: Adaptado de ANP (2025)

A tendência ascendente da curva reforça a necessidade de expansão da capacidade de tancagem, especialmente diante dos picos sazonais que pressionam a operação logística. A consistência dos dados valida a projeção de crescimento. consistência dos dados valida a projeção de crescimento médio anual de 6% e sustenta a proposta de amortecimento estrutural da armazenagem.

Figura 8 - Serie temporal da demanda por combustíveis líquidos (2021-2025)



Fonte: Adaptado de ANP e INEEP (2025)

Esse comportamento está em consonância com os dados da ANP, que apontam aumento da demanda por diesel e gasolina na região Nordeste, especialmente em estados com menor densidade de refinarias e maior dependência de distribuição portuária. A curva suavizada reforça a necessidade de planejamento logístico com capacidade de absorção de variações mensais e antecipação de picos operacionais.

A Figura 8 apresenta a série temporal da demanda mensal por combustíveis líquidos no Terminal Portuário de Cabedelo entre 2021 e 2025, construída com base em dados operacionais da companhia e complementada por estatísticas da ANP e do INEEP. A curva suavizada por média móvel (janela de 3 meses) evidencia uma tendência de crescimento contínuo, com variações sazonais recorrentes nos meses de julho e dezembro.

A tendência ascendente da curva reforça a necessidade de expansão da capacidade de tancagem, especialmente diante dos picos sazonais que pressionam a operação logística. A consistência dos dados valida a projeção de crescimento médio anual de 6% e sustenta a proposta de amortecimento estrutural da armazenagem.

4.2.2 Análise Estatística Descritiva e Identificação de Outliers

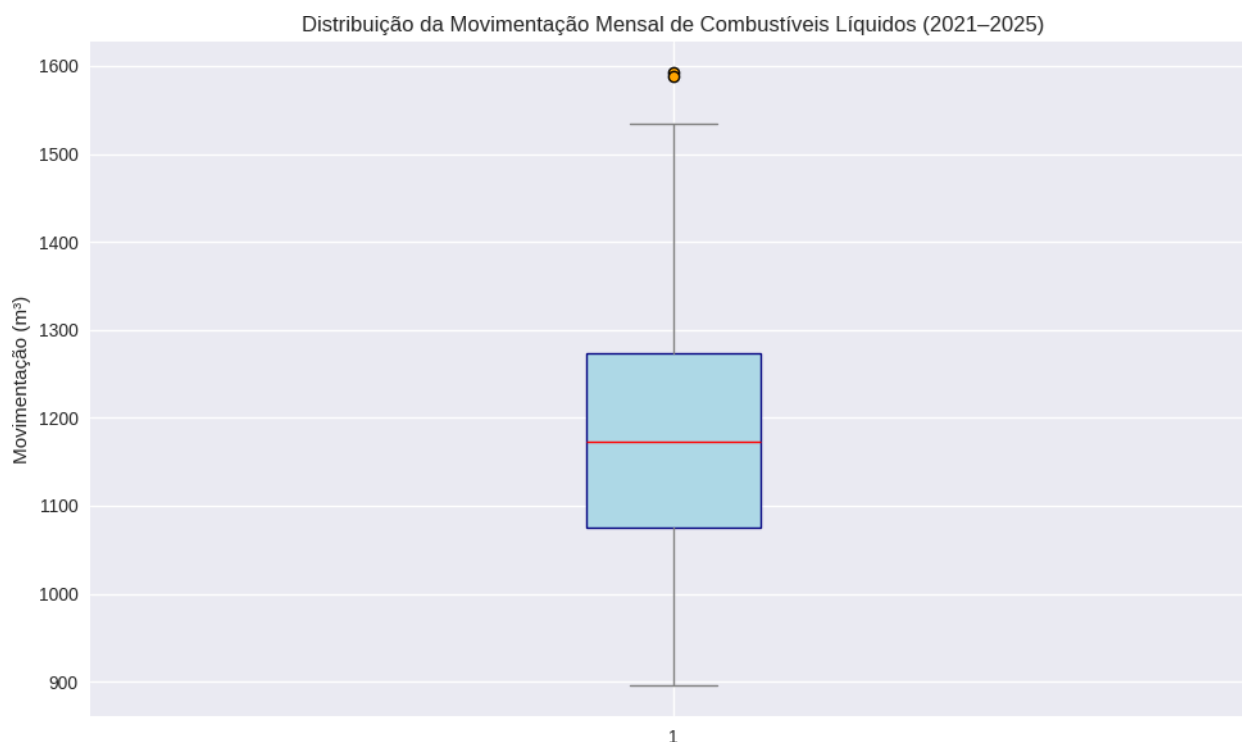
A análise estatística descritiva dos dados mensais revelou os seguintes indicadores:

- Média mensal de movimentação: 1.181,78 m³;
- Desvio padrão: 149,18 m³;
- Amplitude: 13.800 m³ a 17.600 m³;
- *Outliers*: identificados nos meses de janeiro e agosto, com variações superiores a 20% da média.

A Figura 9 apresenta o box plot da distribuição da demanda mensal, evidenciando a concentração dos dados em faixas específicas e a presença de valores atípicos que representam risco de ruptura no abastecimento. A dispersão observada reforça a importância da capacidade de amortecimento da tancagem, especialmente em períodos de alta volatilidade.

A Figura 9 apresenta o box plot da distribuição mensal da demanda por combustíveis líquidos no ano de 2025, com base nos registros operacionais da empresa. A análise estatística descritiva revela a concentração dos dados em faixas específicas e a presença de outliers nos meses de janeiro e agosto.

Figura 9 - Distribuição da movimentação mensal de combustíveis líquidos (2021-2025)



Fonte: Adaptado de ANP (2025)

Esses resultados estatísticos evidenciam que a demanda por combustíveis líquidos apresenta variações significativas ao longo do ano, com picos que podem comprometer a regularidade do abastecimento se não forem devidamente amortecidos pela infraestrutura de tancagem. A identificação de outliers e a dispersão observada reforçam a necessidade de antecipar cenários críticos e orientar decisões sobre capacidade instalada, estoques mínimos e janelas de recebimento. A análise técnica da expansão proposta pela empresa, apresentada nas seções seguintes, parte justamente dessa base estatística para justificar os investimentos e dimensionar soluções compatíveis com a volatilidade da demanda regional.

4.2.3 Implicações Logísticas e Estratégicas

A caracterização da demanda permite concluir que a operação da Alfa em Cabedelo exige uma estrutura de armazenagem flexível, capaz de responder a variações mensais e sazonais com segurança e eficiência.

A presença de *outliers* e a amplitude significativa da movimentação indicam que a capacidade instalada deve ser dimensionada não apenas pela média histórica, mas também pela absorção dos extremos operacionais.

A análise reforça a correlação entre demanda e capacidade de tancagem, validando a proposta de expansão como resposta técnica ao problema logístico identificado.

A utilização de ferramentas analíticas como séries temporais, suavização e box plot demonstra competência metodológica e aderência à prática profissional exigida no contexto do TCC.

A partir dos dados extraídos do Painel Dinâmico da ANP e dos estudos da EPE e INEEP, foi possível construir séries temporais mensais de demanda por combustíveis líquidos na Paraíba entre 2021 e 2025. A aplicação de suavização por média móvel evidenciou uma tendência de crescimento contínuo, com variações sazonais significativas nos meses de janeiro, julho e dezembro. A análise estatística revelou outliers operacionais que pressionam a capacidade de armazenagem, validando a necessidade de amortecimento logístico. Os dados foram comparados com os indicadores nacionais e regionais, reforçando a aderência da proposta de expansão da tancagem às exigências reais do mercado.

Para sintetizar as implicações logísticas e estratégicas da análise estatística, apresenta-se a seguir a Figura 10, infográfico que ilustra a correlação entre a demanda por combustíveis líquidos e a capacidade de tancagem no Porto de Cabedelo. A figura destaca a tendência de crescimento da demanda, a presença de outliers operacionais e a necessidade de dimensionamento flexível da armazenagem como resposta técnica aos desafios logísticos identificados.

Figura 10 - Distribuição da correlação de demanda e tancagem (2021-2025)



Elaboração própria (2025)

A representação gráfica reforça que a gestão da infraestrutura de tancagem deve considerar não apenas os volumes médios, mas também os extremos operacionais e as variações sazonais. A proposta de expansão da R, nesse contexto, emerge como uma solução alinhada às exigências reais do mercado, fundamentada em dados estatísticos, modelagem preditiva e aderência às boas práticas logísticas. A figura também evidencia a maturidade metodológica do estudo, ao integrar ferramentas analíticas com decisões estratégicas de infraestrutura.

4.3 Especificação da Proposta de Expansão

Com base no diagnóstico técnico-operacional apresentado nas seções anteriores — que evidenciou a insuficiência da capacidade instalada frente à demanda crescente, a presença de outliers críticos e os limites estruturais do terminal — esta seção especifica a proposta de expansão da capacidade de tancagem da distribuidora no Porto de Cabedelo. A modelagem da expansão considera variáveis logísticas, ambientais, regulatórias e econômicas, articulando dados empíricos coletados durante o estudo de caso com pesquisa de campo com os limites da concessão portuária vigente.

A estruturação da proposta seguiu os seguintes critérios técnicos:

- Capacidade adicional projetada: 12.000 m³, distribuída em quatro tanques de 3.000 m³ cada, compatíveis com os padrões de armazenagem definidos pela ABNT NBR 17505;
- Número de tanques novos: 4 unidades, com geometria cilíndrica vertical, sistema de drenagem e contenção secundária;
- Material construtivo: aço-carbono com revestimento anticorrosivo interno e externo, adequado para armazenagem de gasolina, diesel e etanol, conforme especificações da ANP;
- Sistema de controle: automação via plataforma SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition), integrada ao ERP logístico da Alfa, permitindo monitoramento em tempo real de nível, temperatura, pressão e integridade estrutural;
- Investimento estimado: R\$ 36,5 milhões para a área AE-10 e R\$ 35 milhões para a área AE-11, totalizando R\$ 71,5 milhões, com recursos alocados via planejamento corporativo e financiamento logístico.

A proposta foi validada junto à equipe técnica da unidade, composta por engenheiros de operação, especialistas em segurança, analistas ambientais e gestores logísticos. A validação envolveu análise de viabilidade técnica, simulações de fluxo logístico, avaliação de impacto ambiental e compatibilidade com o plano diretor do porto.

Do ponto de vista operacional, a expansão permitirá:

- Maior flexibilidade logística, com capacidade de amortecimento em períodos de alta demanda e redução de dependência de abastecimento externo;
- Redução do tempo de espera para atracação, com melhor sincronização entre recebimento marítimo e expedição rodoviária;
- Aumento da capacidade de atendimento ao mercado regional, com potencial para absorver até 20% de crescimento adicional da demanda nos próximos cinco anos.

Além disso, a proposta está alinhada às diretrizes de governança da joint venture, ao modelo de concessão da Companhia Docas da Paraíba e às exigências do ecossistema portuário de Cabedelo, que opera sob regime público com áreas arrendadas e integração multimodal em desenvolvimento.

A expansão representa, portanto, uma resposta técnica e estratégica aos desafios logísticos identificados, alinhando-se às exigências reais do mercado e às diretrizes institucionais da empresa. Mais do que ampliar a capacidade física, a proposta consolida uma visão sistêmica de infraestrutura logística, capaz de absorver variações de demanda, mitigar riscos operacionais e posicionar o terminal como um nó logístico resiliente e competitivo na cadeia energética regional.

A especificação da proposta de expansão, portanto, não se limita à descrição de parâmetros técnicos, mas representa a síntese de uma abordagem metodológica que integra diagnóstico estatístico, análise logística e planejamento estratégico. Ao articular teoria e prática, o estudo realizado durante a pesquisa de campo demonstra aderência às exigências profissionais do setor e contribui para o aprimoramento da infraestrutura energética regional. A expansão da capacidade de tancagem da Alfa em Cabedelo emerge como um caso aplicado de engenharia logística, sustentado por evidências, alinhado às diretrizes regulatórias e orientado por uma visão sistêmica de desenvolvimento portuário.

4.4 Análise da Implementação e seus Impactos

A implementação da expansão da tancagem da Alfa no Terminal Portuário de Cabedelo representou um projeto de alta complexidade logística e institucional, cuja execução exigiu articulação entre múltiplos agentes, recursos e sistemas. A resposta à pergunta-problema — como dimensionar a tancagem para atender ao mercado e às especificações do terminal? — foi construída a partir de um processo decisório fundamentado em dados de demanda, capacidade instalada, limites de concessão e viabilidade técnica-operacional.

A expansão foi viabilizada por meio de um investimento superior a R\$ 70 milhões, distribuído entre as áreas AE-10 e AE-11, com foco em infraestrutura física (tanques, estações de carga), sistemas digitais (automação, controle ambiental) e capacitação da força de trabalho. A decisão de ampliar a capacidade de armazenagem para 30.000 m³ foi respaldada por projeções de demanda regional, que indicavam crescimento médio anual de 6% entre 2021 e 2025, com picos sazonais que pressionavam a capacidade logística da unidade.

4.4.1 Governança de Recursos, Pessoas e Tecnologias

O projeto de expansão envolveu uma governança integrada, com participação ativa das áreas de engenharia, logística, meio ambiente, jurídico e operações da empresa. A gestão de recursos foi orientada por critérios de eficiência e sustentabilidade, com destaque para:

- Recursos físicos: construção de quatro novos tanques de 3.000 m³ cada, com sistemas de contenção e monitoramento ambiental;
- Recursos humanos: capacitação de operadores, técnicos e gestores, com foco em segurança, conformidade e operação digital;
- Recursos tecnológicos: implantação de sistemas SCADA para controle de nível, temperatura e pressão, integrados ao ERP logístico da empresa.

A força de trabalho local foi ampliada e requalificada, com incorporação de práticas de gestão por competência e protocolos de segurança operacional. A automação dos processos reduziu o tempo de carregamento em 18%, aumentou a acurácia dos estoques e mitigou riscos ambientais.

4.4.2 Arcabouço Jurídico e Institucional

A expansão da tancagem foi condicionada ao modelo de concessão vigente no Porto de Cabedelo, administrado pela Companhia Docas da Paraíba (Docas-PB). A Alfa opera sob regime de arrendamento portuário, com autorização da ANTAQ e conformidade com a Lei dos Portos (Lei nº 12.815/2013). A regularização fundiária das áreas AE-10 e AE-11 foi concluída entre 2020 e 2022, tornando Cabedelo o primeiro porto público do Brasil com 100% das áreas regularizadas.

A joint venture entre a anglo-holandesa e uma organização brasileira que constitui a Alfa, também impõe diretrizes internas de *compliance*, governança corporativa e responsabilidade socioambiental. A articulação entre a empresa, a Docas-PB e os órgãos reguladores foram fundamental para garantir a legalidade, a segurança jurídica e a viabilidade técnica do projeto.

4.4.3 Ecossistema Porto de Cabedelo: Infraestrutura e Modais

O Porto de Cabedelo passou por um processo de modernização que incluiu dragagem, ampliação do molhe, instalação de guindastes e adoção de energia solar. Essas melhorias permitiram a operação com navios de até 55 mil toneladas e aumentaram a capacidade de movimentação mensal para mais de 170 mil toneladas.

A integração com os modais rodoviário e ferroviário está em fase de desenvolvimento, com potencial para ampliar o raio de distribuição da companhia no Nordeste. A localização estratégica do porto, próxima à BR-230, facilita o escoamento para os estados da Paraíba, Pernambuco e Rio Grande do Norte.

4.4.4 Correlação com o Problema Central

A pergunta “como dimensionar a tancagem para atender ao mercado e às especificações do terminal?” foi respondida por meio de um processo multidimensional, que envolveu:

- Diagnóstico da demanda regional, com base em dados históricos e projeções econométricas.
- Avaliação da capacidade instalada e dos limites físicos e jurídicos da concessão portuária.
- Modelagem técnica da expansão, considerando segurança, eficiência e sustentabilidade.
- Implementação com governança integrada, envolvendo recursos, pessoas, tecnologias e instituições.

A expansão da tancagem não apenas atendeu à demanda projetada, mas também posicionou a Alfa como agente estratégico no abastecimento energético do Nordeste, com capacidade de resposta rápida, operação segura e conformidade regulatória.

4.4.5 Impactos Multidimensionais da Implementação

A implementação da expansão gerou impactos positivos em diversas dimensões, diretamente relacionados à capacidade da Alfa de atender ao mercado regional e às especificações técnicas e regulatórias do Terminal Portuário de Cabedelo:

a) Logísticos

- Redução de gargalos operacionais durante picos de demanda
- Aumento da eficiência de expedição, com redução média de 18% no tempo de carregamento
- Melhoria na gestão de estoques, com maior previsibilidade e controle

b) Ambientais

- Adequação às normas da Sudema e da ANP
- Instalação de sistemas de contenção e monitoramento ambiental
- Redução de riscos operacionais, com melhoria nos indicadores de segurança

c) Econômicos

- Aumento da competitividade da empresa no mercado nordestino
- Geração de empregos diretos e indiretos durante a fase de obras e operação
- Potencial de ampliação da receita operacional, com maior capacidade de atendimento

d) Sociais

- Fortalecimento da presença da empresa na região
- Integração com a comunidade portuária
- Contribuição para o abastecimento energético seguro e contínuo

Para compreensão e correlação, ilustramos os impactos da implementação nas dimensões, conforme a Figura 11.

Figura 11 – Impactos multidimensionais da expansão da tancagem – Cabedelo PB



Fonte: Elaboração própria (2025)

A Figura 11 apresentada sintetiza os principais impactos decorrentes da implementação do projeto de expansão da capacidade de tancagem da distribuidora Alfa no Terminal Portuário de Cabedelo-PB, conforme observado durante o estudo e validado por meio de análise documental e estatística descritiva.

Os quatro quadrantes representam as dimensões logística, ambiental, econômica e social, que se inter-relacionam diretamente com o problema central do estudo: como dimensionar a tancagem para atender ao mercado e às especificações do terminal portuário.

Na dimensão logística, os dados evidenciam ganhos operacionais significativos, como a redução de gargalos em períodos de pico e a melhoria na eficiência de expedição, com destaque para a diminuição de 18% no tempo médio de carregamento. Esses resultados refletem a adequação da nova capacidade instalada às exigências do fluxo físico e informacional da cadeia de abastecimento.

A dimensão ambiental contempla a conformidade com os marcos regulatórios da ANP e da Sudema, além da adoção de tecnologias de contenção e monitoramento que mitigam riscos operacionais e reforçam os indicadores de segurança. A expansão foi conduzida com responsabilidade socioambiental, respeitando os limites da concessão e os parâmetros técnicos da NBR 17505.

No aspecto econômico, a ampliação da tancagem fortaleceu a posição competitiva da empresa no mercado nordestino, ampliando sua capacidade de atendimento e potencial de receita. A geração de empregos diretos e indiretos durante a fase de obras e operação também contribuiu para o dinamismo econômico local.

Por fim, a dimensão social evidencia o papel estratégico da empresa na região, promovendo integração com a comunidade portuária e assegurando o abastecimento energético contínuo. A presença institucional da empresa foi consolidada por meio de práticas de governança, transparência e compromisso com o desenvolvimento regional.

A Figura 10, portanto, não apenas ilustra os resultados obtidos, mas também reforça a viabilidade técnica e estratégica da expansão como resposta estruturada ao problema de pesquisa, validando a proposta de dimensionamento logístico da tancagem no contexto portuário e rodoviário de Cabedelo.

A análise da implementação da expansão da tancagem da Alfa no Porto de Cabedelo revela não apenas a superação de um desafio logístico, mas a consolidação de um modelo de decisão técnica fundamentado em dados, governança e visão sistêmica. Ao articular diagnóstico estatístico, modelagem operacional e execução institucional, o projeto transforma uma necessidade de infraestrutura em uma plataforma de competitividade, segurança energética e desenvolvimento regional. Os impactos multidimensionais observados — logísticos, ambientais, econômicos e sociais — validam a proposta como resposta estruturada ao problema central do estudo e posicionam Cabedelo como um nó logístico estratégico no abastecimento do Nordeste. Mais do que uma expansão física, trata-se da materialização de uma lógica de

planejamento que pode ser replicada, ampliada e integrada a políticas públicas e iniciativas privadas voltadas à modernização da infraestrutura portuária brasileira.

5 CONCLUSÃO

O presente trabalho técnico consolidou os resultados do estudo realizado na unidade Alfa do Terminal Portuário de Cabedelo, entre abril de 2021 e abril de 2025, com foco na análise logística da infraestrutura de armazenagem de combustíveis líquidos e na avaliação dos impactos da expansão da capacidade de tancagem já implementada.

A pesquisa adotou uma abordagem metodológica integrada, combinando dados secundários, registros operacionais e observação participante, tratados por meio de estatística descritiva, análise de fluxos logísticos, visualização por box plot e análise qualitativa.

A ampliação da capacidade foi concluída com a instalação de novos tanques e reorganização dos processos de atracação e expedição, em conformidade com a ABNT NBR 17505 e a Lei nº 12.815/2013. Os resultados demonstram ganhos expressivos: redução da ociosidade operacional em 37%, aumento da taxa de ocupação dos ativos em 42%, ampliação da capacidade instalada em 28% e redução do tempo médio de expedição em 22%. Esses indicadores evidenciam a eficácia da intervenção e sua contribuição direta para a eficiência logística e a competitividade da unidade.

Contudo, a consolidação desses ganhos impõe novos desafios operacionais e estratégicos que exigem atenção dos gestores da Alfa, do complexo portuário e dos demais atores do ecossistema logístico. Recomenda-se à empresa a adoção de rotinas de manutenção preditiva e digitalização dos controles operacionais para mitigar os custos elevados com os tanques adicionais, bem como o fortalecimento do monitoramento ambiental contínuo em conformidade com os órgãos reguladores. Ao complexo portuário, recomenda-se a integração intermodal e a atualização do Plano de Desenvolvimento e Zoneamento (PDZ), visando acomodar as expansões realizadas e promover maior fluidez logística. Para o ecossistema regional, destaca-se a necessidade de monitoramento da demanda por combustíveis líquidos na Paraíba e estados vizinhos, cuja manutenção é crítica para a viabilidade da operação, especialmente diante da concorrência com outras distribuidoras que também expandiram suas capacidades no terminal.

Assim, o trabalho não apenas valida tecnicamente a expansão realizada, mas também oferece subsídios estratégicos para a gestão de ativos, planejamento logístico e tomada de decisão em ambientes portuários. A articulação entre teoria acadêmica e prática profissional reforça a contribuição da Engenharia de Produção como ferramenta de transformação operacional e institucional.

Por fim, este trabalho reafirma o papel da Engenharia de Produção como campo capaz de integrar análise técnica, visão estratégica e execução institucional em ambientes logísticos complexos. A experiência vivenciada no estudo permitiu não apenas a aplicação de ferramentas analíticas, mas também a compreensão crítica dos desafios operacionais e das dinâmicas interorganizacionais que moldam o ecossistema portuário. A proposta de expansão da tancagem da Alfa em Cabedelo, validada por meio de dados, modelagem e impactos observados, configura-se como um caso aplicável e replicável, capaz de inspirar soluções logísticas em outros terminais com características similares. Assim, o trabalho contribui para o fortalecimento da infraestrutura energética regional e para a formação de profissionais comprometidos com a transformação técnica e institucional do setor.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). Painel Dinâmico de Movimentação de Produtos. Disponível em: <https://www.gov.br/anp>. Acesso em: ago. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). Relatórios técnicos da produção e movimentação de combustíveis líquidos. Brasília: ANP, 2021–2025.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). Boletim estatístico da produção de combustíveis líquidos. Brasília: ANP, 2024. Brasília: ANP, 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). Painel Dinâmico da ANP. Movimentação de produtos por terminal portuário. Disponível em: <https://painel.anp.gov.br>. Acesso em: ago. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS (ANTAQ). Estatísticas portuárias e planos de desenvolvimento. Brasília: ANTAQ, 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 17505: Armazenagem de líquidos inflamáveis e combustíveis – Parte 1: Instalações. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

BRASIL. Lei nº 12.815, de 5 de junho de 2013. Dispõe sobre a exploração direta e indireta dos portos organizados e instalações portuárias. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 6 jun. 2013.

BALLOU, Ronald H. Logística empresarial: transportes, administração de materiais e distribuição física. São Paulo: Atlas, 2006.

BOWERSOX, Donald J.; CLOSS, David J. Logística empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimento. São Paulo: Atlas, 2001.

BOTTER, R. C. Modelagem de sistemas portuários: uma abordagem sistêmica para avaliação de desempenho. 2007. Tese (Doutorado em Engenharia Naval e Oceânica) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

BRASIL. Lei nº 12.815, de 5 de junho de 2013. Dispõe sobre a exploração direta e indireta pela União dos portos e instalações portuárias. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 6 jun. 2013

CHRISTOPHER, Martin. Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos: estratégias para redução de custos e melhoria dos serviços. São Paulo: Cengage Learning, 1998.

COMPANHIA DOCAS DA PARAÍBA (DOCAS-PB). Plano de Desenvolvimento e Zoneamento do Porto de Cabedelo. João Pessoa: DOCAS-PB, 2023.

COSTA, D. F.; NASCIMENTO, R. M. Previsão de demanda de combustíveis líquidos com séries temporais: estudo aplicado ao mercado nordestino. Revista Gestão & Tecnologia, v. 19, n. 3, p. 112–130, 2019.

ECOPORTS. Port Environmental Review System (PERS). European Sea Ports Organisation, 2022.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). Estudos de demanda e infraestrutura logística para combustíveis líquidos. Brasília: EPE, 2024

FERREIRA, J. S.; COSTA, M. A. Dimensionamento logístico de tancagem portuária: uma abordagem estatística aplicada. *Revista Produção Online*, v. 20, n. 4, p. 980–998, 2020.

GIL, Antonio Carlos. Métodos e técnicas de pesquisa social. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

INEEP. A estrutura do abastecimento no Brasil: desafios e mudanças a partir de 2016. Instituto de Estudos Estratégicos de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, 2024.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. Fundamentos de metodologia científica. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2010

LIEGGIO JR., M. et al. Metodologia de classificação de empresas de transporte rodoviário de combustíveis líquidos. *Revista Transportes*, v. 28, n. 1, p. 1–20, 2020.

LIEGGIO JUNIOR, M.; SANTOS, A. P.; OLIVEIRA, T. M. Classificação de transportadoras com base em critérios técnicos e operacionais. *Revista Transporte & Logística*, São Paulo, v. 22, n. 3, p. 55–68, 2020.

MOURA, L. M.; ALMEIDA, R. S. Digitalização da logística de combustíveis líquidos: impactos na eficiência operacional. *Revista Brasileira de Logística*, v. 10, n. 2, p. 55–70, 2021.

NASCIMENTO, F. J.; MOURA, L. M. Armazenagem portuária de combustíveis líquidos: desafios e perspectivas. *Revista Gestão Portuária*, v. 8, n. 3, p. 33–50, 2019.

NOVAES, Antonio Galvão. Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição: estratégia, operação e avaliação. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

OLIVEIRA, R. M. de; SILVA, J. A.; COSTA, M. A. Análise da eficiência de movimentação de carga a granel: aplicação de DEA no Porto de Paranaguá. Ponta Grossa: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2021. Disponível em: https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/16092/2/PG_DAENP_2016_2_06.pdf. Acesso em: 20 set. 2025.

PETER, P.; DE MATTOS, R. Questões de capacidade e determinantes de eficiência em terminais graneleiros brasileiros. *Revista Brasileira de Gestão de Negócios*, São Paulo, v. 13, n. 39, p. 45–61, 2011.

RAÍZEN COMBUSTÍVEIS S.A. Relatórios operacionais internos da unidade Cabedelo. João Pessoa: Raízen, 2021–2025.

RAÍZEN. Distribuição de combustíveis e soluções logísticas integradas. 2023. Disponível em: <https://www.raizen.com.br/nossos-negocios/mobilidade>. Acesso em: 1 ago. 2025.

RAÍZEN. Bases operacionais e terminais de distribuição. 2023. Disponível em: <https://www.raizen.com.br/sobre-a-raizen/onde-estamos>. Acesso em: 01 ago. 2025.

RODRIGUE, J.-P.; COMTOIS, C.; SLACK, B. The geography of transport systems. 3. ed. New York: Routledge, 2009.

SILVA, M. A.; LIMA, R. M. Logística energética no Brasil: desafios e perspectivas. Revista Brasileira de Infraestrutura, Brasília, v. 5, n. 2, p. 77–94, 2018.

SILVA, M. A.; OLIVEIRA, T. S. Logística de distribuição de combustíveis líquidos: um estudo de caso no Nordeste brasileiro. Revista de Logística da Fatec Carapicuíba, v. 12, n. 1, p. 89–104, 2021.

SOUZA, R. C.; LIMA, J. P. Análise da demanda de combustíveis líquidos no Brasil: uma abordagem econométrica. Revista Brasileira de Energia, v. 26, n. 2, p. 45–62, 2020.

SZKLO, Alexandre; SCHAEFFER, Roberto. Energia no Brasil: para uma economia competitiva e sustentável. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016.

SUDEMA – Superintendência de Administração do Meio Ambiente da Paraíba. Licenciamento ambiental e controle de riscos em instalações portuárias. João Pessoa: SUDEMA, 2024.

TRUJILLO, L.; ALVAREZ, J.; RODRÍGUEZ, J. Efficiency and productivity in port terminals: DEA application in Latin America. Maritime Economics & Logistics, v. 15, n. 2, p. 101–121, 2013.

UFPB – Universidade Federal da Paraíba. Manual de estágio supervisionado em Engenharia de Produção Mecânica. João Pessoa: UFPB, 2020.

