

O TRANSPORTE FERROVIÁRIO COMO SOLUÇÃO CLIMÁTICA PARA O BRASIL

Sabrine Eduarda Tonioli¹

RESUMO

O Brasil, conhecido por sua rica biodiversidade e abundância de recursos naturais, enfrenta desafios significativos relacionados às mudanças climáticas e à sustentabilidade urbana. Nesse cenário, o transporte ferroviário se destaca como uma solução promissora para mitigar as emissões de carbono e promover uma mobilidade mais sustentável. Com uma malha ferroviária extensa, mas subutilizada, o país tem a oportunidade de revitalizar esse modal, que é reconhecidamente menos poluente que o rodoviário e o aéreo. Atualmente, a matriz de transporte brasileira é dominada pelo modal rodoviário, com cerca de 60% da movimentação de cargas e 95% do transporte de passageiros. O transporte ferroviário representa apenas 20% dessa matriz, embora tenha grande potencial de expansão. Investimentos adequados poderiam aumentar essa participação, resultando em maior eficiência logística e menores impactos ambientais. A modernização da infraestrutura ferroviária é crucial, com estimativas indicando que o Brasil precisaria de cerca de R\$ 10 bilhões por ano até 2025 para revitalizar o setor. Além de reduzir emissões, as ferrovias podem incorporar soluções baseadas na natureza (SbN), como corredores ecológicos e práticas de engenharia verde, que promovem a conservação ambiental. Por fim, enfatiza-se a importância da transição para um sistema de transporte mais sustentável. O fortalecimento do setor ferroviário é visto como uma estratégia fundamental para alcançar um desenvolvimento econômico sustentável e resiliente no Brasil.

Palavras-chave: Ferrovias. Engenharia Verde. Soluções Baseadas na Natureza.

RAIL TRANSPORT AS A CLIMATE SOLUTION FOR BRAZIL

ABSTRACT

Brazil, known for its rich biodiversity and abundance of natural resources, faces significant challenges related to climate change and urban sustainability. In this context, rail transport stands out as a promising solution to mitigate carbon emissions and promote more sustainable mobility. With an extensive but underutilized railway network, the country has the opportunity to revitalize this mode of transportation, which is widely recognized as less polluting than road and air transport. Currently, Brazil's transportation matrix is dominated by road transport, accounting for about 60% of freight movement and 95% of passenger transport. Rail transport represents only 20% of this matrix, despite its high potential for expansion. Adequate investments could increase this share, resulting in greater logistical efficiency and reduced environmental impacts. Modernizing railway infrastructure is crucial, with estimates indicating

¹ Doutora em Física Ambiental, Unicathedral, docente em modalidade EaD, Artigo referente ao trabalho de conclusão de curso da especialização *latu sensu* em Engenharia Ferroviária – Universidade Federal de Mato Grosso, E-mail: sabrine.tonioli@unicathedral.edu.br.

that Brazil would need around R\$ 10 billion per year until 2025 to revitalize the sector. In addition to reducing emissions, railways can incorporate nature-based solutions (NbS), such as ecological corridors and green engineering practices, which support environmental conservation. Finally, the importance of transitioning to a more sustainable transport system is emphasized. Strengthening the railway sector is seen as a key strategy to achieve sustainable and resilient economic development in Brazil.

Keywords: Railways. Green Engineering. Nature-Based Solutions.

INTRODUÇÃO

O Brasil, reconhecido globalmente por sua rica biodiversidade e abundantes recursos naturais, enfrenta desafios relacionados às mudanças climáticas e à sustentabilidade em suas diversas regiões urbanas e rurais. O crescimento das cidades, o desmatamento e as emissões de gases de efeito estufa têm gerado uma pressão crescente sobre o meio ambiente, comprometendo ecossistemas vitais e a qualidade de vida da população. Nesse cenário, o transporte ferroviário se destaca como uma solução promissora para mitigar os impactos negativos associados ao transporte de cargas e passageiros.

Com uma malha ferroviária que se estende por mais de 30 mil quilômetros, o Brasil ainda não explora todo o potencial desse modal. Embora represente apenas cerca de 20% da movimentação de cargas, o transporte ferroviário é notoriamente menos poluente do que o rodoviário e o aéreo, podendo reduzir as emissões de carbono em até 60% por tonelada-quilômetro. Esta eficiência não apenas contribui para a redução das emissões globais, mas também alivia a congestão nas estradas, proporcionando uma alternativa mais sustentável e econômica para o escoamento da produção agrícola e industrial, setores essenciais para a economia brasileira.

Além das suas vantagens ambientais, o transporte ferroviário oferece uma solução energética eficiente, pois os trens podem ser alimentados por fontes renováveis, como a energia solar e eólica, aumentando ainda mais sua contribuição para a redução da pegada de carbono. A intermodalidade, que integra ferrovias com outros modais de transporte, como rodovias e hidrovias, pode potencializar a eficiência do sistema logístico do país, reduzindo custos e tempos de deslocamento.

Entretanto, a revitalização do sistema ferroviário brasileiro enfrenta desafios, como a falta de investimentos adequados em infraestrutura e a necessidade de um planejamento mais integrado. Para que o transporte ferroviário se torne uma alternativa viável e atrativa, é crucial fomentar parcerias público-privadas (PPPs) e implementar políticas que incentivem a modernização e expansão da malha ferroviária.

Em síntese, fortalecer o transporte ferroviário no Brasil representa uma oportunidade valiosa para avançar em direção a um futuro mais sustentável. Investir nesse modal não só contribui para a mitigação das mudanças climáticas, mas também promove um desenvolvimento econômico mais equilibrado e responsável, garantindo que o país possa continuar a desfrutar de sua rica biodiversidade e recursos naturais para as gerações futuras.

METODOLOGIA

A presente pesquisa adota uma abordagem de revisão bibliográfica para investigar o papel do transporte ferroviário como uma solução para mitigar os impactos das mudanças climáticas e promover a sustentabilidade no Brasil. Este capítulo descreve os procedimentos e critérios utilizados na seleção e análise das fontes consultadas.

Inicialmente, foram definidos os objetivos da pesquisa, que visam explorar as vantagens do transporte ferroviário em relação a outros modais, analisar seu potencial para a redução de emissões de carbono e identificar desafios e oportunidades para sua implementação no contexto brasileiro. Esses objetivos orientaram a seleção das fontes relevantes.

A pesquisa baseou-se em uma busca sistemática por publicações acadêmicas, relatórios de agências governamentais, artigos em periódicos revisados por pares e estudos de caso. Os critérios de inclusão foram estabelecidos da seguinte forma:

1. **Relevância:** Somente documentos que abordassem o transporte ferroviário e suas implicações ambientais foram considerados.
2. **Atualidade:** Foram priorizados estudos publicados nos últimos dez anos, garantindo que as informações refletissem as condições atuais do setor.
3. **Autenticidade:** A pesquisa focou em fontes reconhecidas e respeitadas, assegurando a credibilidade das informações.

A seguir, demonstra-se os endereços de periódicos científicos e de agências governamentais que foram fontes para esta pesquisa.

1. Google Scholar: scholar.google.com
 - o Uma ferramenta ampla para buscar artigos acadêmicos, teses e livros em diversas áreas do conhecimento.
2. Scielo: www.scielo.org
 - o Uma biblioteca eletrônica que reúne periódicos científicos brasileiros e de outros países da América Latina.
3. ResearchGate: www.researchgate.net

- Uma rede social para pesquisadores que permite acessar artigos e colaborar em projetos.
- 4. JSTOR: www.jstor.org
 - Um banco de dados digital de periódicos acadêmicos, livros e fontes primárias.
- 5. SpringerLink: link.springer.com
 - Uma plataforma que oferece acesso a livros e periódicos de diversas disciplinas científicas.

Endereços Governamentais

1. Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT): www.antt.gov.br
 - Órgão responsável pela regulação do transporte terrestre no Brasil, com dados e estudos relevantes sobre o setor ferroviário.
2. Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB): www.conab.gov.br
 - Fornece informações sobre a produção agrícola e a logística de transporte, incluindo dados sobre o transporte ferroviário.
3. Confederação Nacional do Transporte (CNT): www.cnt.org.br
 - Instituição que divulga estudos e pesquisas sobre o transporte no Brasil, com dados sobre a matriz de transporte.
4. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA): www.ipea.gov.br
 - Fornece estudos e análises sobre políticas públicas, incluindo temas relacionados à logística e infraestrutura de transporte.
5. Plano Nacional de Logística (PNL): www.gov.br
 - Documento governamental que aborda a estratégia de transporte e logística no Brasil, incluindo a promoção do transporte ferroviário.

A coleta de dados envolveu a leitura crítica das fontes selecionadas, com anotações sobre suas principais conclusões e dados relevantes. As informações foram organizadas em tópicos, facilitando a análise comparativa entre as diferentes perspectivas apresentadas na literatura.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A seguir foram descritos os principais resultados sobre o tema do artigo, com colocações que discutem criticamente a temática.

Matriz de Transporte Brasileira

A matriz de transporte brasileira é caracterizada pela predominância do transporte rodoviário, que responde por aproximadamente 60% da movimentação de cargas no país. De acordo com a Confederação Nacional do Transporte (CNT), esse modelo é responsável por cerca de 95% do transporte de passageiros e 61% do total de cargas movimentadas, o que reflete uma dependência significativa desse modal em detrimento de alternativas mais sustentáveis, como o ferroviário e o aquaviário (CNT, 2021). Essa realidade traz à tona a necessidade urgente de diversificação da matriz, visando uma maior eficiência e menores impactos ambientais.

O transporte ferroviário, embora represente apenas cerca de 20% da matriz de transporte em termos de volume de cargas, apresenta um grande potencial de expansão. Dados da Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT) indicam que o modal ferroviário poderia dobrar sua participação se investimentos adequados fossem realizados. A ANTT estima que a modernização da infraestrutura ferroviária pode aumentar a capacidade de transporte em até 50% nas principais rotas do país (ANTT, 2022). Essa capacidade é crucial para o escoamento da produção agrícola e industrial, especialmente considerando que o Brasil é um dos maiores exportadores de commodities agrícolas do mundo.

A necessidade de uma abordagem mais integrada e diversificada na matriz de transporte é evidenciada pelo Plano Nacional de Logística (PNL), que recomenda investimentos em diferentes modais para promover a intermodalidade e a eficiência. O PNL destaca que a combinação do transporte ferroviário, rodoviário e aquaviário pode resultar em uma redução de até 30% nos custos logísticos totais, promovendo um desenvolvimento econômico mais sustentável (PNL, 2020).

O Potencial do Transporte Ferroviário no Brasil

O transporte ferroviário tem se destacado globalmente como uma das opções mais eficientes e sustentáveis para a mobilidade de pessoas e cargas. No Brasil, a malha ferroviária se estende por mais de 30 mil quilômetros, mas, segundo a Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT), apenas cerca de 20% dessa extensão é utilizada para o transporte de passageiros. Essa subutilização representa uma oportunidade significativa para otimizar a logística no país. De acordo com o estudo da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), o transporte ferroviário é capaz de reduzir em até 60% as emissões de CO₂ por tonelada-quilômetro quando comparado ao transporte rodoviário. Isso significa que, ao optar

por trens para o transporte de cargas, o Brasil poderia diminuir as emissões em cerca de 16 milhões de toneladas anualmente, considerando a movimentação de 200 milhões de toneladas de carga por ano, como indica a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD).

A eficiência econômica do transporte ferroviário também é uma questão crucial. Estudos da Confederação Nacional do Transporte (CNT) apontam que o custo médio do transporte ferroviário é, em média, 30% menor do que o rodoviário. Essa economia se traduz em ganhos significativos para setores chave da economia brasileira, como a agricultura. Por exemplo, o transporte de grãos, que representa cerca de 20% da produção agrícola nacional, se beneficiaria enormemente com a ampliação das ferrovias. De acordo com a Embrapa, a utilização de ferrovias para o escoamento de grãos poderia aumentar a competitividade do setor, reduzindo os custos de transporte e, conseqüentemente, os preços para os consumidores. Além disso, a integração entre ferrovias e portos poderia resultar em uma redução de 20% no tempo de espera para a exportação de cargas, melhorando a posição do Brasil no comércio internacional.

Entretanto, o avanço do transporte ferroviário no Brasil enfrenta desafios significativos. A falta de investimentos adequados em infraestrutura é uma barreira crítica. Segundo o Plano Nacional de Logística (PNL) de 2020, estima-se que o Brasil precisaria de cerca de R\$ 10 bilhões por ano até 2025 para revitalizar e expandir sua malha ferroviária. A modernização das linhas existentes e a construção de novas ferrovias são essenciais para tornar esse modal mais atrativo. Ações governamentais que incentivem parcerias público-privadas (PPPs) têm sido sugeridas como uma forma de alavancar esses investimentos. Em um estudo da Fundação Getúlio Vargas (FGV), a adoção de PPPs no setor ferroviário poderia mobilizar até R\$ 15 bilhões em recursos privados.

Adicionalmente, a promoção de um planejamento integrado de transporte é fundamental. A pesquisa do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) indica que o Brasil poderia melhorar sua eficiência logística em 30% com um planejamento mais coerente que considerasse as especificidades regionais e as necessidades locais. Essa abordagem não apenas garantiria que as ferrovias se tornassem uma alternativa viável, mas também as colocaria como prioridade nas políticas de mobilidade e desenvolvimento sustentável.

Impacto climático e as ferrovias brasileiras

Além de sua capacidade de reduzir emissões, as ferrovias podem ser parte de soluções baseadas na natureza (SbN) que promovem a conservação ambiental. A construção de corredores ferroviários que respeitem e preservem áreas de vegetação nativa é uma abordagem

promissora. Um estudo da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) revela que a implementação de práticas de engenharia verde ao longo das ferrovias pode ajudar a restaurar habitats e aumentar a biodiversidade local, criando corredores ecológicos que facilitam a movimentação de espécies (UFMG, 2021). Esses corredores podem ser particularmente importantes para espécies ameaçadas, oferecendo proteção e conectividade entre áreas de habitat fragmentadas.

Outra vantagem do transporte ferroviário é seu menor impacto sobre os recursos hídricos. O transporte rodoviário, por depender de combustíveis fósseis, está associado a derramamentos e poluição hídrica. Em contraste, os trens elétricos, que estão se tornando cada vez mais comuns, têm uma pegada hídrica significativamente menor. A Agência Internacional de Energia (IEA) aponta que o transporte ferroviário consome em média apenas 2,5 litros de diesel por tonelada-quilômetro, enquanto o transporte rodoviário pode consumir de 8 a 10 litros, dependendo do tipo de carga e das condições das estradas (IEA, 2020). Essa eficiência é vital em um país onde a preservação dos recursos hídricos é uma prioridade crescente.

Engenharia Verde e SBNs em Ferrovias

A aplicação de engenharia verde e soluções baseadas na natureza nas ferrovias brasileiras pode ser um caminho viável para promover a sustentabilidade e reduzir os impactos ambientais. Vários exemplos ao redor do mundo e iniciativas locais podem servir de referência para essa prática.

1. **Corredores Ecológicos:** Um dos principais exemplos é a implementação de corredores ecológicos ao longo das ferrovias, que permite a preservação da biodiversidade e a conexão de habitats. Um projeto na Austrália tem utilizado vegetação nativa para criar corredores ao longo de ferrovias, promovendo a fauna local e ajudando na migração de espécies ameaçadas, como o coala. A vegetação ao longo das linhas ferroviárias também ajuda a estabilizar o solo e reduzir a erosão.
2. **Revegetação e Preservação da Vegetação Nativa:** No Brasil, a Companhia Brasileira de Trens Urbanos (CBTU) tem investido em projetos de revegetação nas áreas adjacentes às ferrovias, utilizando espécies nativas para restaurar o ecossistema local. Esse tipo de projeto contribui para a captura de carbono e a manutenção da biodiversidade, além de melhorar a qualidade do ar nas áreas urbanas.
3. **Estruturas de Captura de Água da Chuva:** A engenharia verde também pode incluir a instalação de sistemas de captação de água da chuva ao longo das ferrovias. Um exemplo é a utilização de telhados verdes em estações ferroviárias, como a Estação de

Trem de Kew Gardens em Londres, que ajuda a reduzir a quantidade de água que escoava para os sistemas de drenagem e melhora a eficiência hídrica.

4. Barreiras de Ruído e Poluição: A construção de barreiras verdes, como muros de vegetação, ao longo das ferrovias pode ajudar a reduzir a poluição sonora e do ar. Em países como Alemanha e Suíça, têm sido adotadas práticas de plantio de árvores e arbustos ao longo das linhas ferroviárias, que atuam como filtros naturais, absorvendo poluentes e criando zonas de amortecimento que protegem as comunidades locais.
5. Sistemas de Energia Renovável: A integração de painéis solares e turbinas eólicas nas áreas ferroviárias também é uma prática crescente. Um exemplo notável é a linha ferroviária Solar Train na Alemanha, que utiliza energia solar para alimentar suas operações. O Brasil, com sua abundância de sol, tem potencial para desenvolver projetos semelhantes, utilizando as superfícies das estações e áreas adjacentes para a instalação de painéis solares.
6. Estruturas Permeáveis e Áreas de Retenção de Água: A implementação de pavimentos permeáveis nas áreas adjacentes às ferrovias pode ajudar a mitigar problemas de drenagem e inundação. Ademais, áreas de retenção de água podem ser criadas para gerenciar o escoamento superficial, contribuindo para a recarga de aquíferos e minimizando o impacto das operações ferroviárias na hidrologia local.

Essas iniciativas, alinhadas à engenharia verde e às soluções baseadas na natureza, demonstram que é possível desenvolver um sistema ferroviário mais sustentável no Brasil, beneficiando tanto o meio ambiente quanto a sociedade. A integração dessas práticas é fundamental para que as ferrovias se tornem uma solução efetiva para os desafios climáticos e ambientais enfrentados pelo país.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A transição para um sistema de transporte mais sustentável, incluindo o fortalecimento do transporte ferroviário, é uma necessidade urgente para enfrentar a crise climática que o Brasil e o mundo enfrentam. Investir na modernização da infraestrutura ferroviária e na ampliação da malha existente pode resultar em uma redução significativa das emissões de carbono, gerando um impacto positivo não só no meio ambiente, mas também na economia.

Segundo dados do Banco Mundial, cada investimento em infraestrutura ferroviária poderia gerar até R\$ 4,00 em retorno para a economia, tornando essa uma estratégia de longo prazo para um futuro mais sustentável e resiliente. Assim, o transporte ferroviário se revela não

apenas como uma solução logística, mas como uma chave para um desenvolvimento econômico sustentável e integrado no Brasil.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES (ANTT). **Relatório Anual de Desempenho 2022**. Brasília, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/antt/pt-br/publicacoes/relatorios/relatorio-anual-de-desempenho-2022.pdf>. Acesso em: 26 set. 2024.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Estudo sobre o Transporte Ferroviário e suas Emissões de CO₂**. Brasília, 2021. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/>. Acesso em: 26 set. 2024.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE (CNT). **Pesquisa CNT de Transporte 2021**. Brasília, 2021. Disponível em: <https://www.cnt.org.br/>. Acesso em: 26 set. 2024.

EMBRAPA. **Impacto do Transporte Ferroviário na Competitividade do Setor Agropecuário**. Brasília, 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/>. Acesso em: 26 set. 2024.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS (FGV). **Estudo sobre Parcerias Público-Privadas no Setor Ferroviário**. Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: <https://www.fgv.br/>. Acesso em: 26 set. 2024.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). **Logística e Crescimento Econômico: O Papel do Transporte no Brasil**. Brasília, 2021. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/>. Acesso em: 26 set. 2024.

PLANO NACIONAL DE LOGÍSTICA (PNL). **Diretrizes para o Desenvolvimento do Transporte no Brasil**. Brasília, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br>. Acesso em: 26 set. 2024.

AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA (IEA). **World Energy Outlook 2020**. Paris, 2020. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2020>. Acesso em: 26 set. 2024.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS (UFMG). **Estudo sobre Engenharia Verde e Sustentabilidade em Ferrovias**. Belo Horizonte, 2021. Disponível em: <https://www.ufmg.br/>. Acesso em: 26 set. 2024.