

## ETEC DONA ESCOLÁSTICA ROSA

Ensino Médio com Habilitação Técnica Profissional em Logística

(AMS)

Alisson Silva Gomes<sup>1</sup>

Beatriz Souza dos Santos<sup>2</sup>

Breno Martinez Conceição<sup>3</sup>

Carla de Oliveira Magalhães Zabet<sup>4</sup>

Manoelly Baptista Machado<sup>5</sup>

### **ANÁLISE COMPARATIVA DOS MODAIS RODOVIÁRIO E FERROVIÁRIO NO ESCOAMENTO DO AGRONEGÓCIO BRASILEIRO**

**Resumo:** O Brasil tem forte dependência do modal rodoviário no transporte de suas mercadorias, tendo esse setor como responsável de 64,8% de toda a carga movimentada. A matriz de transporte se encontra desequilibrada atualmente devido uma construção histórica que incentivou o crescimento do meio rodoviário e levou cada vez mais o sucateamento das ferrovias, que se encontram hoje ultrapassadas, o que incentiva esse estudo. Tendo em vista a extensão territorial brasileira, se torna desvantajoso para a competitividade do agronegócio tratar as operações de transporte em sua maioria através do modal rodoviário, pois percorrer longas distâncias com caminhões geram custos altos, este trabalho tem como objetivo fazer uma comparação entre os modais rodoviário e ferroviário e a influência que a logística de transporte tem na competitividade do agronegócio, a fim de observar os benefícios da aplicação da intermodalidade, redução da dependência brasileira no modal rodoviário e suas vantagens ambientais, tratando também dos desafios presentes na integração do modal ferroviário na logística de movimentação de cargas.

**Palavras-chave:** Emissão. Rodoviário. Ferroviário. Intermodalidade. Agronegócio.

<sup>1</sup> Alisson Silva Gomes, Etec Dona Escolástica Rosa – [alisson.gomes9@etec.sp.gov.br](mailto:alisson.gomes9@etec.sp.gov.br)

<sup>2</sup> Beatriz Souza dos Santos, na Etec Dona Escolástica Rosa – [beatriz.santos1152@etec.sp.gov.br](mailto:beatriz.santos1152@etec.sp.gov.br)

<sup>3</sup> Breno Martinez Conceição, na Etec Dona Escolástica Rosa – [breno.conceicao2@etec.sp.gov.br](mailto:breno.conceicao2@etec.sp.gov.br)

<sup>4</sup> Carla de Oliveira Magalhães Zabet, na Etec Dona Escolástica Rosa – [carla.zabet@etec.sp.gov.br](mailto:carla.zabet@etec.sp.gov.br)

<sup>5</sup> Manoelly Baptista Machado, na Etec Dona Escolástica Rosa – [manoelly.machado@etec.sp.gov.br](mailto:manoelly.machado@etec.sp.gov.br)

Orientadora Profa Me. Vânia Amaro Gomes, na Etec Dona Escolástica Rosa – [vania.gomes@etec.sp.gov.br](mailto:vania.gomes@etec.sp.gov.br)

**Abstract:** Brazil relies heavily on road transport for the transportation of its goods, with this sector accounting for 64.8% of all cargo moved. The transportation matrix is currently unbalanced due to a historical development that favored the growth of the road system, which increasingly led to the deterioration of railways that are now outdated—an issue that motivates this study. Considering Brazil's territorial extension, relying mostly on road transport becomes disadvantageous for the competitiveness of agribusiness, as covering long distances with trucks generates high costs. This study aims to compare the road and rail modals and analyze the influence of transportation logistics on agribusiness competitiveness, in order to highlight the benefits of applying intermodality, reducing Brazil's dependence on the road modal, and the environmental advantages associated with it, while also addressing the challenges involved in integrating the rail modal into cargo transportation logistics.

Keywords: Emission. Roadway. Railway. Intermodality. Agribusiness.

## INTRODUÇÃO

O agronegócio se encontra numa posição importante para a economia brasileira, sendo um dos pilares essenciais para a inserção do Brasil no mercado internacional, além de sua alta geração de emprego. E para o bom funcionamento dessa cadeia produtiva é necessário um bom planejamento logístico para que as expectativas do consumidor final sejam atendidas e superadas, sempre visando o compromisso com o meio ambiente.

Nessa lógica, o transporte se torna um dos fatores críticos para se obter menores custos, atendimento de prazos e no meio ambiente causar o menor impacto possível de acordo com a estratégia e modal utilizado pela empresa.

Segundo a Confederação Nacional dos Caminhoneiros e Transportadores Autônomos de Bens e Cargas, o modal rodoviário é responsável por 65% do transporte de grãos no Brasil mesmo não sendo o que apresenta menor custo logístico e maior sustentabilidade em razão do modal ferroviário que apresenta menores custos por tonelada transportada e menor emissão de CO<sub>2</sub>. Essa matriz de transporte se deu de uma construção histórica brasileira, com o incentivo das rodovias e o sucateamento das ferrovias.

Porém, atualmente, tem-se discutido a importância da expansão e modernização das malhas ferroviárias através de investimentos para uma matriz equilibrada e utilização da intermodalidade.

Este trabalho tem por objetivo analisar as vantagens e limitações dos modais rodoviários e ferroviários no escoamento de produtos agrícolas, além de

aprofundar nos fatores que limitam a expansão ferroviária e os benefícios da aplicação da intermodalidade nos serviços de transportes. Utilizando de uma pesquisa aplicada com uma abordagem quantitativa em fontes bibliográficas e documentais. Além disso, foi realizado um estudo de caso, elaborado a partir dos dados secundários obtidos em pesquisa bibliográfica, visando compreender qual a desvantagem da dependência do modal rodoviário.

## **IMPACTOS AMBIENTAIS DOS TRANSPORTES DE CARGAS**

O Brasil, apesar de sua rica biodiversidade, enfrenta diversos desafios ambientais que afetam tanto os ecossistemas quanto a qualidade de vida da população (Sabrine Eduarda Tonioli, 2025). No setor de transporte de cargas, a emissão de CO<sub>2</sub> está entre os principais fatores que intensificam a poluição atmosférica, sendo responsável por 15,9% do total de emissões no planeta. Especificamente em 2019, ficando apenas atrás de termelétricas, este setor foi mundialmente o segundo maior poluidor com 24,5% das emissões globais (SILVA; SILVA, 2024).

Entre o período de 1990 e 2016 as emissões de CO<sub>2</sub> aumentaram 71% em relação aos anos anteriores tendo o modal rodoviário como principal responsável, consumindo cerca de 33% de derivados de petróleo (ANTÔNIA *et al*, 2025). Apesar de atrair mais lucro e ser extremamente flexível, devido à alta demanda da modal e alta dependência de fonte de energia não renovável, o transporte gera impactos ambientais, tais como: emissão de poluentes, altos níveis de ruído, doenças, entre outros (SILVA; SILVA, 2024).

O transporte ferroviário se destaca em relação ao rodoviário, podendo reduzir cerca de 60% a emissão de carbono por tonelada-quilômetro (TONIOLI, 2025), chegando a consumir quatro vezes menos combustível (KENNEDY *et al*, 2024). Embora haja contribuição econômica e o aumento da produtividade agrícola, o modal ferroviário, assim como qualquer outro no setor de transportes, também acarreta impactos ambientais como; geração de poeira, alteração de cursos fluviais, dentre outras intervenções (LOPES, 2024).

## **CONTEXTO HISTÓRICO DA MATRIZ DE TRANSPORTE BRASILEIRA**

Após a independência do Brasil em 1822 o país fomentou a sua economia através, principalmente, de atividades cafeeiras que estavam em constante crescimento, superando as exportações de cana-de-açúcar (TEIXEIRA, 2003). Por

esse motivo, surge a necessidade de se criar ferrovias para interligar os locais de produção aos portos, principalmente ao porto de Santos que durante o século XIX era o que mais exportava café, mas os custos de transporte se tornavam alto devido as longas distâncias a serem percorridas por mulas de São Paulo a Santos, se tornava até mesmo inviável produzir o café em certos locais (LIRA *et al*, 2025).

Embora fosse entendido a carência de ferrovias e as vantagens que viriam a partir da sua construção, a Serra do Mar impedia que as fazendas cafeeiras fossem conectadas ao porto de Santos através de trilhos devido os seus 800 metros de altitude.

Em 1856 Irineu Evangelista de Souza, também conhecido como Barão de Mauá recebeu concessão definitiva para a construção de vias férreas sobre a serra, apesar de apresentar dificuldades na concretização, Mauá buscou conseguir capital para dar início as construções (CRUZ, 2010). Idealizada pelo Barão, a "*The São Paulo Railway*" ou também conhecida como "A Inglesa", iniciou as obras, apresentando sua primeira dificuldade, transpor os 800 metros de altitude ao longo de 8 quilômetros, a solução encontrada pelos engenheiros foi construir planos inclinados onde os trens seriam puxados por cabos de aço (TEIXEIRA, 2003).

A SPR inaugurou a primeira ferrovia do estado de São Paulo, conectando Santos à Capital em 1865, chegando a Jundiaí em 1867, esse foi o pontapé para as próximas malhas ferroviárias que viriam a surgir mais à frente no Brasil (TEIXEIRA, 2003).

Mesmo com os bons resultados apresentados pela utilização das ferrovias no transporte de mercadorias elas acabaram entrando em desuso em detrimento do meio rodoviário que teve seu crescimento inicial no final do século XIX e início do século XX, onde nascia a indústria automobilística nos Estados Unidos e Europa, e influenciou algumas políticas de transporte no Brasil (PEREIRA; LESSA, 2011).

A precariedade das estradas de rodagem não impediu o avanço do número de automóveis no Brasil, isso fez com que empresas automobilísticas enxergassem um mercado a se explorar, como a *Ford Company* que instalou uma sede em São Paulo, lançando no mercado o seu modelo T com peças importadas dos Estados Unidos em 1919. Washington Luís, presidente da época também percebia a proporção e importância que o meio rodoviário estava tendo, não é à toa que seu *slogan* era "governar é criar estradas" e que durante seu governo (1926-1930) houve a criação do "Fundo especial para a construção e conservação de estradas de

rodagem federais”, esse foi o início das constantes políticas públicas que viriam surgir em prol do desenvolvimento das rodovias (GRANDI; HUERTAS, 2023).

A forte influência dos Estados Unidos no setor automobilístico fez com que a lógica rodoviarista tomasse o lugar de destaque do meio ferroviário e se desenvolvesse de forma constante na primeira e segunda metade do século XX, diversos fatores influenciaram os incentivos do desenvolvimento rodoviário, como a facilidade de se conseguir produtos provenientes dos EUA que havia se tornado uma potência nos quesitos materiais para a construção de locais destinados ao tráfego de veículos automotores, além de financiamentos e as políticas públicas (PONTES; BALDOINO, 2021), outro fator são os custos para as construções de ferrovias, onde especialistas estimam que para cada quilômetro serão necessários entre R\$5,4 milhões e R\$9,6 milhões, enquanto para as rodovias entre R\$3,37 milhões e R\$4,85 milhões (VIDAL, 2022).

Apesar das malhas rodoviárias se tornarem presentes no Brasil todo, grande parte delas apresentam precariedades até os dias atuais, segundo a Confederação Nacional de Transportes (2018) apenas 12,4% de toda a malha viária brasileira é pavimentada, mas nem todas se encontram num bom estado. Isso tem afetado a logística de um dos pilares da economia brasileira, o agronegócio, que consequentemente tem sua competitividade impactada (GONÇALVES *et al*, 2024).

## **CARACTERÍSTICAS DOS MODAIS RODOVIÁRIO E FERROVIÁRIO**

Um modal é escolhido principalmente pela sua eficiência e economia. No Brasil, as condições da infraestrutura do ferroviário levam os exportadores a escolha das rodovias, que apesar de gerar um alto custo, acaba sendo mais eficiente e econômico que a utilização do ferroviário, devido sua baixa infraestrutura e modernização (FABBRIS, 2023).

### **RODOVIÁRIO**

O modal rodoviário pode ser definido como veículos automotores que utilizam de rodovias e estradas para a movimentação de pessoas e mercadorias (OLIVEIRA, 2023). Ele é ideal na entrega de um serviço porta a porta, e tem como características a praticidade, velocidade, volume de carga restringido e disponibilidade, porém esse tipo de transporte se torna oneroso em longas distâncias, pois os custos com combustíveis e com as rodovias má conservadas acabam sendo altos (SCHYRA, 2019), além de ser um setor que tem um nível elevado de emissão

de dióxido de carbono, devido à grande concentração de cargas nele presente (VASCONCELOS; TORRES & SILVA, 2022).

## **FERROVIÁRIO**

O modal ferroviário é o transporte feito a partir de locomotivas sobre trilhos, movidos a eletricidade ou óleo diesel e possui vagões interligados entre si. Tem como principais características o baixo custo ao transportar grandes volumes em longas distâncias e menor emissão de carbono em função da tonelada transportada (GOMES; SILVA, 2020).

Segundo Oliveira (2023), quando empregado em algumas condições específicas, como movimentar cargas de baixo valor agregado, em grande quantidade e em longas distâncias, é capaz de diminuir gargalos logísticos, impactos ambientais, valor de frete e segurança e fornecer uma maior eficiência energética.

## **VANTAGENS DAS FERROVIAS SOBRE AS RODOVIAS**

Observando o cenário atual da logística de transporte brasileira é possível compreender o motivo da matriz de transporte estar concentrada no modal rodoviário, sendo responsável por cerca de 64,8% de todo o transporte de cargas em território nacional segundo pesquisas de 2024 da Confederação Nacional de Transportes (CNT).

A falta de infraestrutura nos outros modais é um dos fatores principais para isso. Porém, mudanças precisam ser feitas, tendo em vista que a movimentação de cargas é crucial para a economia, e no porto de Santos essa demanda só vem aumentando de acordo com análises da Autoridade Portuária de Santos (APS) em 2025. Levando em consideração os desafios que o setor rodoviário tem enfrentado, se faz necessária a participação de um outro modal nessas movimentações, e o ferroviário tem-se mostrado uma alternativa plausível ao estar sendo centro de debates no evento “Mais trilhos, Brasil!”, movimento promovido pela Associação Brasileira da Indústria Ferroviária (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES, 2025).

A vantagem do modal ferroviário se encontra nos baixos custos operacionais no transporte de distâncias acima de 500km e com grande volume de cargas de baixo valor agregado, Gomes e Silva (2020) estimam que o transporte feito pelo modal ferroviário é 35% mais barato que o rodoviário. Ainda segundo os autores (2020)

“O transporte através de ferrovias possui baixo custo de frete, menor índice de roubos, sem pedágios, poucos acidentes, baixa poluição ambiental, quase sem manutenção, transporta grandes quantidades e viajam por longas distâncias e possui compartimentos para grandes cargas maior segurança e pouco gasto de energia e rotas exclusivas.”

Apesar de suas vantagens o setor enfrenta alguns problemas como o tamanho das bitolas que não há um padrão, diferentemente de alguns países que definiram um padrão já no século XIX como foi o caso dos Estados Unidos e Europa que decidiram utilizar o tamanho de 1,435m, já no Brasil variam de 1m a 1,6m. Isso dificulta diretamente o acesso a portos através das ferrovias (GOMES & SILVA, 2020).

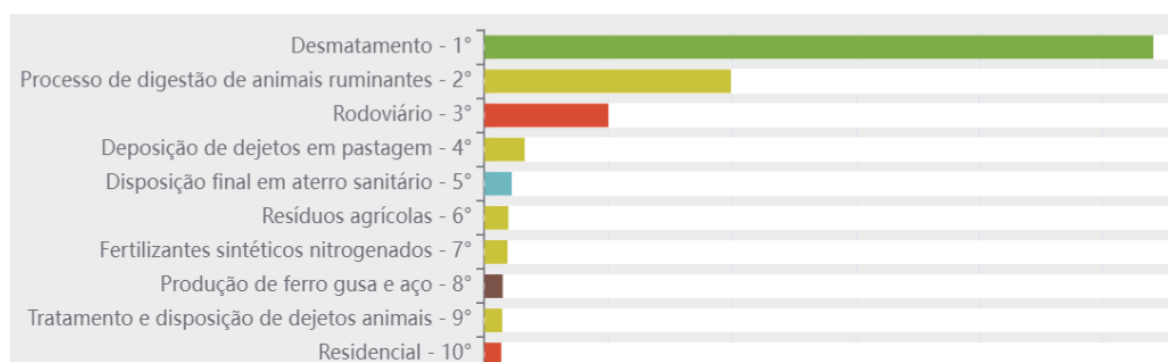
## INTERMODALIDADE E SEUS BENEFÍCIOS

A intermodalidade tem sido alvo de debates e sido considerada o caminho para a melhoria da eficiência logística. No evento “Mais Trilhos, Brasil!” o presidente da Associação Brasileira da Indústria Ferroviária, Vicente Abate destacou

“Investir em ferrovias significa reduzir custos logísticos, aumentar a competitividade e contribuir para a sustentabilidade. Mas é preciso haver previsibilidade e continuidade de investimentos, além da integração da malha com portos, rodovias e hidrovias” (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES, 2025).

Branco *et al* (2023) cita a intermodalidade como uma das ações para diminuir os gases do efeito estufa (GEE) provindos do transporte de cargas, pois como já citado, o setor rodoviário é responsável por mais de 60% de toda a movimentação de cargas no Brasil, isso faz com que esse tipo de transporte seja o terceiro maior emissor de GEE no país, como mostra o gráfico abaixo (SEEG, 2023).

**Gráfico 1 – Emissões no Brasil por subcategoria emissora**



Fonte: Jefferson Santos & Fernanda Araujo, 2025.

## ESTUDOS DE CASO

O Porto de Santos bateu recorde de movimentações de carga no ano de 2024, e a soja teve 27,8 milhões de toneladas nessa participação, tendo como áreas de influência os Estados de São Paulo, Mato Grosso, Mato Grosso do sul, Goiás e Minas Gerais (AUTORIDADE PORTUÁRIA DE SANTOS, 2025). Para esse estudo serão analisados 3 cenários utilizando apenas o modal rodoviário, ferroviário e aplicando a intermodalidade nas operações a fim de identificar a emissão de carbono e seus custos parciais por ano ao analisar a tonelada-quilômetro útil (TKU).

Para o modal rodoviário será utilizado o caminhão traçado graneleiro 6x4 com uma carreta graneleira com capacidade de 30 toneladas, (VOLVO, 2021) e para o modal ferroviário será utilizado vagões *hopper* com capacidade de 101,7 toneladas (GREENBRIER MAXION, 2017) onde cada composição terá capacidade para transportar 120 vagões e utilizarão 4 locomotivas. Além disso, para cada litro será considerado 4km percorridos no modal rodoviário e a cada 20 litros será percorrido 1km no ferroviário.

Para cálculo da emissão de carbono de cada modal será considerado a média de 2,6kg de emissão para cada litro de diesel queimado (INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA, 2011), para medir o TKU será considerado que para transportar 1 tonelada por 1000km terá um custo de R\$425 para o modal rodoviário e R\$168 para o ferroviário (RODRIGUES, 2023). Os cenários são:

1º Será considerado a produção das 27,8 milhões toneladas de soja e transporte para o Porto de Santos a partir de Sorriso-MT onde a distância percorrida será de 4.013km (ida e volta) (ROTAS BRASIL, 2025) utilizando apenas o modal rodoviário.

2º Será considerado a produção das 27,8 milhões toneladas de soja e transporte para o Porto de Santos a partir de Sorriso-MT onde a distância percorrida será de 2.006,5km (ROTAS BRASIL, 2025) utilizando apenas o modal ferroviário.

3º Será considerado a produção das 27,8 milhões toneladas de soja e transporte para o Porto de Santos a partir de Sorriso-MT onde a distância percorrida será de 2.006,5km (ROTAS BRASIL, 2025) utilizando a intermodalidade nas operações, porém o modal rodoviário será utilizado em distâncias curtas, nesse caso 1.225,6km ida e volta de Sorriso-MT a Rondonópolis-MT, e o ferroviário nas longas distâncias, nesse caso 2.794,2 km ida e volta Rondonópolis-MT ao Porto de Santos.

## **1º CENÁRIO**



Para calcular quantos caminhões serão utilizados por ano para transportar as 27,8 milhões toneladas de soja foi utilizado a seguinte memória de cálculo:

$$\frac{\text{Toneladas de soja a serem transportadas}}{\text{Capacidade de transporte de cada caminhão}}$$

Resultado obtido: 926.667 caminhões no ano

Para calcular quantos litros de diesel cada caminhão utilizará na operação foi utilizado a seguinte memória de cálculo:

$$\frac{\text{Distância a ser percorrida(ida e volta)}}{\text{quantidade de km por litro}}$$

Resultado obtido: 1.003,25 litros

Para calcular quantos litros de diesel foram utilizados no ano, a seguinte memória de cálculo foi utilizada:

$$\text{Litros de diesel utilizados por cada caminhão} \cdot \text{Quantidade de caminhões}$$

Resultado obtido: 929.678.667,75 litros

Para calcular a emissão total de CO2 da operação foi utilizado a seguinte memória de cálculo:

$$\text{Quantidade total de litros queimados} \cdot \text{média de CO2 emitido por litro queimado}$$

Resultado obtido: 2.417.164.536,15 kg de CO2 emitidos

Para cálculo do TKU de cada caminhão foi utilizado a seguinte memória de cálculo:

$$\frac{\text{TKU a cada 1000km do modal}}{1000\text{km}} \cdot \text{Distância a ser percorrida} \cdot \text{Capacidade do caminhão}$$

Resultado obtido: R\$51.165,75

Para calcular o total de TKU de toda a operação será utilizado a seguinte memória de cálculo:

*TKU de cada caminhão · Quantidade de caminhões utilizados*

Resultado obtido: R\$47.413.612.055,25

**Tabela 1 – TKU e CO2 Total do Cenário 1**

TKU TOTAL (R\$)	47.413.612.055,25
EMIÇÃO DE CO2 TOTAL (T)	2.417.164,53

## 2 CENÁRIO

Para calcular quantos vagões serão utilizados por ano para transportar as 27,8 milhões toneladas de soja foi utilizado a seguinte memória de cálculo:

$$\frac{\text{Toneladas de soja a serem transportadas}}{\text{Capacidade de transporte de cada vagão}}$$

Resultado obtido: 273.453 vagões no ano

Cada composição terão 120 vagões, para calcular quantas serão utilizadas foi considerada a seguinte memória de cálculo:

$$\frac{\text{Quantidade de vagões utilizados}}{\text{Capacidade de cada composição}}$$

Resultado obtido: 2.279 composições no ano

Para calcular quantos litros de diesel cada composição utilizará na operação foi utilizado a seguinte memória de cálculo:

$$\text{Distância a ser percorrida} \cdot \text{Litros pra cada km}$$

Resultado obtido: 80.260 litros

Para calcular quantos litros de diesel foram utilizados no ano, a seguinte memória de cálculo foi utilizada:

$$\text{Litros de diesel utilizados por cada composição} \cdot \text{Quantidade de composições}$$

Resultado obtido: 182.912.540 litros

Para calcular a emissão total de CO2 da operação foi utilizado a seguinte memória de cálculo:

$$\text{Quantidade total de litros queimados} \cdot \text{média de CO2 emitido por litro queimado}$$

Resultado obtido: 475.572.604 kg de CO2 emitidos

Para cálculo do TKU de cada composição por viagem foi utilizado a seguinte memória de cálculo:

$$\frac{\text{TKU a cada 1000km do modal}}{1000\text{km}} \cdot \text{Distância a ser percorrida} \cdot \text{Capacidade da composição}$$

Resultado obtido: R\$8.227.741,53

Para calcular o total de TKU no ano, será utilizado a seguinte memória de cálculo:

$$\text{TKU de cada composição} \cdot \text{Quantidade de composições utilizadas}$$

Resultado obtido: R\$18.751.022.946,87

**Tabela 2 – TKU e CO2 Total do Cenário 2**

TKU TOTAL (R\$)	18.751.022.946,87
EMIÇÃO DE CO2 TOTAL (T)	475.572,60

### **CENÁRIO 3**

#### **Rodoviário:**

Para calcular quantos caminhões serão utilizados por ano para transportar as 27,8 milhões toneladas de soja foi utilizado a seguinte memória de cálculo:

$$\frac{\text{Toneladas de soja a serem transportadas}}{\text{Capacidade de transporte de cada caminhão}}$$

Resultado obtido: 926.667 caminhões no ano

Para calcular quantos litros de diesel cada caminhão utilizará na operação foi utilizado a seguinte memória de cálculo:

$$\frac{\text{Distância a ser percorrida(ida e volta)}}{\text{quantidade de km por litro}}$$

Resultado obtido: 306,4 litros

Para calcular quantos litros de diesel foram utilizados no ano, a seguinte memória de cálculo foi utilizada:

$$\text{Litros de diesel utilizados por cada caminhão} \cdot \text{Quantidade de caminhões}$$

Resultado obtido: 283.930.768,8 litros

Para calcular a emissão total de CO2 da operação foi utilizado a seguinte memória de cálculo:

$$\text{Quantidade total de litros queimados} \cdot \text{média de CO2 emitido por litro queimado}$$

Resultado obtido: 738.219.998,88 kg de CO2 emitidos

Para cálculo do TKU de cada caminhão foi utilizado a seguinte memória de cálculo:

$$\frac{\text{TKU a cada 1000km do modal}}{1000\text{km}} \cdot \text{Distância a ser percorrida} \cdot \text{Capacidade do caminhão}$$

Resultado obtido: R\$15.626,4

Para calcular o total de TKU apenas com as rodovias será utilizado a seguinte memória de cálculo:

$$\text{TKU de cada caminhão} \cdot \text{Quantidade de caminhões utilizados}$$

Resultado obtido: R\$14.480.469.208,8

**Tabela 3 – TKU e CO2 Total no Modal Rodoviário do Cenário 3**

TKU TOTAL (R\$)	14.480.469.208,8
EMIÇÃO DE CO2 TOTAL (T)	738.219.998,88

**Ferroviário:**

Para calcular quantos vagões serão utilizados por ano para transportar as 27,8 milhões toneladas de soja foi utilizado a seguinte memória de cálculo:

$$\frac{\text{Toneladas de soja a serem transportadas}}{\text{Capacidade de transporte de cada vagão}}$$

Resultado obtido: 273.453 vagões no ano

Cada composição terão 120 vagões, para calcular quantas serão utilizadas foi considerada a seguinte memória de cálculo:

$$\frac{\text{Quantidade de vagões utilizados}}{\text{Capacidade de cada composição}}$$

Resultado obtido: 2.279 composições no ano

Para calcular quantos litros de diesel cada composição utilizará na operação foi utilizado a seguinte memória de cálculo:

$$\text{Distância a ser percorrida} \cdot \text{Litros pra cada km}$$

Resultado obtido: 55.884 litros

Para calcular quantos litros de diesel foram utilizados no ano, a seguinte memória de cálculo foi utilizada:

$$\text{Litros de diesel utilizados por cada composição} \cdot \text{Quantidade de composições}$$

Resultado obtido: 127.359.636 litros

Para calcular a emissão total de CO2 da operação foi utilizado a seguinte memória de cálculo:

$$\text{Quantidade total de litros queimados} \cdot \text{média de CO2 emitido por litro queimado}$$

Resultado obtido: 331.135.053,6 kg de CO2 emitidos

Para cálculo do TKU de cada composição por viagem foi utilizado a seguinte memória de cálculo:

$$\frac{TKU \text{ a cada } 1000km \text{ do modal}}{1000km} \cdot Distância \text{ a ser percorrida} \cdot Capacidade \text{ da composição}$$

Resultado obtido: R\$5.728.870,02

Para calcular o total de TKU no ano apenas com as ferrovias, será utilizado a seguinte memória de cálculo:

$$TKU \text{ de cada composição} \cdot Quantidade \text{ de composições utilizadas}$$

Resultado obtido: R\$13.056.094.775,58

**Tabela 3 – TKU e CO2 Total no Modal Ferroviário do Cenário 3**

TKU TOTAL (R\$)	13.056.094.775,58
EMIÇÃO DE CO2 TOTAL (T)	331.135,05

Para calcular o total de TKU gasto no ano em toda a operação foi utilizado a seguinte memória de cálculo:

$$Total \text{ da TKU do modal rodoviário} + Total \text{ da TKU do modal ferroviário}$$

Resultado obtido: R\$27.536.563.984,38

Para calcular o total de emissão de CO2 no ano em toda a operação foi utilizado a seguinte memória de cálculo:

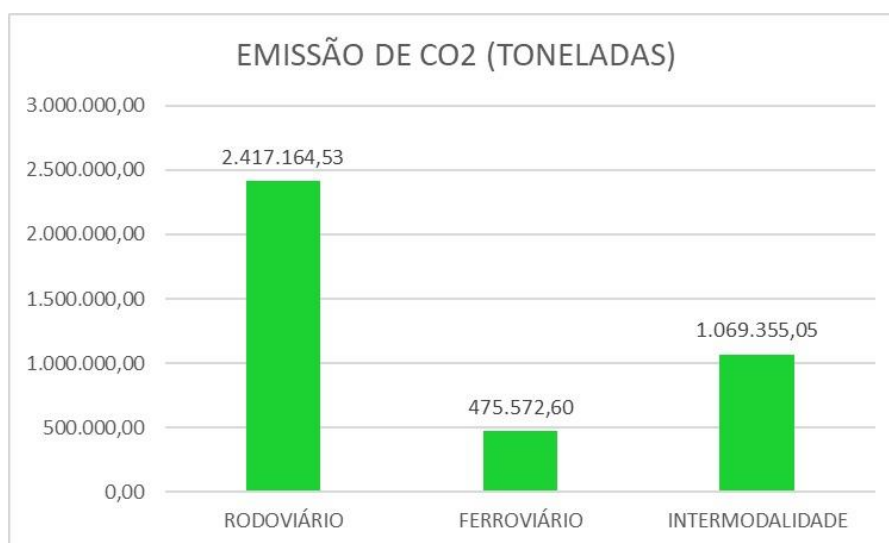
$$Total \text{ de emissão de CO2 do modal rodoviário} + Total \text{ de emissão de CO2 do modal ferroviário}$$

Resultado obtido: 1.069.355.052,48 kg de CO2

**Tabela 4 – TKU e CO2 Total do Cenário 3**

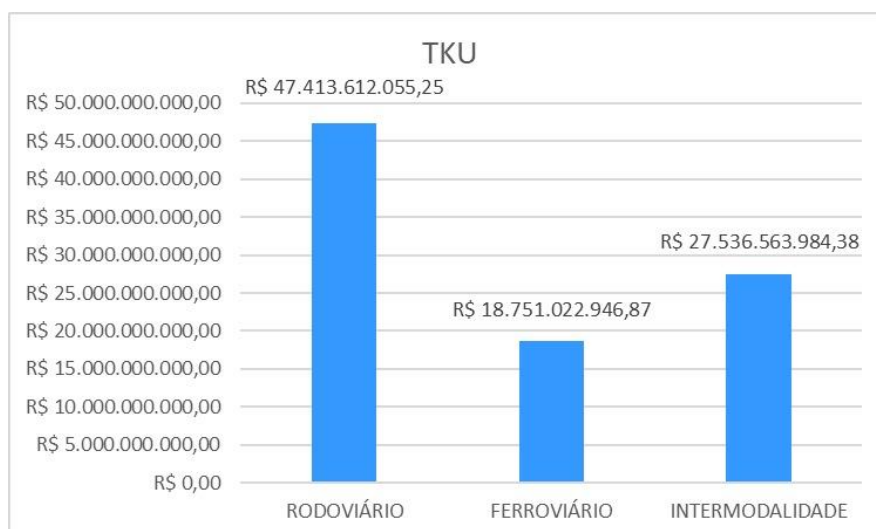
TKU TOTAL (R\$)	27.536.563.984,38
EMIÇÃO DE CO2 TOTAL (T)	1.069.355,05

**Tabela 5 – Comparação de TKU dos 3 Cenários Apresentados**



Fonte: Autor adaptado de dados secundários (2025).

**Tabela 6**



**Comparação de Emissão de CO2 (T) nos 3 Cenários Apresentados**

Fonte: Autor adaptado de dados secundários (2025).

A partir do estudo de caso através dos 3 cenários analisados, é possível perceber que através da intermodalidade se obtém uma vantagem competitiva equilibrada. Apesar da utilização total do modal ferroviário se demonstrar com menor emissão de CO2 e com maior vantagem no TKU seria inviável a aplicação desse

cenário, pois é necessário o modal rodoviário para uma entrega porta a porta, além dos investimentos iniciais que seriam altos.

### **AS FERROVIAS NO ESCOAMENTO DA SAFRA**

O agronegócio com sua dependência no modal rodoviário perde sua competitividade no mercado externo e com a maior participação das ferrovias no escoamento das safras os custos seriam reduzidos. A Confederação de Agricultura e Pecuária do Brasil, estima que com o empreendimento do projeto de ferrovia para transportar grãos do Norte do Mato Grosso até o porto de Miritituba-PA, conhecido como Ferrogrão, R\$19,2 bilhões de custos e 800 mil toneladas de CO<sub>2</sub> seriam diminuídos por ano (INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA, 2025).

Além do Programa de Aceleração do Crescimento, que visa a expansão do transporte rodoviário até 2026, com um investimento de R\$94,2 bilhões (INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA, 2025).

Dessa forma, esse setor se mostra promissor para corroborar com a redução de custos e gargalos logísticos na agropecuária, com os investimentos necessários a competitividade do agronegócio brasileiro tende a aumentar no mercado internacional.

### **RESULTADOS E DISCUSSÕES**

A análise comparativa entre os modais rodoviário e ferroviário demonstra que a atual predominância do transporte rodoviário no escoamento do agronegócio brasileiro é consequência direta de fatores históricos, estruturais e econômicos. Apesar de ser responsável por aproximadamente 65% a 64,8% do transporte de cargas no país, conforme dados da Confederação Nacional dos Transportes (CNT), os resultados indicam que essa dependência gera custos elevados, maiores gargalos logísticos e impactos ambientais amplificados.

Os dados levantados na pesquisa bibliográfica mostram que, embora o modal rodoviário seja flexível, amplamente disponível e eficiente no transporte porta a porta, ele também apresenta desvantagens significativas. Entre elas destacam-se os custos operacionais altos — principalmente combustíveis, manutenção, pedágios e desgaste de frota — além de sua forte contribuição para emissões de CO<sub>2</sub>. As pesquisas apontam que o setor rodoviário responde pela maior parcela das emissões no transporte de cargas, com aumento de 71% entre 1990 e 2016. Esse cenário compromete não apenas a competitividade do agronegócio, mas também a sustentabilidade ambiental.



Em contrapartida, os resultados relacionados ao modal ferroviário demonstram vantagens expressivas. O transporte sobre trilhos se destaca pela eficiência energética, menor custo por tonelada transportada e redução significativa das emissões de gases do efeito estufa — podendo chegar a 60% a menos que o modal rodoviário. Além disso, o transporte ferroviário apresenta menor índice de acidentes, maior segurança e maior capacidade para grandes volumes em longas distâncias. No entanto, os resultados também evidenciaram desafios estruturais importantes, como a baixa cobertura da malha, a ausência de padronização de bitolas e os altos custos iniciais de expansão.

A análise dos cenários de custos e emissão de CO<sub>2</sub> (100% rodoviário, 100% ferroviário e intermodal) reforçou essas conclusões. O primeiro cenário mostrou o maior custo operacional e o maior impacto ambiental. O segundo reduziu as emissões e custos variáveis, mas exigiria investimentos muito altos e prazos longos de implementação. Já o cenário intermodal apresentou o melhor equilíbrio: redução de custos totais, ganhos ambientais expressivos e diminuição da dependência exclusiva do modal rodoviário. Nesse modelo, o caminhão atua apenas em curtas distâncias até os terminais ferroviários, enquanto a ferrovia assume os percursos longos até os portos, modelo que promoveria maior competitividade ao agronegócio.

Outro resultado relevante encontrado no estudo foi a influência direta da infraestrutura de transportes na competitividade das exportações agrícolas. Projeções indicam que alguns empreendimentos como a Ferrogrão reduziram até R\$ 19,2 bilhões anuais em custos logísticos e evitariam a emissão de 800 mil toneladas de CO<sub>2</sub> por ano. Esses números confirmam que ampliar a participação ferroviária no transporte de grãos é essencial para manter o Brasil competitivo no mercado global.

Por fim, as discussões apontam que o modelo logístico atual, baseado majoritariamente no modal rodoviário, não atende plenamente às necessidades de um setor que cresce de forma acelerada. A integração entre modais surge como solução indispensável para reduzir gargalos, promover sustentabilidade e otimizar o escoamento da produção agrícola. A expansão ferroviária, aliada à intermodalidade, representa não apenas uma alternativa, mas uma necessidade estratégica para a evolução da logística nacional.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Diante do exposto, percebe-se que a dependência do modal rodoviário não é benéfica para o agronegócio brasileiro, tendo em vista a dimensão do país. Esse

estudo revelou os problemas estruturais presentes nos dois modais, mas os dados expostos sobre os custos reduzidos ao empregar as ferrovias nas operações revelam este modal como um ótimo investimento para aumentar a competitividade da agropecuária internacionalmente, tendo em consideração que seu TKU se demonstrou 41,92% mais baixo em comparação com o modal rodoviário como os dados do estudo mostraram, além da emissão de CO<sub>2</sub> que diminuíram 55,75%, o que compactua com as hipóteses iniciais levantadas nesse estudo. Mas para isso, é necessário um investimento constante nos dois modais, principalmente na infraestrutura do ferroviário que se encontram abandonadas, para dessa forma haver o emprego da intermodalidade em sua maior capacidade, eficiência e eficácia, pois se mostram promissoras nos dados levantados.

Apesar disso, é notório a atenção que o modal ferroviário e principalmente a intermodalidade vem tomando ao longo dos anos com eventos como o “Mais Trilhos, Brasil!”, que vêm discutindo a necessidade de empregar outros modais as operações de transporte.

Dessa forma, com o constante investimento e crescimento desse setor é esperançoso que a competitividade da agropecuária nacional no mercado internacional aumente cada vez mais.

## REFERÊNCIAS

GREENBRIER MAXION. **HTT Boletim Técnico Vagão Hopper Tanque**, 2017. Disponível em: [https://www.amstedmaxion.com.br/wp-content/uploads/2017/10/GBM\\_013\\_laminas\\_htt-1.pdf](https://www.amstedmaxion.com.br/wp-content/uploads/2017/10/GBM_013_laminas_htt-1.pdf) Acesso em: 03 dez. 2025.

APS – **Autoridade Portuária de Santos. Porto de Santos bate recorde histórico de movimentação de cargas em 2024**, 2025. Disponível em: <https://www.portode-santos.com.br/2025/01/16/porto-de-santos-bate-recorde-historico-de-movimentacao-de-cargas-em-2024/> Acesso em: 03 dez. 2025.

BUFON, G. B. **Inovação, importância e gestão do agronegócio no Brasil**, 2020. Disponível em: <https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/handle/123456789/599>. Acesso em: 6 ago. 2025.

BRANCO, J. E. H.; BONATO, D. B. B.; JÚNIOR, P. N. A.; FILHO, J. V. C. **Ações e políticas para redução da emissão de CO<sub>2</sub> no transporte de cargas do Brasil**, 2023. Disponível em: <https://anpet.emnuvens.com.br/anpet/article/view/2415/1011>. Acesso em: 9 nov. 2025.

CARVALHO.C.H.R. **Emissões Relativas de Poluentes do Transporte Motorizado de Passageiros nos Grandes Centros Urbanos Brasileiros**, 2011. Disponível em: [https://portalantigo.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/TDs/td\\_1606.pdf](https://portalantigo.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/TDs/td_1606.pdf) Acesso em: 03 dez. 2025.

CASTRO, C. N. **O Agronegócio e os Desafios da Infraestrutura de Transporte na Região Centro-Oeste**, 2017. Disponível em: [https://portalantigo.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/livros/livros/20170213\\_livro\\_desenvolvimentoregional\\_cap8.pdf](https://portalantigo.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/livros/livros/20170213_livro_desenvolvimentoregional_cap8.pdf). Acesso em: 10 set. 2025.

CNT – **Confederação Nacional do Transporte. Em painel na Intermodal 2024, presidente do Sistema Transporte fala das perspectivas e desafios do transporte brasileiro**, 2024. Disponível em: <https://cnt.org.br/agencia-cnt/em-painel-na-intermodal-2024-presidente-do-sistema-transporte-fala-das-perspectivas-e-desafios-do-transporte-brasileiro>. Acesso em: 5 ago. 2025.

**CNT – Confederação Nacional do Transporte. Intermodalidade e expansão ferroviária são apontadas como caminho para melhorar eficiência logística**, 2025. Disponível em: <https://cnt.org.br/agencia-cnt/intermodalidade-e-expansao-ferroviaria-so-apontadas-como-caminho-para-melhorar-eficincia-logstica>. Acesso em: 17 nov. 2025.

**CNT – Confederação Nacional do Transporte. Pesquisa CNT de Rodovias 2024**, 2024. Disponível em: <https://cnt.org.br/documento/cbf59b9e-fd1a-41fc-b230-172c4dc42100>. Acesso em: 5 ago. 2025.

**CNT – Confederação Nacional do Transporte. Somente 12,4% da malha rodoviária brasileira é pavimentada**, 2018. Disponível em: <https://www.cnt.org.br/agencia-cnt/somente-12-da-malha-rodoviaria-brasileira-pavimentada>. Acesso em: 10 ago. 2025.

**CONFTAC – Confederação Nacional dos Caminhoneiros e Transportadores Autônomos de Bens e Cargas. Caminhões dominam o transporte de grãos; Outros modais têm crescimento discreto**, 2024. Disponível em: <https://conf-tac.org.br/caminhoes-domin-am-o-transporte-de-graos-outros-modais-tem-crescimento-discreto/>. Acesso em: 6 ago. 2025.

**CRUZ, T. F. S. No meio do caminho... Uma serra, a ferrovia o café e uma Vila**, 2010. Disponível em: <https://www.iau.usp.br/sspa/arquivos/pdfs/papers/01517.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2025.

**DIAS, T. A. O. A. P.; FILHO, J. E. R. V. O Agronegócio e as ferrovias**, 2025. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/server/api/core/bitstreams/ba42b419-d573-432e-bafc-4ab9c76fc331/content>. Acesso em: 18 nov. 2025.

**EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Visão 2030: O Futuro da Agricultura Brasileira**, 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/10180/9543845/Vis%C3%A3o+2030+--+o+futuro+da+agricultura+brasileira/2a9a0f27-0ead-991a-8cbf-af8e89d62829>. Acesso em: 26 ago. 2025.

**FABBRIS, A. L. Análise comparativa entre os modais rodoviário e ferroviário: custo de construção, manutenção, transporte e acidentes**, 2023. Disponível em:

<https://repositorio.jesuita.org.br/bitstream/handle/UNISINOS/12963/Arthur+Leduc+Fabbris.pdf?sequence=1>. Acesso em: 19 set. 2025.

FGV – **Fundação Getulio Vargas. Custos no Transporte Rodoviário Brasileiro**, 2023. Disponível em: <https://repositorio.fgv.br/server/api/core/bitstreams/ab693923-ff47-425c-99c0-1dc6f4af2eae/content> Acesso em: 03 dez. 2025.

GOMES, R.; SILVA, L. S. R. S. **Gargalos ferroviários: A Logística no Escoamento da Safra Agrícola para o Porto de Santos**, 2019. Disponível em: <https://downloads.editoracientifica.com.br/articles/200800864.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2025.

GRANDI, G.; HUERTAS, D. **Dos primórdios à institucionalização do rodoviarismo no Brasil (1893-1945)**, 2023. Disponível em: <https://rihgb.emnuvens.com.br/revista/article/view/4/2>. Acesso em: 25 ago. 2025.

LIRA, G. M.; PIMENTEL, K. M.; SOARES, L. R. C.; SILVA, L. P. **Caminhos do Café: Os obstáculos logísticos no Brasil**, 2025. Disponível em: [https://revista.fateczl.edu.br/index.php/engetec\\_revista/article/view/338/371](https://revista.fateczl.edu.br/index.php/engetec_revista/article/view/338/371). Acesso em: 20 ago. 2025.

LOPES, F. S. **Além da ferrovia: contribuição ao estudo dos impactos ambientais. 1. ed., Juiz de Fora – MG: Perensin**, 2024. Disponível em: [https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=7JVjEQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA22&dq=ferrovia+meio+ambiente&ots=fvFWM-6v5h&sig=NTghmRTILDxtuKpXIDxylPLMNSE&redir\\_esc=y#v=onepage&q=ferrovia%20meio%20ambiente&f=false](https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=7JVjEQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA22&dq=ferrovia+meio+ambiente&ots=fvFWM-6v5h&sig=NTghmRTILDxtuKpXIDxylPLMNSE&redir_esc=y#v=onepage&q=ferrovia%20meio%20ambiente&f=false). Acesso em: 18 nov. 2025.

MACHADO, L. K. C.; SILVA, S. S.; PRADO, J. W.; SANTOS, A. C. **Transporte ferroviário e meio ambiente**, 2024. Disponível in: <https://reunir.revistas.ufcg.edu.br/index.php/uacc/article/view/928>. Acesso em: 17 nov. 2025.

NETTO, F. F. **150 anos de transportes no Brasil. Universidade do Texas-Ministério dos Transportes, Centro de Documentação e Publicações**, 1974. Disponível em: [https://books.google.com.br/books/about/150\\_anos\\_de\\_transportes\\_no\\_Brasil.html?id=uUo\\_AAAAYAAJ&redir\\_esc=y](https://books.google.com.br/books/about/150_anos_de_transportes_no_Brasil.html?id=uUo_AAAAYAAJ&redir_esc=y). Acesso em: 19 set. 2025.

OLIVEIRA, H. S. B. **Comparativo dos Modais Ferroviário e Rodoviário para o Transporte de Biodiesel no Brasil**, 2023. Disponível em: [https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/20883/1/HSBOliveira.pdf?utm\\_source=chatgpt.com](https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/20883/1/HSBOliveira.pdf?utm_source=chatgpt.com). Acesso em: 7 out. 2025.

PEREIRA, F. D.; ROCHA, R. F. **Análise comparativa dos custos operacionais/ planilha de frete dos modais rodoviário versus ferroviário**, 2023. Disponível em: <http://repositorio.ifg.edu.br/handle/prefix/1795>. Acesso em: 19 set. 2025.

PEREIRA, L. A. G.; LESSA, S. N. **O Processo de Planejamento e Desenvolvimento do Transporte Rodoviário no Brasil**, 2011. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/16414/9175>. Acesso em: 25 ago. 2025.

PEREIRA, L.; VINICIUS, L.; SANTOS, P. C.; NASCIMENTO, R. S.; NAZIAZENO, T. A. **Logística da Soja no Brasil**, 2024. Disponível em: [http://riccps.eastus2.cloudapp.azure.com/bitstream/123456789/32962/1/Logistica\\_2024\\_liana\\_pereira\\_logistica\\_da\\_soja\\_no\\_brasil.pdf](http://riccps.eastus2.cloudapp.azure.com/bitstream/123456789/32962/1/Logistica_2024_liana_pereira_logistica_da_soja_no_brasil.pdf). Acesso em: 10 ago. 2025

PINTO, R. S. D. **Análise das Metodologias de Dimensionamento e Fatores de Perda de Grãos Durante o Transporte Rodoviário no Estado de Mato Grosso**, 2025. Disponível em: [https://bdm.ufmt.br/bitstream/1/4739/1/TCC\\_RENAN\\_SOARES\\_DIAS\\_PINTO.pdf](https://bdm.ufmt.br/bitstream/1/4739/1/TCC_RENAN_SOARES_DIAS_PINTO.pdf). Acesso em: 5 ago. 2025.

PONTES, K.; BALDOINO, L. **A Implantação e Consolidação do Modal Rodoviário no Brasil**, 2021. Disponível em: <https://revistahistoriador.com.br/index.php/principal/article/view/253/241>. Acesso em: 25 ago. 2025.

ROTAS BRASIL, 2025. Disponível em: <https://rotasbrasil.com.br/> Acesso em: 05 dez. 2025.

SANTOS, Jefferson V.; ARAUJO, Fernanda G. **Infraestrutura de transporte sustentável: ferrovias como elemento de mitigação climática**. Revista Políticas

Públicas & Cidades, v.14, n.1, 2025. Disponível em: <https://journal-ppc.com/RPPC/article/view/1513>. Acesso em: 14 nov. 2025.

SAPIENZA, D. N. A.; BERNEDA, D. Z. O.; SILVA, E. T.; SALGALS, J. R.; PEDRA, M. C.; OLIVEIRA, R. **Programa de Capacitação Profissional de Motoristas para o Setor de Transporte Rodoviário de Cargas**, 2021. Disponível em: <https://repositorio.itl.org.br/jspui/bitstream/123456789/524/3/Programa%20de%20capacita%C3%A7%C3%A3o%20profissional%20de%20motoristas%20para%20o%20setor%20de%20transporte%20rodovi%C3%A1rio%20de%20cargas.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2025.

SCHYRA, L. **Diversificação dos Modais de Transporte no Brasil**, 2019. Disponível em: <https://www.artefactumjournal.com/index.php/artefactum/article/view/1802>. Acesso em: 16 set. 2025.

SENNA, A.; BIELINSKI, A.; CARVALHO, M. C. P. P.; JÚNIOR, J. A. **Benefícios da Intermodalidade para o custo logístico no fluxo de exportação de grãos pelo Porto de Santos**, 2025. Disponível em: <https://repositorio.itl.org.br/jspui/handle/123456789/778>. Acesso em: 8 out. 2025.

SILVA, A. P. L.; SILVA, R. F. **Análise comparativa da emissão de CO<sub>2</sub> entre os modais hidroviário e rodoviário**, 2024. Disponível em: <https://repositorio.ifpe.edu.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/1527/An%C3%A1lise%20comparativa%20da%20emiss%C3%A3o%20de%20co2%20entre%20os%20modais%20hidrovi%C3%A1rio%20e%20rodovi%C3%A1rio.pdf?sequence=1>. Acesso em: 17 nov. 2025.

SOUZA, M. A. S.; PEIXOTO, J. F. C.; RIBEIRO, P. C. C.; SILVA, D. F. L.; MONTEIRO, M. M. **Redução de Emissões de CO<sub>2</sub> no Transporte Rodoviário: Um Estudo de caso no Setor de Healthcare**, 2025. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Priscilla-Cristina-Ribeiro-2/publication/397285053\\_Reduc%C3%A7%C3%A3o\\_de\\_Emiss%C3%B5es\\_de\\_CO2\\_no\\_Transporte\\_Rodovi%C3%A1rio\\_Um\\_Estudo\\_de\\_caso\\_no\\_Setor\\_de\\_Healthcare/links/690fb0fb368b49329faa7483/Reducao-de-Emissoes-de-CO-no-Transporte-Rodoviario-Um-Estudo-de-caso-no-Setor-de-Healthcare.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Priscilla-Cristina-Ribeiro-2/publication/397285053_Reduc%C3%A7%C3%A3o_de_Emiss%C3%B5es_de_CO2_no_Transporte_Rodovi%C3%A1rio_Um_Estudo_de_caso_no_Setor_de_Healthcare/links/690fb0fb368b49329faa7483/Reducao-de-Emissoes-de-CO-no-Transporte-Rodoviario-Um-Estudo-de-caso-no-Setor-de-Healthcare.pdf). Acesso em: 17 nov. 2025.

TEIXEIRA, P. P. **A ferrovia “The São Paulo Railway” (SPR) e a industrialização da cidade de São Paulo**, 2003. Disponível em: <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/anuarioceh/article/view/23291/23024>. Acesso em: 21 ago. 2025.

TONIOLI, S. **O Transporte Ferroviário como Solução Climática para o Brasil**, 2025. Disponível em: <http://periodicos.unicathedral.edu.br/index.php/revistafacisa/article/view/1034>. Acesso em: 17 nov. 2025.

TSAI, D.; POTENZA, R.; QUINTANA, G.; et al. **Análise das emissões de gases de efeito estufa e suas implicações para as metas climáticas do Brasil**, 2024. Disponível em: <https://seeg.eco.br/wp-content/uploads/2024/11/SEEG-RELATORIO-ANALITICO-12.pdf>. Acesso em: 13 nov. 2025.

VASCONCELOS, F. L. V.; TORRES, C. E. G.; SILVA, G. P. **A Logística de Transportes do Setor Cafeeiro de Minas Gerais: Uma Comparação Entre os Modais Rodoviário e Ferroviário e a Reinserção Ferroviária de Varginha**, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/entities/publication/523f4806-5026-482e-b679-6dcf9b35129e>. Acesso em: 17 set. 2025.

VIDAL, J. R. C. R. **A Infraestrutura Rodoviária e Ferroviária e o Poder Nacional**, 2022. Disponível em: <https://www.ie.ufrj.br/images/IE/PEPI/disserta%C3%A7%C3%B5es/2022/TRABALHO%20-%20vers%C3%A3o%20final%20p%C3%B3s%20defesa.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2025.

VOLVO TRUCKS. **Ficha Técnica FH 6x4T**, 2021. Disponível em: <https://www.volvo-trucks.com.br/content/dam/volvo-trucks/markets/brazil/truck/fichas-fh/Ficha%20T%C3%A9cnica%20FH%206x4T.pdf>. Acesso em: 03 dez. 2025.

FGV – Fundação Getúlio Vargas. **Custos no Transporte Rodoviário Brasileiro**, 2023. Disponível em: <https://repositorio.fgv.br/server/api/core/bitstreams/ab693923-ff47-425c-99c0-1dc6f4af2eae/content>. Acesso em: 03 dez. 2025.