

Proposta para o aumento de carga útil em carretas criogênicas de gases do ar

Fabio Eduardo Alves¹, Marcos Tadeu Tavares Pacheco².

¹Messer Gases Brasil, Cubatão-SP, Brasil

²Universidade Santa Cecília, Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu, Santos-SP, Brasil

E-mail: fabioeduardo.74@gmail.com

Resumo: Este estudo analisa a eficiência operacional e o impacto econômico da adoção de carretas criogênicas de quatro eixos no transporte de gases do ar. A metodologia envolveu a comparação de dados teóricos e reais de volume transportado, com análise dos custos antes e depois da implementação das novas carretas. Os resultados indicam uma economia de R\$ 1,66 milhão, validando a viabilidade do projeto. Além dos ganhos financeiros, as novas carretas apresentaram melhorias técnicas e operacionais, como melhor manobrabilidade e desempenho térmico superior, reduzindo perdas de produto por evaporação. Este estudo contribui para a literatura acadêmica e para o setor logístico ao evidenciar a importância da otimização da frota como estratégia fundamental para redução de custos e aumento da eficiência.

Palavras-chave: Carretas criogênicas, eficiência operacional, redução de custos, logística, transporte de gases.

Proposal for increasing payload capacity in cryogenic air gases trailers

Abstract: This study analyzes the operational efficiency and economic impact of adopting four-axle cryogenic trailers for air gases transportation. The methodology involved comparing theoretical and actual transported volumes, with cost analysis before and after implementing the new trailers. Results indicate savings of R\$ 1.66 million, validating the project's feasibility. Besides financial gains, the new trailers showed technical and operational improvements, such as better maneuverability and superior thermal performance, reducing product loss by evaporation. This study contributes to academic literature and the logistics sector by highlighting fleet optimization as a fundamental strategy for cost reduction and efficiency improvement.

Keywords: Cryogenic trailers, operational efficiency, cost reduction, logistics, air gases transportation.

Introdução

As empresas buscam constantemente aperfeiçoar seus processos para aumentar a eficiência e reduzir custos. No Transporte Rodoviário de Cargas (TRC), um dos principais indicadores de desempenho é o kg/km, que representa a capacidade de transportar o maior volume possível percorrendo a menor distância. A estrutura da logística, que é responsável por deslocar esses produtos do local de produção até o centro de distribuição, gera custos [1]. O impacto dos custos com transportes pode chegar a 66,3% dos custos logísticos totais, pois é um

serviço fundamental na cadeia de suprimentos da empresa [2]. Reduzir o custo desse transporte requer planejamento, inteligência e recursos tecnológicos.

O Transporte Rodoviário de Cargas (TRC) é a modalidade predominante no território nacional [3]. Segundo a Confederação Nacional do Transporte [4], o modal rodoviário representa 61,1% do volume transportado no Brasil. Para atender ao vasto mercado, as empresas fornecedoras de carretas, inovam constantemente para aumentar a capacidade de carga útil das carretas. Esse aumento deve respeitar as normas de pesagem e limites de peso estabelecidos pela legislação brasileira, conhecida como "Lei da Balança". O peso máximo permitido é regulamentado pelo Código de Trânsito Brasileiro (CTB) e pelo Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN), que definem as normas de pesagem e limites de peso para veículos de carga [5]. A fiscalização é responsabilidade da Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT), utilizando balanças rodoviárias fixas e dinâmicas, monitoramento eletrônico e operações conjuntas com a Polícia Rodoviária Federal (PRF). A Resolução CONTRAN nº 882/2021 estabelece tolerâncias de até 5% no Peso Bruto Total (PBT) e 10% no peso por eixo, aplicando multas proporcionais ao excesso identificado [6]. Essa fiscalização é essencial para mitigar os impactos do sobrepeso na infraestrutura viária, reduzir riscos de acidentes e garantir maior eficiência logística. Recentemente, houve mudanças na regulamentação de controle de cargas, permitindo maiores tolerâncias na pesagem por eixo [7].

Devido às condições necessárias para o transporte de produtos perigosos (TPP), há leis e diretrizes baseadas nas recomendações das Nações Unidas, complementadas pelas normas da ABNT, Inmetro e IBAMA, visando padronizar o transporte e diminuir riscos, tornando o Brasil um dos países mais exigentes nesse aspecto [8]. Recentemente, houve mudanças na regulamentação de controle de cargas, permitindo maiores tolerâncias na pesagem por eixo. Isso pode aumentar a carga dos veículos, gerando discussões entre setor produtivo e responsáveis pela conservação da infraestrutura viária. A discussão também abrange o meio ambiente, pois o aumento a carga útil das carretas tende a diminuir o número de viagens e as emissões de CO₂. Globalmente, o setor de transporte é responsável por 23% das emissões totais de CO₂ provenientes da combustão de combustíveis, sendo que o transporte rodoviário representa 20% desse total [9].

Objetivos

O presente estudo tem como objetivo analisar a eficiência operacional do transporte de cargas com carretas criogênicas de quatro eixos, considerando seu impacto na logística, custos e conformidade com a legislação vigente.

Materiais e Métodos

O trabalho iniciou com dados teóricos de capacidade de carga útil da carreta de quatro eixos (fornecidos pelo fabricante), comparados com dados reais das carretas de três eixos. Foi estimado um saving teórico de 2 milhões de reais, com IRR de 36% e payback de 5 anos. A aquisição das carretas de quatro eixos aumentaria a carga útil transportada, resultando em maior eficiência operacional e redução de custos: menos viagens e menor quilometragem rodada; retirada de um cavalo mecânico, reduzindo o custo fixo mensal; e devolução de quatro carretas alugadas, eliminando esse gasto mensal. Em julho de 2023, foi aprovado o projeto de compra de três carretas de quatro eixos e devolução de quatro carretas alugadas. As novas carretas foram adquiridas em agosto, entregues em dezembro e começaram a operar em janeiro de 2024. O saving real foi calculado comparando os custos de transporte antes (2023) e depois das mudanças (2024), utilizando dados do Power BI (da empresa) e analisados no Excel.

Resultados

O estudo calculou a redução no número de viagens realizadas com carretas de quatro eixos em 2024, comparando o volume transportado por essas carretas com o volume movimentado por carretas de três eixos em 2023. Determinou-se a média mensal de volume entregue em clientes com as carretas de quatro eixos em 2024, verificou-se o número de viagens e a média de quilômetros rodados. Calculou-se quantas viagens seriam necessárias caso as entregas fossem feitas com carretas de três eixos, considerando a média mensal transportada por esse modelo em 2023. O saving de custo variável foi determinado pela quilometragem rodada que deixou de ser percorrida com a diminuição do número de viagens. Aplicando-se o custo médio por quilômetro, obteve-se a economia financeira. Adicionaram-se as economias geradas pela retirada de um cavalo mecânico e pela devolução das quatro carretas de três eixos alugadas, chegando ao saving total do projeto (Tabela 1). Em janeiro de 2025, apresentamos à diretoria o saving alcançado pelo projeto no primeiro ano com um valor de R\$ 1.657.600,00. Considerando que cada carreta de quatro eixos custou aproximadamente 1,2 milhão de reais, o retorno do investimento será alcançado em poucos anos.

Tabela 1 – Tabela com o saving do projeto

Carretas 4 Eixos (Actual 2024)			Carretas 3 Eixos (Baseline 2023)			Saving Total
Ano	Volume Entregue (kg)	Número de Viagens	Média Km Real	Média de Volume Entregue (Kg)	Número de Viagens	Total
2024	19.544.760	674	448	23.316	840	R\$ 1.658.175,18

Discussão

Na Tabela 1, observa-se o saving total do projeto. Em janeiro de 2024, as carretas entraram em operação, mas apresentaram problemas técnicos, necessitando manutenções corretivas. Foram realizadas apenas 27 viagens nesse período. Conforme o escopo do projeto, as quatro carretas de três eixos alugadas foram devolvidas. Com as manutenções não programadas das carretas novas, a operação não funcionou com o número total de carretas previsto, comprometendo a retirada do cavalo mecânico prevista no escopo do projeto. Janeiro terminou com um saving abaixo do esperado.

Projetos inovadores frequentemente enfrentam dificuldades na implantação e podem parecer menos lucrativos ou relevantes, mesmo seguindo as melhores práticas [10]. Em fevereiro, os problemas técnicos continuaram. Em março, as carretas ficaram 100% operacionais e realizaram 87 viagens, mas optou-se por viagens curtas com baixa quilometragem rodada. Em abril, houve uma parada na Unidade de Separação do Ar de Cubatão, transferindo os carregamentos para a Unidade de Separação do Ar do Rio de Janeiro. Isso aumentou a distância rodada, mas com menos viagens devido a maior carga útil da carreta.

Em maio, o cavalo mecânico foi retirado conforme o escopo inicial e o saving mensal estimado foi alcançado. Em julho, houve aumento de tarifa devido ao dissídio anual e outros pontos contratuais, melhorando o resultado comparando ao baseline de 2023.

Uma dúvida do projeto era quanto ao tamanho das carretas de quatro eixos e sua manobrabilidade. Foi realizada uma pesquisa de mercado e verificou-se que a manobra com esse modelo era melhor, pois o primeiro eixo é direcional, diminuindo o desgaste dos pneus e a torção do chassi. O quarto eixo adiciona capacidade e versatilidade aos veículos de carga, permitindo uma distribuição de peso mais equitativa e melhor estabilidade, especialmente em condições de estrada desafiadoras.

Outro aspecto positivo foi a redução das perdas de produto, pois o novo modelo de carreta tem super isolamento térmico, diferente das carretas de três eixos que têm perlita como isolante térmico. As carretas de quatro eixos apresentaram menor troca de calor com o ambiente, mantendo a temperatura estável e evitando a abertura frequente da válvula de alívio, determinando uma menor perda de produto [11].

O projeto alcançou 83% do saving estimado. O Time de Procurement conseguiu negociar a compra das carretas com um valor 10,4% abaixo da proposta inicial. A diretoria deu total apoio a projetos futuros com carretas de quatro eixos para a distribuição de outros produtos do portfólio da empresa.

Conclusões

Este estudo analisou a eficiência operacional e o impacto econômico da adoção de carretas criogênicas de quatro eixos no transporte de gases do ar. A mudança proporcionou um aumento significativo na carga útil transportada, redução de custos operacionais e aprimoramento da eficiência logística, com uma economia aproximada de R\$ 1,66 milhão. Além dos ganhos financeiros diretos, as novas carretas apresentaram melhorias técnicas e operacionais, como melhor manobrabilidade, redução do arrasto dos pneus e da torção do chassi, e desempenho térmico superior, reduzindo perdas de produto por evaporação. No entanto, a implementação do projeto enfrentou desafios iniciais com falhas técnicas inesperadas, evidenciando a importância de um plano de contingência e de uma fase de testes mais extensa. Este trabalho abriu caminho para iniciativas futuras, como a compra de carretas de quatro eixos para o transporte de dióxido de carbono (CO₂), demonstrando como a tecnologia aplicada ao transporte rodoviário pode gerar ganhos financeiros e operacionais, mantendo a conformidade com a legislação vigente e aprimorando a segurança e a sustentabilidade da operação.

Agradecimentos: O autor gostaria de agradecer à Diretoria da Messer Gases Brasil e ao Time de Procurement pelo suporte e aos colegas do Time de Logística que contribuíram com sugestões e discussões enriquecedoras durante o projeto.

Referências

1. Santana JV, Pinheiro AX, Alexandrino BC, Silva SMCC, Bezerra HT. Logística de transporte: um panorama nacional das empresas de transporte de carga no Brasil. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 8, e19810817319, 2021.
2. Lorente GD, Stefaneli PB, Endo GY, Colares-Santos L, Cerqueira-Streit JA (2024, jan./jun.). Keys performance indicators e dashboard do transporte rodoviário de cargas: um estudo de caso. *Revista Inovação, Projetos e Tecnologias - IPTEC*, São Paulo, 12(1), 1-17, e25628.
3. Malta, RFB, Fonseca Filho HA. logística do transporte rodoviário no Brasil e as práticas sustentáveis – uma aproximação da teoria de campos de ação estratégica. *Contribuciones a Las Ciencias Sociales*, São José dos Pinhais, v. 17, n. 1, p. 717-731, 2024.
4. Confederação Nacional do Transporte (CNT). Anuário CNT do Transporte 2019: principais dados. Brasília, 2019
5. Brasil. Código de Trânsito Brasileiro (CTB) – Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997. Brasília, DF: Presidência da República, 1997.
6. Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN). Resolução nº 882, de 13 de dezembro de 2021. Estabelece os limites de peso e tolerâncias para veículos de carga.
7. Grimm HF, Brito LAT. Nível de carga de veículos comerciais em rodovias federais concedidas. *Revista Transportes*, v. 31, n. 1, 2023.

8. Sartori H, Cordeiro CCM. Leis e diretrizes para o transporte terrestre de cargas perigosas no Brasil. Revista Ibero- Americana de Humanidades, Ciências e Educação- REASE, São Paulo, v.7.n.11.nov. 2021.
9. Simão LE, Scariot GL, Cezne MA. Transporte rodoviário de cargas: como selecionar um método para cálculo de emissão de CO2 da sua frota? Revista Eletrônica de Estratégia & Negócios, 2022.
10. Christensen CM. O dilema da inovação. Lisboa: Actual Editora, 2018.
11. Torrinha AS, et al. Loss of product (cryogenic liquid) for filling of cars - tanks: production of liquid. ITEGAM-JETIA, Manaus, v. 1, n. 2, p. 4-9, jun. 2015.