TUDO PODE SER POP, FERROVIA SEMPRE SERÁ TOP

ÍNDICE

APRESENTAÇÃO 2
1. INTRODUÇÃO 2
2. O PROBLEMA 2
3. DIRETRIZES PARA FINANCIAMENTO 3
4. O PROBLEMA e as PROPOSTAS 5
4.1. DIAGNÓSTICO DO SETOR FERROVIÁRIO 5
4.2. FUNDAMENTAÇÃO ESTRATÉGICA DA PROPOSTA 5
4.3. MODELAGEM NACIONAL DE INFRAESTRUTURA FERROVIÁRIA ABERTA 6
4.4. PROGRAMA BNDES FERROVIA INTEGRADA 6
5. GESTÃO DE RISCOS E FATORES-CHAVE DE SUCESSO 7
6. O Futuro Desejável -DESCARBONIZAÇÃO DOS TRILHOS: CATENÁRIA, BATERIA E HIDROGÊNIO 8
6.1. Catenária: Eletrificação em Alta Tensão Corrente Alternada (25 kV) 8
6.2. Locomotivas Híbridas e Baterias de Tração 8
6.3. O Hidrogênio como Vetor Energético (H2V, Células e Reformadores) 9
6.4. Painel de Infográficos e Visualização de Dados 9
6.5. Aplicação Prática nos Corredores de Exportação 10
6.6. Tabelas Comparativas Técnicas e Tecno-Econômicas 12
7. FERROVIAS LITORÂNEAS 13
8. CONCLUSÕES 15
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 17

O trabalho tem como objetivo apresentar um diagnóstico abrangente do setor ferroviário brasileiro, expondo gargalos históricos e os equívocos e que elegeram o modal rodoviário como elemento estruturador do transporte de cargas, quando este deveria atuar de forma integrada e complementar. A partir desta radiografia, a proposta rejeita soluções simplistas e imediatistas, oferecendo caminhos viáveis que podem reverter gradualmente esse cenário ao longo de um horizonte realista de médio e longo prazo, desde que haja realmente vontade para tal objetivo. Por meio da adoção do modelo de Open Access, do fortalecimento institucional, de polos intermodais, conectividade portuária e financiamento estruturado pelo BNDES, busca-se construir uma rede integrada, interoperável e ambientalmente sustentável, buscando a racionalidade e a eficiência à logística nacional.

APRESENTAÇÃO

Este trabalho parte da premissa de que a reorganização da matriz brasileira de transportes exige uma mudança estrutural e de longo prazo. A ampliação do papel da ferrovia não constitui resposta imediata a problemas conjunturais, mas uma agenda permanente de Estado, associada à soberania logística, à integração territorial e à eficiência econômica.

A discussão se concentra na necessidade de reposicionar a ferrovia na matriz nacional, sem negar a importância do transporte rodoviário. O desafio é construir uma logística integrada, em que a rodovia exerça sua função de capilaridade e a ferrovia assuma, de forma planejada, os grandes fluxos de longa distância e elevada capacidade.

Nesse sentido, o estudo aborda os efeitos do atual modelo de concessões ferroviárias, a limitação prática do direito de passagem, a baixa integração entre malhas e a necessidade de instrumentos de financiamento capazes de induzir modernização física, tecnológica e regulatória.

Também se considera a dimensão ambiental da agenda ferroviária. Ao reduzir a dependência de longos deslocamentos rodoviários de carga, a ferrovia pode contribuir para menor emissão de gases de efeito estufa, redução da pegada de carbono e construção de uma infraestrutura logística mais sustentável.

1. INTRODUÇÃO

A matriz brasileira de transportes reflete escolhas históricas que condicionaram a forma de circulação de mercadorias no país. Em vez de uma rede equilibrada entre modais, consolidou-se uma estrutura em que a ferrovia permaneceu concentrada em corredores específicos, enquanto a rodovia assumiu a maior parte da distribuição interna de cargas.

Essa configuração cria impactos econômicos, operacionais e ambientais relevantes. O excesso de dependência rodoviária eleva custos logísticos, amplia o consumo de combustíveis fósseis e reduz a eficiência do transporte de grandes volumes em longas distâncias. A ferrovia, por suas características técnicas, pode cumprir papel complementar e estruturador nesses fluxos, desde que integrada a uma política pública consistente.

A questão central não é substituir um modal por outro, mas recuperar a racionalidade da matriz de transportes. Rodovias, ferrovias, hidrovias e portos devem atuar de forma articulada, com cada modal desempenhando a função mais adequada às suas características econômicas, territoriais e ambientais.

Assim, esta introdução delimita a ferrovia como infraestrutura estratégica para o desenvolvimento nacional. Os itens seguintes aprofundam, respectivamente, o problema histórico e operacional do setor e as diretrizes de financiamento necessárias para viabilizar sua modernização.

2. O PROBLEMA

O problema ferroviário brasileiro possui raízes históricas. Desde o século XIX, muitas ferrovias foram concebidas para ligar áreas produtoras a portos, priorizando o escoamento externo de riquezas em vez da formação de uma rede nacional voltada à integração territorial e ao mercado interno.

A posterior opção pelo rodoviarismo aprofundou esse desequilíbrio. A expansão das estradas de rodagem passou a concentrar a política de transporte, enquanto a ferrovia perdeu centralidade como instrumento de organização dos grandes fluxos de carga.

Com isso, consolidou-se uma matriz pouco integrada. A rodovia passou a realizar percursos e volumes para os quais a ferrovia seria mais eficiente, enquanto trechos ferroviários permaneceram subutilizados, fragmentados ou voltados a fluxos específicos.

Diversos fatores comprometeram o desenvolvimento ferroviário nacional: morosidade na implantação de projetos, descontinuidade administrativa, interferência política, ausência de planejamento de longo prazo e fragilidade na coordenação entre investimentos públicos e privados.

Projetos como a Ferrovia do Aço e a Norte-Sul ilustram atrasos, mudanças de escopo, paralisações e perdas de eficiência. A falta de continuidade institucional comprometeu investimentos e revelou a necessidade de governança técnica permanente.

Além disso, modelos de financiamento inadequados, como operações vinculadas à compra de equipamentos estrangeiros sem contrapartida financeira suficiente para obras civis, resultaram em infraestrutura incompleta ou inoperante.

A baixa coordenação operacional entre malhas e a limitação prática do direito de passagem reforçam a fragmentação da rede. Em corredores como Rio–São Paulo, a ferrovia paralela à Dutra permanece subutilizada, apesar de seu potencial para atender indústrias e centros logísticos.

O problema, portanto, não se limita à extensão da malha, mas envolve descontinuidade institucional, baixa interoperabilidade, subutilização de ativos, gargalos operacionais e dificuldade de transformar a ferrovia em rede aberta e integrada.

3. DIRETRIZES PARA FINANCIAMENTO

As diretrizes de financiamento devem focar na ampliação do direito de passagem, interoperabilidade entre concessionárias, eliminação de gargalos físicos e tecnológicos e expansão da infraestrutura essencial ao aumento da participação ferroviária na matriz nacional.

O diagnóstico macroeconômico e regulatório revela obstáculos que impedem a integração econômica da malha ferroviária: fragmentação contratual, controle de trechos estratégicos por operadores verticalizados e gestão isolada de pátios, janelas operacionais e sistemas de sinalização.

Direito de passagem e tráfego mútuo existem no marco regulatório, mas sua aplicação depende de condições econômicas e operacionais efetivas. Tarifas elevadas, alegações de saturação física, incompatibilidades tecnológicas e ausência de governança neutra podem inviabilizar a integração.

O financiamento público deve remover essas barreiras e condicionar desembolsos a resultados regulatórios mensuráveis.

Interoperabilidade tecnológica

A diversidade de sistemas de sinalização e controle entre concessionárias cria barreiras técnicas ao direito de passagem. A padronização para sistemas modernos (ETCS/CBTC) aumenta segurança, capacidade e transparência.

Gargalos físicos

Pátios curtos e trechos saturados reduzem capacidade operacional. Intervenções prioritárias incluem:

- alongamento de pátios para 2,8 km;
- implantação de pátios neutros;
- duplicação de trechos críticos;
- contornos urbanos.

Modelagem paramétrica de custos

Custos estimados para eliminação de gargalos:

- terraplenagem: R$ 18,5 milhões
- via permanente: R$ 24,2 milhões
- AMVs: R$ 6,8 milhões
- sinalização: CBTC é um sistema caro, na ordem de bilhão. Embora seja um sistema muito bom, não é possível orçar parametricamente.
- Engenharia: R$ 4 milhões
- **total: R$ 63 milhões**

Indicadores de impacto

- capacidade: +175%
- retenção: –90%
- velocidade: +72%
- emissões: –61%
- custo logístico: –32%

Governança regulatória

Tarifas devem ser calculadas por custo marginal, com segregação contábil e auditoria da ANTT. Slots devem ter governança neutra, com regras de eficiência e redistribuição de capacidade ociosa.

Financiamento estruturado

O BNDES deve atuar como agente estruturador, combinando crédito, debêntures, green bonds e condicionalidades regulatórias.

4. O PROBLEMA e as PROPOSTAS

4.1. DIAGNÓSTICO DO SETOR FERROVIÁRIO

Principais Problemas Identificados

- Acesso e Concorrência: Prevalência de concessões verticalizadas com o controle simultâneo de infraestrutura e operação, tarifas de direito de passagem não padronizadas, falta de governança neutra de capacidade slots – que seriam similares ao da aviação, ou seja, operar um trem em um trecho específico, em um horário específico, e avanço limitado do regime de autorização.
- Gargalos Físicos e Tecnológicos: Pátios curtos, trechos saturados, contornos urbanos insuficientes, sinalização incompatível, ausência de interoperabilidade, material rodante que necessita de incremento na capacidade.
- Estrutura Logística: Baixa participação no transporte de carga geral e contêineres, fragmentação contratual, ausência de planejamento nacional e dependência excessiva do modal rodoviário.

Impactos Operacionais, Econômicos e Ambientais:

- Velocidade Comercial Baixa: Operação limitada a $20 - -25\ \mathrm{km/h}$.
- Custos e Competitividade: Custo logístico elevado e perda de competitividade no agronegócio e na indústria.
- Subutilização e Sustentabilidade: Subaproveitamento de ativos existentes e emissões de CO_2 acima dos compromissos ambientais do país.

4.2. FUNDAMENTAÇÃO ESTRATÉGICA DA PROPOSTA

O transporte de carga exige uma abordagem holística e integrada, superando soluções pontuais que historicamente não resolveram o desafio estrutural centenário do setor. A visão proposta inspira-se em modelos internacionais consolidados (DB InfraGO/Alemanha, Network Rail/Reino Unido, SNCF/França, ADIF/Espanha e RFI/Itália).

Essas experiências convergem para pilares como infraestrutura neutra, acesso aberto - open access, regulação forte, interoperabilidade, polos logísticos intermodais e concorrência entre operadores.

Pilares Basilares do Modelo Proposto

- Aplicação “in totun” da Doutrina das Instalações Essenciais e do Acesso aberto à malha ferroviária a qualquer operador qualificado - Open Access Ferroviário.
- Economia de Redes e Governança Neutra de Capacidade.
- Planejamento Multimodal Integrado e Engenharia Ferroviária de Alta Capacidade.

Análise Comparativa de Alternativas:

1. Manutenção do Modelo Atual: Ineficaz, perpetuando uma estrutura concentrada, onde grosso modo o “dono da carga”, tem forte influência na empresa controladora da malha ferroviária ou, até mesmo, quando a controla integralmente.

2. Concessões Totalmente Públicas: Exemplos da RFFSA e FEPASA Ineficiente para atrair investimento privado e vulnerável a ingerências políticas e restrições orçamentárias.
3. Autorregulação: Insuficiente para a resolução neutra de conflitos e desalinhada das diretrizes formais.
4. PROPOSTA

4.3. MODELAGEM NACIONAL DE INFRAESTRUTURA FERROVIÁRIA ABERTA

A transição da matriz modal exige planejamento de longo prazo. Atualmente, o transporte ferroviário responde por ~17,5% da movimentação de cargas; a meta projetada é atingir 30% em 15 anos e 50% em 30 anos, com políticas de mitigação de impacto no setor rodoviário.

Componentes Estruturais da Proposta

- Empresa Nacional de Infraestrutura Ferroviária de Carga: Gestão pública, a partir da empresa existente Infra S.A, devendo esta ser qualificada tecnicamente, que seria responsável em linhas gerais, pela via permanente, sinalização, centros de controle, interoperabilidade, alocação de capacidade, pátios, contornos urbanos e polos logísticos de carga.
- Fortalecimento e Redesenho da ANTT: Atuação focada no regulamento do Open Access, tarifas padronizadas, segregação contábil, governança neutra de slots ferroviários, auditoria eletrônica e certificação de operadores independentes.
- Rede Nacional de Polos Logísticos Intermodais: Implantação de pelo menos 22 hubs estratégicos regionais direcionados a carga geral, contêineres, agronegócio, fertilizantes e produtos industriais.
- Agentes de Captação e Desenvolvimento de Carga Ferroviária (ADCF): Seriam entidades independentes responsáveis por organizar a demanda, consolidar pequenas cargas, estruturar lotes operacionais e integrar a cadeia "Produção → *Polos* →Ferrovia →Porto", respeitando as características operacionais das operadoras em cada trecho.
- Plano Ferroviário Nacional PFN 2026–2056: Estabelecimento de um Planejamento com horizonte de 30 anos focado na rentabilidade, retorno público, ampliação de malha, redestinação de trechos ociosos, padronização gradual de bitola e sinalização ETCS/CBTC.

4.4 PROGRAMA BNDES FERROVIA INTEGRADA

Financiamento estruturado via condicionalidades regulatórias, focado no prolongamento de pátios, duplicações, criação de polos logísticos, sinalização interoperável, modernização do material rodante e auditoria digital.

Dimensão	Impactos Esperados
Operacionais	• +175% de capacidade em trechos críticos • +72% na velocidade comercial • Redução de 90% na retenção de limites entre operadoras
Econômicos	• Redução de até 32% no custo logístico (TKU) • Entrada de operadores independentes e ganho fiscal
Socioambientais	• Queda de até 61% nas emissões de CO_2 • - Redução estimada de cerca de 340 mil viagens de caminhões/ano • Redução de acidentes e alívio na saúde/previdência

Custos Paramétricos Estimados

- Pátios: R$ 63 milhões por intervenção.
- Duplicações: R$ 12 a 20 milhões por km.
- Sinalização Interoperável: R$ 8 a 15 milhões por trecho.
- Hubs Intermodais: R$ 250 milhões a R$ 3 bilhões por unidade.

Fontes de Financiamento

Linhas de crédito compostas por fomentos especiais do BNDES, Debêntures Incentivadas, Green Bonds, Fundos Climáticos Internacionais e estruturas de Project Finance.

5. GESTÃO DE RISCOS E FATORES-CHAVE DE SUCESSO

Mapeamento de Riscos e Mitigações

- Resistência das Concessionárias e Complexidade Regulatória: Mitigadas por governança neutra de slots, auditoria eletrônica e condicionalidades de financiamento a adesão ao modelo proposto.
- Custos Iniciais e Incerteza Política: Mitigados por captação via finanças verdes, consolidação do PFN como Política de Estado aprovada pelo Congresso e apoio dos entes federativos.

Fatores-Chave de Sucesso

1. Independência e fortalecimento institucional da ANTT.
2. Capacitação técnica da empresa Infra S.A.
3. Garantia de interoperabilidade técnica e de sinalização.
4. Implantação e consolidação da rede de Polos Logísticos Intermodais.
5. Atuação efetiva dos Agentes de Captação - ADCF.

6. Execução rigorosa do Plano Ferroviário Nacional PFN.
7. Governança neutra de capacidade, com a gestão isenta dos acessos ferroviários.
8. Engajamento e adesão voluntária/regulatória das concessionárias.

6- O Futuro Desejável -DESCARBONIZAÇÃO DOS TRILHOS: CATENÁRIA, BATERIA E HIDROGÊNIO

O transporte de carga reforça o papel estratégico das ferrovias para a competitividade logística do país, especialmente no escoamento de grandes volumes voltados à exportação. O minério de ferro lidera amplamente a movimentação (72%), seguido por produtos do agronegócio, indústria, energia e contêineres, evidenciando a vocação do modal para longas distâncias com eficiência e menor custo. Paralelamente, a busca pela diminuição da pegada carbono no transporte de carga pesada, notadamente para exportação devido aos requisitos ambientais, colocou a infraestrutura ferroviária no centro do debate global de transição energética. No Brasil, onde os corredores de exportação agrícolas e de mineração impulsionam grande parte da economia, a substituição gradual do diesel exige soluções sob medida que considerem a extensão territorial e a densidade de carga de cada traçado.

6.1 – Catenária: Eletrificação em Alta Tensão Corrente Alternada (25 kV)

A eletrificação por catenária em corrente alternada (25 kV, 60 Hz) permanece como a tecnologia de maior eficiência energética global para o transporte contínuo de altíssima densidade. Para mitigar o desequilíbrio de fases gerado na rede elétrica trifásica de alta tensão pelas cargas monofásicas da ferrovia, empregam-se subestações de tração equipadas com transformadores Scott, que convertem o sistema trifásico convencional em duas fases defasadas em 90°. Além disso, a aplicação de autotransformadores ao longo da via (sistema 2x25 kV) permite elevar a capacidade de transmissão de potência, reduzindo as quedas de tensão e aumentando o espaçamento entre subestações, gerando, assim, grande economia de infraestrutura.

- **Vantagens:** Eficiência energética superior a 85%, disponibilidade imediata de potência para rampas severas, emissão zero no local de operação e tecnologia plenamente consolidada mundialmente.
- **Desvantagens:** Custo de capital (CAPEX) extremamente elevado de infraestrutura (obras civis, subestações e rede aérea), alta vulnerabilidade a roubos de cabos/vandalismo e custo fixo contínuo de manutenção do ativo da via.

6.2. Locomotivas Híbridas e Baterias de Tração

No estado da arte atual da engenharia ferroviária de carga pesada, as baterias de íon-lítio não possuem densidade energética suficiente para movimentar, de forma isolada, um trem de 10.000 a 18.000 toneladas por centenas de quilômetros. No entanto, a integração de sistemas híbridos (Diesel-Elétrico + Bateria) revolucionou a eficiência operacional: as baterias armazenam a energia gerada pela frenagem dinâmica (frenagem regenerativa) em trechos de descida, fornecendo injeções adicionais de potência em rampas de subida e permitindo a manobra com emissão zero em pátios e terminais urbanos.

- **Vantagens:** Redução imediata de 15% a 25% no consumo de diesel, baixo impacto de CAPEX de via (usa a infraestrutura existente), reaproveitamento de energia que seria dissipada em calor e menor emissão de ruído em pátios.

- **Desvantagens:** Peso morto elevado dos packs de bateria, degradação química ao longo dos ciclos térmicos severos e autonomia restrita para operação 100% elétrica continuada.

6.3. O Hidrogênio como Vetor Energético (H2V, Células e Reformadores)

O Hidrogênio Verde (H2V) — produzido via eletrólise da água utilizando fontes renováveis como eólica ou solar — representa o vetor de maior potencial para trechos não eletrificados de longa distância. A bordo da locomotiva, a eletricidade pode ser gerada por meio de Células a Combustível (Fuel Cells - PEMFC), combinando H_2 e O_2 da atmosfera para alimentar os motores de tração. Alternativamente, para contornar os desafios logísticos de transporte de H_2 comprimido ou liquefeito, estuda-se o uso de reformadores a bordo, capazes de extrair hidrogênio de combustíveis líquidos renováveis (como o etanol brasileiro) em tempo real antes do consumo na célula.

- **Vantagens:** Alta densidade energética em comparação às baterias, tempo de reabastecimento comparável ao do diesel, zero emissões na ponta da linha (subproduto é vapor d'água) e grande sinergia com a cadeia nacional de biocombustíveis (via reforma de etanol).

- **Desvantagens:** Baixa eficiência energética de ponta a ponta (Well-to-Wheel ~30-40%), alto custo da tecnologia de células a combustível, complexidade de armazenamento de H_2 sob alta pressão (350-700 bar) ou criogenia, e infraestrutura de abastecimento ainda incipiente.

6.4. Painel de Infográficos e Visualização de Dados

Abaixo são apresentados os elementos visuais e gráficos comparativos sobre o desempenho técnico e a matriz de decisão estratégica para os corredores ferroviários de exportação.

Figura 1: Comparativo de Eficiência Energética Global (Well-to-Wheel)

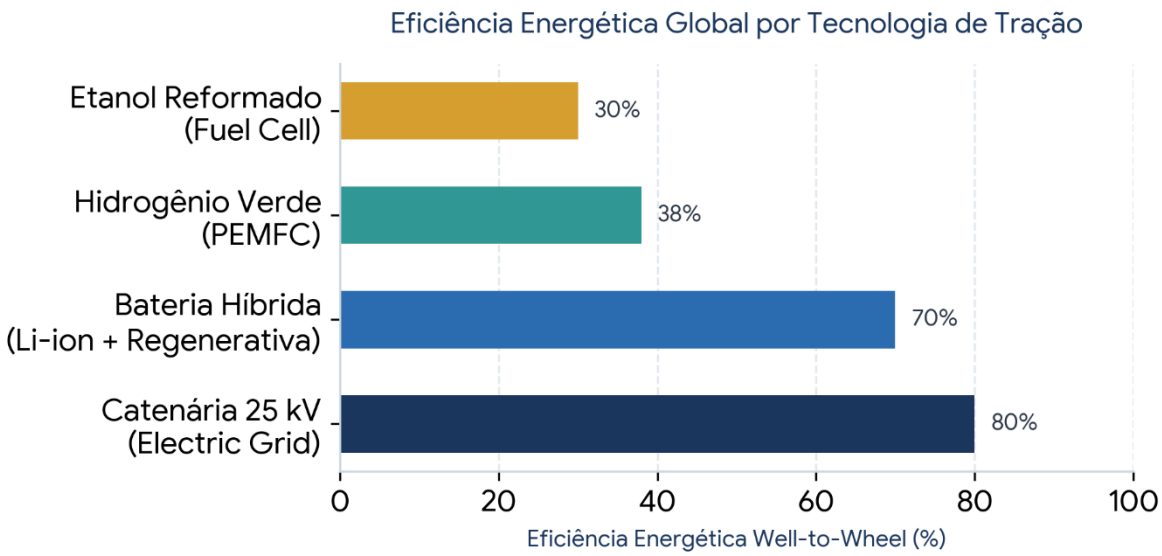
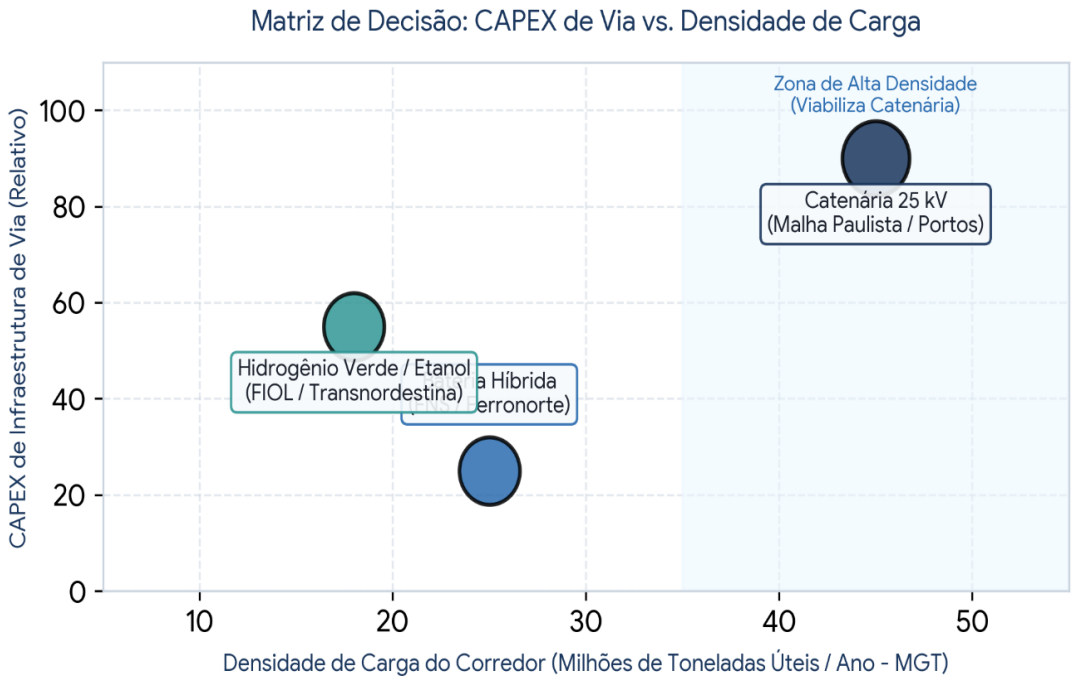


Figura 2: Matriz Estratégica — CAPEX de Via vs. Densidade de Carga do Corredor



6.5. Aplicação Prática nos Corredores de Exportação

- **Malha Paulista**: Com densidade de carga superior a 50 milhões de toneladas úteis por ano (TU/ano) e tráfego intenso para o Porto de Santos, é a candidata ideal para a eletrificação **por catenária (25 kV) ou hibridização intensiva de frota, justificando o alto investimento fixo.**
- **Ferrovia Norte-Sul (FNS) & Ferronorte**: Caracterizadas por longas distâncias operacionais e topografia com aclives e declives acentuados. A adoção de locomotivas híbridas (Diesel-Bateria) para reaproveitar a energia das descidas e, no longo prazo, a transição para células a combustível a hidrogênio (ou etanol-reformado) apresentam maior retorno sobre o investimento.
- **FIOL, FICO e Transnordestina**: Ferrovias em fase de consolidação ou expansão para o escoamento de grãos e minérios. Podem ser pensadas com arquitetura Hydrogen-Ready, ou preparação de gabarito para futura instalação de catenária conforme projeção de escalabilidade da densidade de carga, iniciando a operação com tração híbrida para otimização do CAPEX inicial.
- **F118 – Arco Ferroviário do Sudeste**: A F118 – Arco Ferroviário do Sudeste, concebida como ligação ferroviária entre Anchieta (ES) e o Porto do Açu, em São João da Barra (RJ), apresenta características de conexão entre áreas produtoras, polos industriais e um complexo portuário de relevância nacional que pode contribuir para a diversificação da matriz logística e para a ampliação da participação ferroviária no transporte de cargas tais como minério de ferro, produtos siderúrgicos, granéis agrícolas, combustíveis e outras cargas industriais.
- **Ferrovia Tronco Sul**: A Malha Sul possui como eixo histórico o chamado de TRONCO SUL, que liga as linhas ferroviárias do estado de São Paulo aos Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Esse eixo possui importância estratégica para o transporte de produtos industriais, produtos siderúrgicos, máquinas, automóveis, tratores, equipamentos agrícolas, commodities agrícolas, carnes, alimentos, álcool e fertilizantes.

- **Corredor RIO – MINAS- SÂO PAULO** O corredor ferroviário que conecta Rio de Janeiro, Minas Gerais, e São Paulo constitui um dos eixos mais subutilizados da infraestrutura nacional, apesar de sua relevância geoeconômica e da posição estratégica entre três dos maiores polos industriais do país. Sua espinha dorsal é a Ferrovia do Aço, projetada para operação eletrificada em 25 kV CA, com rampas suaves, túneis extensos e geometria compatível com trens pesados de minério e produtos siderúrgicos. Contudo, a ausência de eletrificação impede a operação bidirecional com tração diesel, gerando o atual arranjo operacional conhecido como carrossel.

Entraves Estruturais

1. Ferrovia do Aço – Linha do Centro (Carrossel Operacional) - A Ferrovia do Aço permite apenas a descida de trens carregados, enquanto a Linha do Centro recebe o retorno dos trens vazios. Esse arranjo transforma duas linhas singelas em uma pseudo linha dupla, resultando em baixa flexibilidade, gargalos em pátios, velocidade comercial reduzida e impossibilidade de escalabilidade. A Linha do Centro, por sua vez, opera com pátios curtos, sinalização heterogênea, interferências urbanas e limitações típicas de uma via singela.

2. Ociosidade do Ramal de São Paulo e Saturação da Dutra - O Ramal de São Paulo permanece ocioso a partir de Volta Redonda, apesar de margear a Rodovia Dutra, o corredor rodoviário mais saturado do país, que movimenta cerca de 70 milhões t/ano e 1,2 milhão de viagens de caminhões/ano. A ausência de uso ferroviário nesse trecho contribui para congestionamento crônico, emissões elevadas e perda de competitividade logística.

Potenciais Inerentes ao Corredor Ferrovia do Aço - infraestrutura de padrão superior, rampas suaves, túneis extensos e plena compatibilidade com eletrificação em 25 kV CA, permitindo trens de 10.000–18.000 t. Linha do Centro: possibilidade de operação como linha dupla real, atendimento a cidades industriais e implantação de pátios neutros e sinalização interoperável. Ramal de São Paulo: corredor natural para carga geral e contêineres, alternativa ferroviária à Dutra, conexão direta com RMSP e Santos, e já preparado para eletrificação pela antiga RFFSA. Corredor Integrado: acesso simultâneo a Santos e Guaíba, integração mineração–siderurgia–indústria–exportação, descarbonização e operação em padrão europeu.

Soluções Estruturantes

1. Eletrificação em 25 kV CA (Solução Central) A eletrificação elimina o carrossel, viabiliza operação bidirecional plena e transforma o corredor em infraestrutura de alta capacidade. Cenários principais: Jeceaba → Saudade → Brisamar (Porto de Guaíba) e Saudade → Manoel Feio (Ramal de São Paulo)

2. Interoperabilidade e Governança Neutra Implantação de sinalização ETCS/CBTC, pátios neutros de 2,8 km, governança neutra de slots e regime de Open Access ferroviário.

3. Modernização da Linha do Centro Duplicações seletivas, contornos urbanos e padronização de sinalização.

4. Reativação do Ramal de São Paulo Terminais intermodais, integração com a RMSP e conexão direta com Santos.A eletrificação em 25 kV CA é o elemento transformador que converte o corredor Rio–Minas–São Paulo de um conjunto de ativos subutilizados em um eixo ferroviário moderno, interoperável e de padrão europeu, permitindo operação bidirecional, aumento de capacidade superior a 200%, redução de emissões e integração plena entre Jeceaba, Saudade, Brisamar, Manoel Feio, RMSP, Santos e Guaíba — explorando todo o potencial do Triângulo Econômico Rio–Minas - São Paulo. Solução Integrada Jeceaba → Saudade → (Brisamar / Manoel Feio) → RMSP → Santos → Guaíba → Corredor Ferroviário

de Padrão Europeu. Eletrificação 25 kV CA → Operação Bidirecional → Capacidade +200% → Open Access → Alívio da Dutra → Competitividade Industrial.

6.6. Tabelas Comparativas Técnicas e Técnico-Econômicas

Tabela 1: Parâmetros de Desempenho e Engenharia

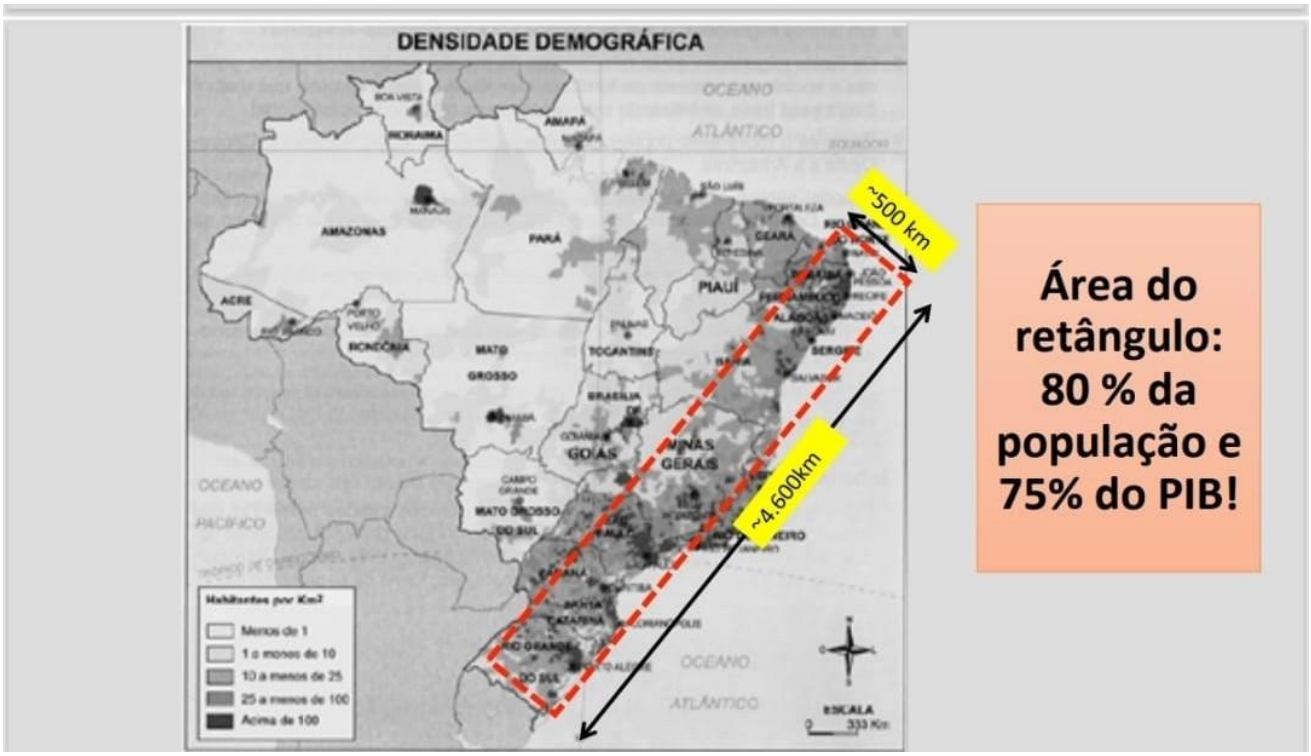
Parâmetro / Parameter	Catenária 25 kV / 25kV Catenary	Bateria Híbrida / Hybrid batery	Hidrogênio (H2V / Reformador) / Reformer)
Eficiência Ponto a Ponto	75% – 85% (Alta)	65% – 75% (Média-Alta)	30% – 45% (Média-Baixa)
Densidade de Potência	Altíssima (Ilimitada pela rede)	Limitada pelo banco de bateria (Ideal para auxílio na tração)	Média (Depende da célula PEMFC)
Autonomia Operacional	Contínua (Restrita ao trecho eletrificado)	Curta (50 – 150 km em pico	Longa (800 – 1.200 km sem reabastecer)
Tempo de Reabastecimento	Instantâneo (Alimentação contínua na via)	30 – 90 min (Carga rápida)	15 – 30 min (H2 comprimido a 350/700 bar)
Fonte de Alimentação	Rede Elétrica Pública (Subestação Trafo Scott + Autotrafos)	Baterias Li-Ion + Frenagem Regenerativa	Célula a Combustível (PEMFC) / Reformador Etanol
Vida Útil do Ativo	Via: 40+ anos | Locomotiva: 30+ anos	Baterias: 8 – 12 anos | Locomotiva: 25+ anos	Célula H2: 20.000h | Locomotiva: 25+ anos

Tabela 2: Análise Tecno-Econômica e Corredores

Critério	Catenária 25 kV	Bateria Híbrida	Hidrogênio (H2V Reformador)
CAPEX de infraest. (Via)	MUITO ALTO (US$ 1.5M – 3.0M / km)	BAIXO (Apenas postos de carga rápida em pátios)	MÉDIO-ALTO (Postos H2 / Usina de reforma de etanol)
CAPEX de Frota	MÉDIO	MÉDIO-ALTO	ALTO

Critério	Catenária 25 kV	Bateria Híbrida	Hidrogênio (H2V Reformador)
(Locomotiva elétrica)	(Locomotiva padronizada)	(Custo elevado de packs de íon-lítio)	(Custo elevado de células PEM + tanques H2)
OPEX / Custo de Manutenção	MÉDIO-BAIXO (Baixa na loco; alta na via)	MÉDIO (Troca periódica de módulos de bateria)	MÉDIO-ALTO (Manutenção de células e sistemas de pressão)
Densidade de Carga Ideal	> 35 – 40 MGT/ano (Alta densidade contínua)	> 15 – 35 MGT / ano (Topografia acidentada / Frenagem)	> 10 – 30 MGT / ano (Longas distâncias não eletrificadas)
Corredores Recomendados (BR))	Malha Paulista . Acessos aos Portos (Santos/Paranaguá)	Ferrovia Norte-Sul (FNS) Ferronorte / FICO	FIOL, Transnordestina Corredores de Exportação de Grãos / H2V

Figura 3: Ferrovias litorâneas



7. FERROVIAS LITORÂNEAS

A Necessidade de Ferrovias Litorâneas Estruturantes no Brasil é mais do que evidente, pois considerando que 75% do PIB nacional está concentrado na faixa litorânea de até 150 km, a ausência de ferrovias estruturantes ao longo do litoral, conectando os principais

portos do Nordeste ao Sul, constitui um entrave estratégico para a competitividade e a sustentabilidade da economia brasileira.

O Brasil apresenta uma matriz de transportes historicamente desequilibrada, com predominância do modal rodoviário e baixa integração ferroviária, gerando custos elevados, gargalos logísticos e impactos ambientais significativos. A faixa litorânea concentra a maior parte da população urbana, os principais polos industriais e comerciais e os maiores complexos portuários de exportação e importação, mas não existe uma ferrovia costeira contínua conectando portos de Suape, Pecém, Salvador, Vitória, Rio de Janeiro, Açu, Santos, Paranaguá e Rio Grande, o que força o transporte de cargas a depender quase exclusivamente das rodovias BR-101 e BR-116, saturadas e ambientalmente onerosas.

O setor ferroviário sofre com fragmentação contratual, baixa interoperabilidade, subutilização de ativos existentes, ausência de planejamento nacional integrado e dependência excessiva do modal rodoviário; trechos ferroviários interiores permanecem voltados a cargas específicas (minério e grãos), enquanto os portos litorâneos operam como “ilhas logísticas” desconectadas entre si do ponto de vista ferroviário, impedindo a formação de um corredor costeiro de alta capacidade.

Aspectos econômicos: a ausência de uma ferrovia litorânea estruturante eleva o custo logístico nacional, reduz a competitividade do agronegócio e da indústria, limita o aproveitamento dos portos e restringe o transporte de carga geral e contêineres. Uma ferrovia costeira contínua reduziria custos por TKU, aumentaria a eficiência dos corredores de exportação, fortaleceria cadeias produtivas regionais, estimularia a cabotagem ferroviária e diminuiria gastos com manutenção rodoviária, ampliando previsibilidade operacional e competitividade internacional.

Aspectos ambientais (CO_2): a implantação de ferrovias litorâneas estruturantes reduziria de forma significativa as emissões de CO_2 associadas ao transporte rodoviário de longa distância, além de diminuir acidentes, impactos sobre saúde e previdência e alinhar o país às exigências ambientais internacionais, reforçando a agenda de descarbonização e a competitividade de produtos exportados.

Aspectos operacionais: uma ferrovia costeira aumentaria a capacidade de transporte, reduziria a saturação das BR-101 e BR-116, elevaria a velocidade comercial, ampliaria a confiabilidade logística e permitiria integração direta entre portos e polos industriais ao longo da costa, criando corredores contínuos de alta densidade.

Aspectos estratégicos: ferrovias litorâneas estruturantes reforçariam a soberania logística, aumentariam a resiliência a crises rodoviárias, integrariam territorialmente a faixa litorânea, conectariam os principais portos nacionais (incluindo Vitória e Açu) e criariam um eixo ferroviário contínuo capaz de reposicionar o Brasil na logística global.

A inexistência de ferrovias litorâneas estruturantes é um entrave estratégico que compromete competitividade, sustentabilidade e integração territorial. A implantação de uma ferrovia costeira contínua deve ser tratada como agenda permanente de Estado, articulada ao PFN 2026–2056, baseada em infraestrutura neutra, interoperabilidade, polos logísticos intermodais e Open Access, com financiamento estruturado via BNDES, debêntures incentivadas, green bonds e fundos climáticos, como condição para reduzir custos, aumentar eficiência, descarbonizar o transporte e garantir soberania logística nas próximas décadas.

8. CONCLUSÕES

A análise desenvolvida ao longo deste trabalho evidencia que a questão ferroviária brasileira não pode ser tratada como um problema isolado de infraestrutura, tampouco como uma agenda restrita ao setor de transportes. Trata-se de um tema estratégico para o desenvolvimento nacional, pois envolve integração territorial, redução de custos logísticos, aumento da competitividade produtiva, diversificação da matriz de transportes, segurança energética e sustentabilidade ambiental.

O diagnóstico apresentado demonstra que a ferrovia brasileira permaneceu historicamente submetida a uma lógica de escoamento de riquezas para exportação, com baixa capacidade de articular a circulação interna de bens, insumos, produtos industrializados e cargas gerais. Ao mesmo tempo, a predominância do modal rodoviário como eixo estruturador da logística nacional produziu custos elevados, maior dependência de combustíveis fósseis, sobrecarga das rodovias, aumento de emissões e perda de eficiência sistêmica.

Nesse contexto, a ampliação do papel da ferrovia deve ser compreendida como política de Estado, e não como resposta imediata ou pontual de governos. A transformação proposta exige continuidade institucional, planejamento de longo prazo, segurança regulatória, investimentos estruturantes e capacidade de coordenação entre União, agências reguladoras, concessionárias, investidores, usuários e sociedade.

A experiência da desestatização das malhas da antiga RFFSA revela que a simples transferência da operação ao setor privado não foi suficiente para construir uma rede nacional integrada, aberta e competitiva. A concentração entre donos das cargas e operadores ferroviários, a fragmentação das malhas, a baixa interoperabilidade, a dificuldade de aplicação efetiva do direito de passagem e a existência de gargalos físicos e tecnológicos limitam a capacidade da ferrovia de servir ao conjunto da economia brasileira.

Por essa razão, o financiamento público e estruturado deve estar vinculado a objetivos claros de interesse nacional. O BNDES, nesse cenário, pode desempenhar papel decisivo como agente indutor de uma nova lógica ferroviária, combinando crédito de longo prazo, financiamento verde, instrumentos de mercado de capitais e condicionalidades regulatórias capazes de promover interoperabilidade, abertura de pátios, tarifação justa, governança neutra de capacidade e auditoria eletrônica das operações.

A ferrovia também deve ser assumida como instrumento relevante de transição ambiental. A migração progressiva de grandes volumes de carga do modal rodoviário para o ferroviário tem potencial para reduzir emissões de gases de efeito estufa, diminuir a pegada de carbono da logística nacional, aliviar rodovias, reduzir acidentes, aumentar a eficiência energética e contribuir para o cumprimento dos compromissos climáticos do país.

Entretanto, nenhuma política ferroviária será plenamente eficaz se não vier acompanhada de uma mudança cultural. É necessário investir para que a sociedade brasileira compreenda o valor do trem — tanto no transporte de cargas quanto no transporte de passageiros — como meio eficiente, seguro, moderno e ambientalmente responsável. Criar uma cultura ferroviária é parte essencial da reconstrução de uma matriz de transportes mais equilibrada.

Assim, a proposta aqui apresentada não defende a substituição do modal rodoviário, mas sua reorganização em uma matriz integrada, na qual cada modal exerça a função mais adequada às suas características técnicas e econômicas. A rodovia deve manter sua

capilaridade e flexibilidade; a ferrovia deve assumir o papel estruturador nos grandes fluxos de longa distância, com elevada capacidade, menor custo e menor impacto ambiental.

Concluir pela centralidade da ferrovia é reconhecer que o Brasil precisa transformar sua logística em vetor de soberania, desenvolvimento e sustentabilidade. Se o agronegócio brasileiro é reconhecido pela força de sua produção, a ferrovia deve ser reconhecida como infraestrutura indispensável para dar eficiência, competitividade e futuro a essa riqueza. Em síntese: o agro é pop, mas a ferrovia precisa ser top como política pública, como projeto nacional e como caminho para uma economia mais integrada, competitiva e sustentável.

Não existe uma solução única universal para a descarbonização das ferrovias brasileiras. A eletrificação por catenária 25 kV é imbatível na Malha Paulista e acessos portuários devido ao elevadíssimo volume de carga, onde o alto custo fixo é diluído pela escala operacional, e para o funcionamento adequado do corredor Rio-São Paulo - -BH Para os extensos corredores do Centro-Oeste e Nordeste (FNS, Ferronorte, FICO, FIOL e Transnordestina), a tecnologia híbrida com baterias é o passo imediato mais racional, pavimentando o caminho para o uso definitivo do hidrogênio verde e do etanol reformado na medida em que a infraestrutura de H_2V se consolide no país.

Os diferentes trechos ferroviários analisados apresentam características distintas quanto à vocação de carga, densidade de tráfego, extensão, condições de infraestrutura, integração com portos e demais modais, nível de modernização tecnológica e potencial de descarbonização. As proposições apresentadas para a Malha Paulista, F118 – Região Sudeste, Triangulo Econômico a Rio-Minas São Paulo, Ferrovia Tronco Sul, FIOL, FICO, Transnordestina, Ferrovia Nordeste, Norte-Sul e Ferronorte demonstram que a recuperação e expansão da participação ferroviária na matriz nacional devem estar associadas à integração territorial, eficiência logística, segurança operacional, interoperabilidade das malhas, modernização tecnológica, sustentabilidade ambiental e competitividade da produção brasileira.

O BNDES também pode contribuir para a construção de modelos de financiamento que considerem as diferentes características dos corredores ferroviários, combinando recursos públicos e privados e criando condições para investimentos de maior maturação. A utilização de instrumentos financeiros vinculados a metas de desempenho, eficiência energética, redução de emissões e ampliação da capacidade pode aproximar a política de financiamento dos objetivos estratégicos nacionais. A ANTT, por sua vez, assume papel fundamental na construção de um ambiente regulatório capaz de viabilizar essa transformação. Cabe à Agência contribuir para a previsibilidade regulatória, o acompanhamento dos contratos de concessão e autorização, a fiscalização dos níveis de serviço, a promoção da segurança operacional e a criação de condições para maior integração entre as diferentes malhas

O resultado esperado não é simplesmente ampliar quilômetros de ferrovias, mas construir uma rede ferroviária mais integrada, eficiente, segura, tecnológica e ambientalmente sustentável, capaz de desempenhar funções distintas dentro da matriz brasileira. Ferrovias de alta densidade poderão concentrar esforços na ampliação de capacidade e na descarbonização; corredores de integração territorial deverão priorizar a conclusão de trechos estratégicos e a conexão entre regiões produtoras e mercados; enquanto malhas com menor densidade poderão demandar soluções tecnológicas e operacionais adaptadas à sua realidade.

Conclui-se, que o desafio ferroviário brasileiro exige continuidade, coordenação institucional e planejamento de longo prazo. As políticas públicas propostas neste trabalho procuram justamente transformar os desafios específicos de cada trecho em oportunidades de modernização, integração e desenvolvimento.

Nesse sentido, as proposições aqui apresentadas constituem uma agenda de longo prazo para que a ferrovia brasileira avance de uma lógica predominantemente fragmentada para uma rede nacional integrada, resiliente, eficiente e preparada para os desafios econômicos e ambientais das próximas décadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES (ANTT). Concessões e projetos ferroviários. Brasília, DF: ANTT, [s.d.].

ANTT – aprovação do projeto da Malha Oeste e avança com concessão estratégico da região Centro-Oeste;

ANTT sobre a assinatura da renovação do contrato da MRS;

Atual situação das ferrovias no Brasil;

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL (BNDES). Estudos sobre logística, financiamento e descarbonização ferroviária. Rio de Janeiro: BNDES, [s.d.].

Brasil volta aos trilhos – ANTT;

BRASIL. Legislação federal sobre concessões, autorizações, direito de passagem e financiamento ferroviário. Brasília, DF, [s.d.].

BRASIL. Ministério dos Transportes. Estudos e informações sobre concessões e infraestrutura ferroviária. Brasília, DF: Ministério dos Transportes, [s.d.].

BRASIL. Ministério dos Transportes. Plano Nacional de Logística – PNL 2050. Brasília, DF: Ministério dos Transportes, [s.d.].

BRASIL. Novo PAC: investimentos em infraestrutura ferroviária. Brasília, DF, [s.d.].

Documentos técnicos das ferrovias analisadas: informações específicas sobre Malha Paulista, Ferrovia Norte-Sul (FNS), Ferronorte, FIOL, FICO, Transnordestina, EF-118 e Ferrovia Tronco Sul, utilizadas para caracterizar os corredores, identificar desafios e fundamentar as proposições de políticas públicas.

EF-118 posição da ANTT;

Ferrovias Brasil do Ministério dos Transportes;

INFRA S.A. Estudos de planejamento e infraestrutura ferroviária. Brasília, DF: Infra S.A., [s.d.].

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). Normas e procedimentos de licenciamento ambiental. Brasília, DF: IBAMA, [s.d.].

Legislação federal: marco regulatório referente a concessões, autorizações ferroviárias, direito de passagem, financiamento e exploração da infraestrutura.

NOVO PAC: Informações sobre investimentos públicos, obras e projetos estratégicos de infraestrutura ferroviária.

Portal do TCU aprova solução consensual dos contratos da Malha Sudeste;

Projeto FICO – Corredor estratégico para o transporte de carga no país;

Serviços e informações do Brasil sobre as concessões ferroviárias;

VASCONCELOS, Américo, *A Política Ferroviária Brasileira 1835/1945)*, Volumes I e II – Mais – 2018;

Trabalho desenvolvido pelos engenheiros do Grupo de Trabalho:

Cátia Maria Cavalcanti Pereira;

Ernesto Roberto Oliveira;

Gabriel de Souza Lino;

Hélio Suevo Rodriguez;

Luiz Carlos Gabriel;

Marcelo Freire da Costa;

Ricardo Mussi;

Data: 28 de setembro de 2026