

## **TECNOLOGIA DE AVANÇO NO DESEMPENHO DA CIRCULAÇÃO DE TRENS NO BRASIL: UM ESTUDO SOBRE O TRIP OPTIMIZER**

**Beatriz de Fátima Ibiapino**

Fatec Rubens Lara

**Beatriz Matos Perez**

Fatec Rubens Lara

**Thames Richard Silva**

Fatec Rubens Lara

### **Resumo**

O presente artigo tem como objetivo mostrar como o sistema do Trip Optimizer é capaz de trazer resultados pertinentes à redução de gastos e trazer impactos ambientais positivos relacionados à redução de emissão de CO<sub>2</sub>. Para isso, na primeira parte será abordado o modal ferroviário no Brasil, sua posição e importância na cadeia logística no país; na segunda parte será abordado sobre o sistema do Trip Optimizer e sua funcionalidade para as empresas do setor logístico ferroviário. Através de um levantamento de informações sobre o setor será possível mostrar a projeção de resultado que o Trip Optimizer tem nas questões financeiras e ambientais de uma empresa que o utiliza.

Palavras-chave: Trip Optimizer, Ferrovia, Tecnologia.

## **Abstract**

This article aims to show how the Trip Optimizer system is capable of bringing relevant results to the reduction of expenses and to bring positive environmental impacts related to the reduction of CO2 emissions. In the first part, the railway modal in Brazil will be approached, its position and importance in the country's logistics chain; in the second part, the Trip Optimizer system and its functionality for companies in the railway logistics sector will be discussed. Through a survey of information about the sector, it will be possible to show the projection of results that Trip Optimizer has on the financial and environmental issues of a company that uses it.

Keywords: Trip Optimizer. Railway, Technology.

## **Introdução**

O crescimento econômico de um país está altamente ligado à uma matriz de transportes equilibrada. As necessidades e demandas de escoamento da produção devem ser atendidas por uma infraestrutura viária eficiente, assim, agregando na competitividade da nação diante do mundo globalizado. A relação das diferentes características dos modais de transporte devem gerar uma gestão eficaz, com objetivo de assegurar que o volume de produtos produzido pelo país chegue ao seu destino com custos competitivos e qualidade.

Um dos fatores de crescimento econômico de uma nação, está diretamente relacionado as facilidades de mobilidade e acessibilidade de sua população em termos de deslocamento urbano, entre regiões e países, bem como o escoamento de sua produção de mercadorias de maneira que cheguem aos pontos de consumo, seja no contexto nacional ou internacional (COLATIVE & KONISHI, 2015).

O Brasil retém uma ampla rede de sistemas de transporte, dado a sua grande extensão territorial, a fim de interligar regiões e cidades, assim participando do desenvolvimento econômico em locais mais afastados. As distribuições dos produtos dentro do território brasileiro e ao exterior são possibilitadas pelos modais rodoviário, ferroviário, aéreo e aquaviário.

No presente momento, o principal entrave no desenvolvimento logístico no Brasil, é encontrado nas deficiências da infraestrutura de transportes. O aumento no

desempenho de transportes está relacionado com a regulação do sistema de infraestrutura, como um todo ou por modal, tornando-se mais oportuno para as novas demandas. “No entanto, a falta de planejamento, de investimento e de controle no setor de transportes nacional, se reflete no risco de se ter um transporte incapaz de acompanhar o crescimento da demanda por qualidade, abrindo possibilidade de um colapso do sistema” (SCHMIDT, 2011, p. 15).

O modal ferroviário é um importante aliado da logística de vários países desde a época da Revolução Industrial. O transporte férreo é um dos mais vantajosos visto que consegue transportar cargas em maiores quantidades e à um custo menor que outros modais, entretanto, enquanto em muitos países o modal ainda possui uma ocupação promissora nas tarefas de transporte de carga, no Brasil o modal acabou sendo pouco explorado e foi deixado de escanteio.

O objetivo desse artigo é explorar uma tecnologia utilizada no transporte ferroviário: o *Trip Optimizer*. Essa nova tecnologia tem como objetivo reduzir custos de transporte ao modal, contribuindo também para o gerenciamento sustentável das locomotivas. Dessa forma será possível avaliar como essa tecnologia pode impactar o cenário futuro da logística de transporte nacional.

## **Embasamento Teórico**

O modal ferroviário é caracterizado por sua capacidade de transportar grandes volumes com eficiência energética, por longas distâncias. O transporte ferroviário possui melhor índice de segurança, em relação ao rodoviário, com menor taxa de acidentes e roubos de carga.

Caldas et al. (2012) expõe em seu estudo que:

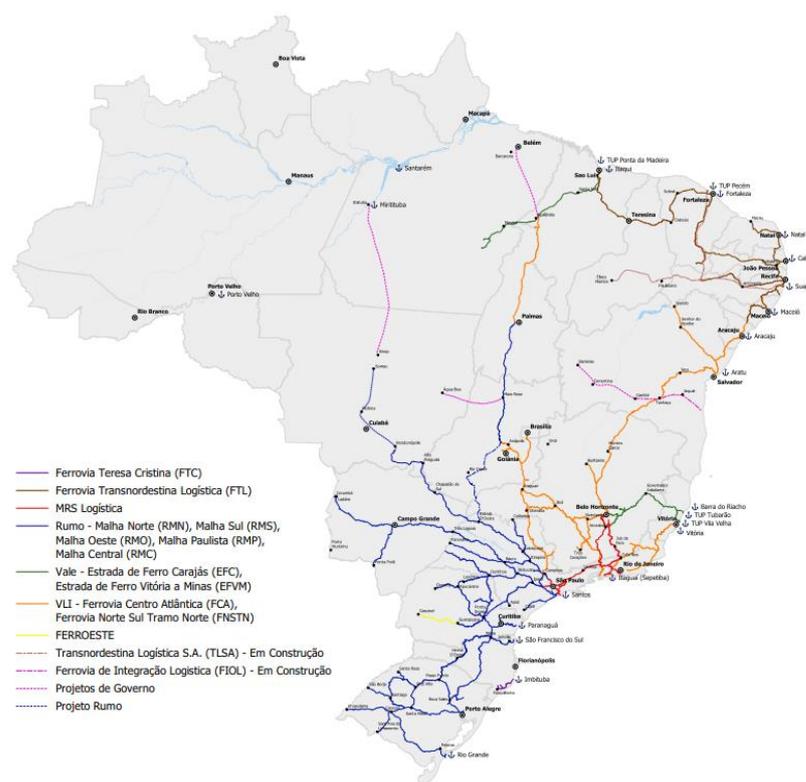
A indústria ferroviária ocupa um papel importante no mercado de fretes de cargas. Possui como vantagem relativa aos outros meios de transportes o fato de ter a capacidade de transportar uma variedade de produtos e volumes em distâncias longas

a um custo menor. Tradicionalmente, esta indústria se encontra na pauta de investimentos de diversos países, pois ela possibilita a integração regional, o escoamento eficiente dos produtos, o transporte

com níveis mais baixos de emissão de CO<sub>2</sub> e o maior crescimento econômico.

Com 29.320km, a atual malha ferroviária brasileira é relativamente pequena para a sua extensão territorial. Estudos realizados pela Associação Nacional dos Transportadores Ferroviários (ANTF) descrevem, que a extensão ferroviária mínima necessária em função a necessidade de exportações para o Brasil seria de 52.000 km. Na Figura 1 é possível observar a extensão da malha ferroviária no país e as operadoras de cada concessão.

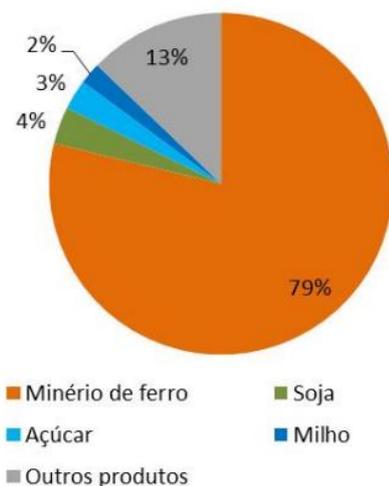
Figura 1: Mapa Ferroviário e Concessões



**Fonte:** ANTF (2020)

Devido a sua capacidade de transportar grandes quantidades de produtos a um valor de frete mais competitivo que o rodoviário, a ferrovia se caracteriza por transportar produtos de baixo valor agregado, como o gráfico abaixo demonstra. Na Figura 2 é retratado a distribuição de produtos transportados pela ferrovia em 2016, de acordo com dados retirados do relatório executivo do Plano Nacional de Logística 2025 (PNL), elaborado pela Empresa de Planejamento e Logística S.A. (EPL).

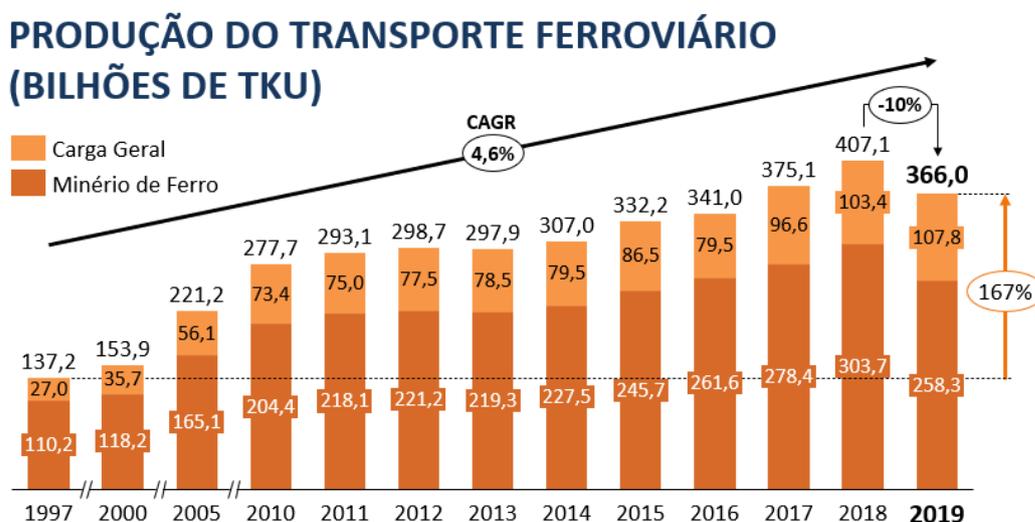
Figura 2: Distribuição dos tipos de produtos no setor ferroviário.



Fonte: EPL (2018)

Dessa forma, conseguimos observar que as ferrovias de carga cresceram significativamente o seu volume transportado na Figura 3, apresentando em 2018 o recorde de 407,1 bilhões de tonelada quilômetro útil (TKU) transportado. A produção do transporte obteve uma taxa de crescimento anual composta de 4,6% entre 1997 e 2019.

Figura 3: Produção do Transporte Ferroviário (Bilhões de TKU)



Fonte: ANTT, Compilação ANTF (2020)

O setor ferroviário tem potencial para escoar muito além dos 407,1 TKU, recorde atingido em 2018. Para que isso ocorra, entretanto, é essencial a ampliação da

participação da iniciativa privada no setor (CNT, 2018). A concessão de novos trechos e a prorrogação daqueles vigentes é fator decisivo na capacidade de expansão da infraestrutura ferroviária.

Segundo o Ministério da Infraestrutura, a perspectiva de verba pública para o setor ferroviário, gira em torno de 30 bilhões de reais para os próximos anos. Na Figura 4 é visível o aumento dos investimentos nos últimos 10 anos, alcançando seu maior valor em 2015.

Figura 4: Investimentos (Milhões)



Fonte: ANTF (2020)

Os investimentos ocorridos após o início das concessões foram destinados ao aumento da frota de material rodante e melhorias na malha. Desde o início das concessões, as ferrovias já investiram mais de R\$ 75 bilhões (valores correntes), que representam mais de R\$ 113 bilhões se atualizados pelo IPCA de 2019 (ANTF, 2020).

É importante ressaltar que um dos aspectos relevantes do cenário logístico dos transportes está relacionado aos investimentos e inovações tecnológicas dentro do setor. Em sua análise, Schumpeter nos faz entender que o sistema capitalista está associado a um constante processo evolutivo, gerando impactos expressivos no modo de produção através das inovações (SCHUMPETER apud JULIO, 2018). Logo, pode-se notar que as inovações nascem no interior das companhias, seja através da abertura de um novo mercado ou a implementação de uma nova estrutura de mercado, entre outros; e as consequências desses episódios movem a estrutura econômica em que estão inseridos (VAZ, 2008).

## Desenvolvimento da temática

Ao se olhar para o nicho ferroviário, vê-se que as inovações tecnológicas estão impactando positivamente a retomada do modal no Brasil, com intenção de findar os gargalos

existentes; o *Trip Optimizer (TO)* é uma das novas tecnologias que vem ganhando espaço para auxiliar na produtividade e qualidade do serviço de transporte de carga via trem. De acordo com a *General Electric Transportation*, – *GE Transportation* (2016), empresa patenteadora do *TO*, o sistema tem a premissa de auxiliar a tripulação para que se tenha uma otimização no deslocamento da viagem, que controle a velocidade das locomotivas a fim de provocar uma redução considerável do uso de combustível, e que tudo isso ocorra de forma automatizada.

O comprimento e peso do trem, condições e grau da pista, tempo de resposta do motorista e desvio entre os motoristas, são apenas alguns dos fatores que influenciam a velocidade e eficiência de entrega - e seu impacto nos resultados financeiros da empresa (GENERAL ELECTRIC COMPANY, 2016).

A partir desse compilado de dados, a *GE Transportation* (2016) explica que o sistema de aceleração e os freios dinâmicos passam a ser controlados pelo programa, projetando a redução do consumo de combustível e a eficácia sobre o domínio do equipamento. Desse modo, a Wabtec (2019) – empresa que teve sua fusão com a *GE Transportation* recentemente, esclarece que com a utilização do *TO*, o manuseio da locomotiva passa a ser mais eficiente enquanto o seu desgaste tende a amenizar, além da possibilidade de se obter as informações a respeito da velocidade constante a qualquer momento.

O sistema do *TO* ganha destaque perante as empresas ferroviárias pelo fato de fiscalizar minuciosamente particularidades das locomotivas ao mesmo tempo que fórmula propostas individuais para cada viagem. Isso se dá pela captura e análise simultaneamente de informações relacionadas à potência real, velocidade, patinação das rodas, saúde do motor, qualidade do trilho e efeito do vento, entre outros (GENERAL ELECTRIC COMPANY, 2016).

---

A implantação do *Trip Optimizer* já foi realizada em 17 ferrovias, segundo os dados apresentados pela Wabtec (2019), dentro delas todas as 7 ferrovias da Classe 1 nos Estados Unidos – o *Surface Transportation Board* (2021) classificam na Classe 1 as ferrovias que faturam o equivalente, ou valor superior, à US\$ 504.803.294.

De acordo com um estudo feito pela Sociedade de Sistemas de Controle do IEEE (2014), ao se utilizar o sistema do *Trip Optimizer* em uma locomotiva Evolution, a redução do uso de combustível é equivalente a aproximadamente 121.133 litros, e impede que mais de 365 toneladas de CO<sub>2</sub> sejam emitidos. O estudo ainda faz a projeção de que se o sistema fosse implantado em todas as locomotivas da América do Norte (em torno de 10.000) o resultado seria o mesmo que se um milhão de carros parassem de rodar nas estradas por um ano (IEEE CONTROL SYSTEMS SOCIETY, 2014).

## Resultados e discussão

### Redução do Consumo de Combustível e Emissão de CO<sub>2</sub>

É notável o impacto do diesel nos custos relacionados a operação ferroviária, conforme Cabral (2017) aponta em sua tese, os custos referentes ao combustível representam 35% dos custos totais. Deve-se ressaltar que a redução no consumo do combustível beneficia não somente a gestão de custos, mas também ganhos ambientais, como a emissão de CO<sub>2</sub>, resultante da queima do óleo diesel.

Segundo Soares et al. (apud CARVALHO, 2011), pondera-se que a cada 1 litro de diesel queimado, é emitido na atmosfera 4 kg de CO<sub>2</sub>.

Conforme testes realizados pela GE (2016), a redução média de combustível por locomotiva que tiver o *Trip Optimizer* implantada é de 3% a 17%, variando conforme o trecho e condição da malha e modelo da locomotiva. A fim de estimar a redução de combustível foi utilizado o percentual de 10% para os cálculos, valor este certificado pela *United States Environmental Protection Agency* (EPA) em 2015.

Utilizando os dados acima e o anuário do setor ferroviário de 2020 disponibilizado pela ANTT, foi realizado a comparação do impacto que causaria a implantação do *TO* para as principais concessões do país.

## Apresentação dos Cálculos

A Agência Nacional de Transportes Terrestres disponibiliza em seu site o Anuário do Setor Ferroviário, onde apresenta a partir de tabelas os resultados anuais das concessões. Informações estes integralmente obtido a partir dos dados enviados pelas concessionárias e sub-concessionárias através do Sistema de Acompanhamento e Fiscalização do Transporte Ferroviário - SAFF, nos termos Resolução ANTT nº 2.502/2007 (ANTT, 2021).

Utilizando as informações disponíveis no Anuário do Setor Ferroviário referentes a 2020, para o cálculo de consumo de combustível foi utilizado os dados de consumo anual de combustível por milhares de TKU para cada locomotiva e a produção anual em TKU. Ademais foi utilizado o coeficiente 3 representando o cálculo médio de locomotivas utilizadas na composição dos trens, conforme estudos de Oliveira, Lopes e Castro (2017), sobre a média de locomotivas utilizadas em cada composição.

Utilizando a concessão Estrada de Ferro Carajás (EFC) como base, segue cálculos realizados:

Consumo de combustível Anual = Produção Anual (milhares de TKU) x Consumo de combustível (litro/milhares de TKU) para cada locomotiva x Locomotivas por Composição

Consumo de combustível Anual da EFC =  $177.377 \times 1,79 \times 3$

Consumo de combustível Anual da EFC = 952.514,49 litros

O cálculo realizado para a emissão de CO<sub>2</sub> usou como referência o trabalho de Soares et al. (apud CARVALHO, 2011), onde é destacado que é gerado 4 kg de CO<sub>2</sub> a cada 1 litro de queima de diesel e o consumo de combustível anual calculado anteriormente.

Emissão de CO<sub>2</sub> = Consumo de Combustível Anual x Geração de CO<sub>2</sub> por litro

Emissão de CO<sub>2</sub> = 952.514,49 litros x 4 kg/litro

Emissão de CO<sub>2</sub> = 3.810.057,96 Kg ou 3.810 ton/ano

Para melhor visualização foi convertido os quilos para toneladas, utilizando a taxa: 1000 kg = 1 ton.

O custo de consumo com combustível foi realizado utilizando o cálculo realizado anteriormente de quantidade de litros consumidos no ano de 2020 e o valor do diesel

---

em agosto do mesmo ano, tal valor informado via nota oficial do Ministério de Minas e Energia, correspondente à R\$ 3,52/litro.

Para esse cálculo foi realizado a fórmula abaixo:

Custo com Combustível = Consumo de combustível Anual x Valor do Combustível (R\$/L)

Custo com Combustível = 952.514,49 litros x R\$ 3,52/litro

Custo com Combustível = R\$ 3.352.851,00 R\$/L

Para a estimativa de redução do consumo de combustível foi utilizado o percentual de economia certificado pela *EPA* e os dados de consumo anual de combustível por TKU.

Desta forma para os novos dados de consumo de combustível anual, temos:

Consumo de combustível com o *Trip Optimizer* = Consumo de Combustível por TKU - (Consumo de Combustível por TKU x Percentual de Economia)

Consumo de combustível com o TO = 1,79 litros por milhares de TKU

Considerando uma redução de 10% sobre o consumo de diesel temos o seguinte cálculo:

Valor da redução em litros = 1,79 x 0,10 = 0,18

Novo valor de consumo do diesel = 1,79 – 0,18 =

Consumo de combustível com o TO = 1,61 litros por milhares de TKU

Portanto, foi utilizado o valor de 1,61 litros de combustível por milhares de TKU para os cálculos de comparação do consumo de combustível anual com o *Trip Optimizer* instalado nas locomotivas. A partir deste novo valor foi recalculado o consumo de combustível anual, emissão de CO<sub>2</sub> e custo com combustível anual.

Para os cálculos acima foram utilizados os dados da concessão da EFC em 2020, operada pela empresa Vale. A mesma lógica de cálculos foi replicada para as demais concessões analisadas na Tabela 1.

Tabela 1: Reduções estimadas com a implantação do TO em toda a frota.

Sem o <i>Trip Optimizer</i>			Com o <i>Trip Optimizer</i>			
	Consumo de combustível em 2020 (l)	Emissão de CO <sub>2</sub> em 2020 (t)	Custo com combustível em 2020	Consumo de combustível em 2020 (l)	Emissão de CO <sub>2</sub> (t) em 2020 (t)	Custo com combustível em 2020
EFC	952.514	3.810	R\$ 3.352.851,00	857.263	3.429	R\$ 3.017.565,90
EFVM	272.623	1.090	R\$ 959.633,66	245.361	981	R\$ 863.670,30
FCA	672.208	2.689	R\$ 2.366.172,44	604.987	2.420	R\$ 2.129.555,20
MRS	575.692	2.303	R\$ 2.026.437,18	518.123	2.072	R\$ 1.823.793,46
RMO	24.271	97	R\$ 85.433,04	21.844	87	R\$ 76.889,74
RMP	288.011	1.152	R\$ 1.013.799,49	259.210	1.037	R\$ 912.419,54
RMS	179.691	719	R\$ 632.512,11	161.722	647	R\$ 569.260,90
RMN	145.857	583	R\$ 513.418,33	131.272	525	R\$ 462.076,50

**Fonte:** Autores (2021)

Conforme a unificação dos resultados da Tabela 1, é possível estimar a redução mínima de 311.087 litros de combustível com a utilização do *Trip Optimizer* pelas operadoras das concessões acima, como consequência há uma economia estimada de R\$ 1.095.025,73 com os gastos com combustível e a contração de 1.244 toneladas de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) na atmosfera.

### Considerações finais

As atuais concessões e investimentos tomados pelo setor privado e público estão criando um cenário do qual a utilização do transporte ferroviário tem premissas de crescimento exponenciais nos próximos anos. O equilíbrio na matriz de transporte irá proporcionar uma concorrência maior entre os modais, diminuindo os custos relativos

ao transporte, trazendo mais segurança e proporcionando mais competitividade para o país no comércio exterior.

A abundância de inovação tecnológica no modal, nos últimos anos, também tem consequências significativas no processo produtivo das empresas ferroviárias. A criação de tecnologias mais sustentáveis e que trazem maior otimização do serviço vão de encontro com uma nova onda que preza pelo desenvolvimento de ações e ideias que buscam mudar o cenário mundial, os 17 objetivos da ONU além de focarem na prosperidade das pessoas, buscam incentivar que as empresas transformem seus processos produtivos e serviços em soluções mais sustentáveis.

O *Trip Optimizer* é uma tecnologia que está alinhada a essa visão pois além de otimizar o serviço do maquinista que está operando a locomotiva e proporcionar uma viagem mais segura, há um impacto financeiro relacionado à gastos com combustível que está fortemente interligado a melhorias de problemas ambientais.

Através dos dados obtidos referentes aos gastos anuais das concessões, foi possível fazer uma estimativa da diminuição de valores que uma empresa poderia ter no ano caso implementasse o sistema de *TO* em suas locomotivas. É importante ressaltar que os resultados irão variar de empresa para empresa por diversas razões, equipamento, tipo de produto transportando, trajeto de viagem, entre outros. Porém é possível observar que os valores referentes a redução de gastos com combustível, em todas as concessões, foram significativos; e conseqüentemente, isso mostra que os números relacionados à diminuição de emissão de CO<sub>2</sub> também foi bem relevante.

Levando-se em consideração esses aspectos apresentados, o uso do sistema do *Trip Optimizer* nas locomotivas, não só no Brasil como em outras malhas ferroviárias pelo mundo, poderá ser uma solução favorável para as empresas, principalmente no ponto de vista financeiro e ambiental.

## Referências

ANTF- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTES FERROVIÁRIOS.

**Informações Gerais.** Disponível em: <<https://www.antf.org.br/informacoes-gerais/>>.

Acesso em: 17 out. 2020. 10h50.

ANTT – AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES. **Anuário do Setor Ferroviário**. 2021. Disponível em: <<https://portal.antt.gov.br/anuario-do-setor-ferroviario>>. Acesso em: 25 mar. 2021. 15h30.

ANTT – AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES. Investimentos Ultrapassam R\$ 113 Bi. Maio, 2020. Disponível em: <<https://www.antf.org.br/releases/investimentos-ultrapassam-113-bi/>>. Acesso em: 17 out. 2020. 20h20.

ANTT – AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES. **Mapa Ferroviário**. Disponível em: <<https://www.antf.org.br/mapa-ferroviario/>>. Acesso em: 07 nov. 2020. 09h10.

CABRAL, Eric W. Santos. **A Eficiência Energética do Consumo de Combustível em uma Ferrovia Heavy Haul**. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia de Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2017. Disponível em: <<https://repositorio.ufes.br/handle/10/9483>>. Acesso em: 26 abr. 2021. 08h30.

CALDAS, Marco Antonio Farah; GABRIELE, Pedrita Dantas; CARVALHAL, Raquel Lourenço; RAMOS, Thiago Graça. **A Eficiência do Transporte Ferroviário de Cargas: Uma Análise do Brasil e dos Estados Unidos**. Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <<http://www.din.uem.br/sbpo/sbpo2012/pdf/arq0333.pdf>>. Acesso em: 14 set. 2020. 14h15.

CARVALHO, Carlos Henrique Ribeiro de. **Emissões Relativas de Poluentes do Transporte Motorizado de Passageiros nos Grandes Centros Urbanos Brasileiros**. Texto para Discussão, IPEA, Brasília, 2011. Disponível em: <[https://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com\\_content&view=article&id=9567&catid=270](https://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=9567&catid=270)>. Acesso em: 26 abr. 2021. 10h50.

CNT- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Iniciativa privada é solução para ampliação da malha ferroviária**. Agência CNT Transporte Atual, 2018.

Disponível em: <<https://cnt.org.br/agencia-cnt/iniciativa-privada-solucao-ampliar-malha-ferroviaria>>. Acesso em: 14 nov. 2020. 18h30.

COLAVITE, Alessandro Serrano; KONISHI, Fabio. **A matriz do transporte no Brasil: uma análise comparativa para a competitividade**. SEGeT – Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, 2015. Disponível em: <<https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos15/802267.pdf>>. Acesso em: 14 set. 2020. 16h45.

EPL – EMPRESA DE PLANEJAMENTO E LOGÍSTICA S.A. **Relatório Executivo: Plano Nacional de Logística 2025**. 2018. Disponível em: <<https://www.epl.gov.br/download-do-relatorio-executivo-do-pnl-ja-esta-disponivel>>. Acesso em 14 nov. 2020. 11h25.

GENERAL ELECTRIC COMPANY. **GE Transportation's Digital Solutions: Trip Optimizer**. 2016. Disponível em: <[https://www.ge.com/digital/sites/default/files/download\\_assets/GE-Transportation-Trip-Optimizer-20160824.pdf](https://www.ge.com/digital/sites/default/files/download_assets/GE-Transportation-Trip-Optimizer-20160824.pdf)>. Acesso em: 20 out. 2020. 21h30.

GENERAL ELECTRIC COMPANY. **PROJECT: Trip Optimizer for Railroads**. Disponível em: <<https://www.ge.com/research/project/trip-optimizer-railroads#:~:text=On%2Dtime%20arrival%20with%20the,while%20minimizing%20possible%20fuel%20use>>. Acesso em: 22 out. 2020. 17h50.

IEEE CONTROL SYSTEMS SOCIETY. **Trip Optimizer for Railroads. The Impact of Control Technology**, 2nd ed., 2014. Disponível em: <<http://ieeecss.org/sites/ieeecss/files/2019-06/loCT2-SS-Eldredge-1.pdf>>. Acesso em: 19 abr. 2021. 08h15.

JULIO, Alessandra dos Santos. **O Sistema de Transporte Ferroviário de Carga no Brasil: Das Concessões ao Novos Projetos de Expansão**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Florianópolis, 2018. Disponível em:

<<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/205008/PGCN0697-T.pdf?sequence=-1&isAllowed=y>>. Acesso em: 15 set. 2020. 13h40.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Preço do óleo diesel no Brasil e no mundo.** Nota Oficial, Notícias, 2021. Disponível em: <<https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/preco-do-oleo-diesel-no-brasil-e-no-mundo-4>>. Acesso em: 26 abr. 2021. 15h30.

OLIVEIRA, Sérgio Luiz; LOPES, Cel. Silveira; CASTRO, Carmen Dias. **Dinâmica em Trems Longos com Tração Distribuída.** Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia de Transportes) – Curso de Especialização em Transporte Ferroviário de Carga, Departamento de Ciência e Tecnologia, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <<http://transportes.ime.eb.br/etfc/monografias.html>>. Acesso em 30 abr. 2021. 10h50.

NAÇÕES UNIDAS BRASIL. **Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil.** Disponível em:< <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>>. Acesso em: 23 abr. 2021. 16h10.

SCHMIDT, Elcio Luís. **O Sistema de Transporte de Cargas no Brasil e sua Influência sobre a Economia.** Trabalho de Conclusão de Curso (Economia), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/121082>>. Acesso em: 14 set. 2020. 19h30.

SURFACE TRANSPORTATION BOARD. **Economic Data.** Disponível em: <<https://prod.stb.gov/reports-data/economic-data/>>. Acesso em: 25 abr. 2021. 07h50.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Certificate of conformity with the clean air act.** 2015. Disponível em: <[https://iaspub.epa.gov/otaqpub/display\\_file.jsp?docid=35913&flag=1](https://iaspub.epa.gov/otaqpub/display_file.jsp?docid=35913&flag=1)>. Acesso em 23 abr. 2021. 14h30.

VAZ, Alexildo Velozo. **A Gestão da Inovação Tecnológica em Ferrovias Brasileiras de Cargas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008. Disponível em: <<http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/28431>>. Acesso em: 10 set. 2020. 09h45.

WABTEC CORPORATION. **Trip Optimizer: Smart Cruise Control for Trains**. 2019. Disponível em: <<https://www.wabteccorp.com/TripOptimizer-brochure.pdf>>. Acesso em: 19 abr. 2021. 20h30.