

Sílvio  
dos  
Santos

# TRANSPORTE, FERROVIÁRIO

História  
& técnicas





Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Santos, Sívio dos

Transporte Ferroviário: história e técnicas/

Sívio dos Santos. - - 2. Ed. – Florianópolis, SC:

Ed. do Autor, 2021.

ISBN 978-65-00-35702-8

1. Ferroviárias – História – Brasil 2. Transporte

ferroviário de carga – História – Brasil I. Título

21 – 92277

CDD-385.0981

Índices para catálogo sistemático:

1. Transporte ferroviário: História 385.0981

Eliete Marques da Silva – Bibliotecária – CRB-8/9380

Silvio  
dos  
Santos

# TRANSPORTE FERROVIÁRIO

História  
& técnicas

# APRESENTAÇÃO

A qualidade de vida das pessoas está associada à mobilidade. Quanto mais veículos nas ruas, menores são as condições de tráfego e, conseqüentemente, as chances de desenvolvimento das cidades e do país tendem a reduzir. Uma das alternativas é um melhor aproveitamento de cada modal, valorizando principalmente o potencial de transporte de carga que cada um oferece: ferroviário, aquaviário, rodoviário, dutoviário ou aéreo.

Por acreditar nesse cenário, a Ferrovia Tereza Cristina é uma incentivadora dessa obra. A empresa é uma concessionária ferroviária da malha Sul catarinense, com atuação entre os municípios de Siderópolis e Imbituba, percorrendo diariamente 164 quilômetros de linha férrea. Desde a privatização, em 1997, transportou mais de 70 milhões de toneladas, entre carvão mineral e cargas diversas.

Acompanhando o cenário da logística nos últimos anos, acontecimentos como a pandemia da Covid-19 e a greve dos caminhoneiros trouxeram à tona diversas reflexões à sociedade e à política brasileira, resgatando uma discussão essencial para o desenvolvimento do Setor de Transporte.

Entre os benefícios estão o baixo custo de frete e de manutenção, a inexistência de pedágios, o menor índice de roubos e acidentes, além do transporte de grandes quantidades a longas distâncias. Além disso, as ferrovias têm pouco gasto de energia, poluem menos o meio ambiente e não correm o risco de enfrentar congestionamentos rotineiramente.

Mas para falar de futuro, precisamos olhar com atenção para os fatos históricos e técnicos, por isso convidamos você a continuar a leitura nas próximas páginas.

## **Benony Schmitz Filho**

Diretor-presidente da Ferrovia Tereza Cristina

**Dedico este livro à minha família:**

minha mãe, Dona Aracy;

meu pai, Seu Vergílio;

meus filhos, Raphael, Paola, Bruno e Víctor;

meus irmãos, Rachel, Adelino e Wanda;

minha nora, Juna;

meus netos, Giancarlo, Gustavo, aos gêmeos

Luca e Matteo e à pequena Beatriz.



# AGRADECIMENTOS

agradecimientos

Este livro é resultado de 15 anos de artigos publicados no site Portogente, na coluna Transporte Modal, a pedido do amigo fraternal José Antônio Marques de Almeida, o estimado Jama. Nesse canal importante de divulgação e debate dos temas portuários e de transporte, eu pude difundir os conhecimentos aprendidos ao longo de 50 anos de engenharia, iniciados no Metrô de São Paulo, na Figueiredo Ferraz, com o professor José Carlos; na Fepasa, com o mestre Cyro de Laurenza; na Actim; nas Secretarias de Transportes de São Paulo e de Santa Catarina; na Ferronorte; e no Laboratório de Transportes e Logística da UFSC. Nesse importante centro de pesquisas e estudos, tive o privilégio de conviver e aprender com os professores Amir Mattar Valente e Antônio Galvão Novaes.

No Labtrans, contei com a colaboração de colegas e bolsistas, os quais se tornaram meus amigos, como Brunno Santos Gonçalves, Edésio Elias Lopes, Samuel Sembalista Haurelhuk e, mais recentemente, Guilherme André Kluch e Marcelo Vouguinha. Minhas dúvidas foram tiradas pelos companheiros da Ferronorte: Evandro Madeira, Frederico Karg, Carlos Haiduk, José dos Passos Nogueira, Sylvio Coura, Dalmo Ribeiro do Val Marques e os amigos Elio Gheriani da Canadian Pacific e Jorge Oscar Franco, da ALAF.

Na edição do livro, contei com as fotos do amigo Milton Ostetto (FTC e Museu Ferroviário de Tubarão), além das fotos dos meus filhos Raphael Colello dos Santos e Víctor Thives dos Santos, somadas àquelas que eu tirei em minhas viagens ferroviárias. Os desenhos foram feitos por Víctor Thives dos Santos e Guilherme André Kluch, copiados com esmero das apostilas do professor Telmo Giolito Porto, da nossa querida Escola Politécnica da USP.

Agradeço à Secretaria de Infraestrutura e Mobilidade de Santa Catarina, por meio do secretário Thiago Vieira, pela oportunidade de colaborar com os planos ferroviários do Estado.

Fotos, mapas e informações do tema ferroviário foram cedidos gentilmente pela FTC e pela ANTF. Finalmente, gostaria de agradecer à Ferrovia Tereza Cristina, pela edição deste livro, na pessoa do amigo Benony Schmitz Filho.

**Sílvio dos Santos**



# PREFÁCIO

Ao se observar a evolução da matriz de transportes de carga no Brasil do final do século passado ao início desse novo século, percebe-se uma predominância da rodovia. Em 1996, no início das concessões ferroviárias, o trem era responsável por menos de 1/5 da movimentação de cargas; nas duas décadas do século XXI, apesar do aumento do transporte ferroviário, sua participação se manteve inalterada. Estima-se que em 2035, em ocorrendo a retomada das obras paralisadas, haverá uma equalização da matriz de transportes – poderemos ter por volta de 1/3 das cargas transportadas pelo modal ferroviário.

Atento a cenários como esse, neste livro, o autor, engenheiro Silvio dos Santos, emérito pesquisador do Laboratório de Transportes e Logística – Labtrans/UFSC e possuidor de grande conhecimento sobre transportes, nos apresenta com um conteúdo rico e de extrema importância. Ele inicia com o surgimento da estrada de ferro, em uma abordagem histórica, para em seguida discorrer sobre as locomotivas a vapor, elétrica e movidas a diesel. Mais adiante, traz valiosas informações sobre os vagões de carga e o trem de alta velocidade.

Continua a abordagem sobre diferentes bitolas, com cuidado à sinalização ferroviária. Depois de descrever a via permanente da estrada de ferro, chega aos terminais e, na sequência, aborda os trens de carga das ferrovias brasileiras.

A parte seguinte traz ao leitor sua visão do transporte ferroviário de cargas e das companhias ferroviárias da América do Norte e Europa; em seguida, discute os modelos de melhorias operacionais e nos mostra os modernos conceitos do transporte intermodal e os acordos que recuperaram o sistema ferroviário na Europa.

Agora, nesta 2ª edição, revisada e ampliada, o tema ferroviário da última década é abordado com seus fatos e números.

Trata-se, assim, de uma importante contribuição para a academia e para o mercado da engenharia ferroviária. Estudantes, pesquisadores, engenheiros e outros profissionais e interessados no tema passam a dispor de uma valiosa publicação que muito os ajudará nas pesquisas e nos seus trabalhos práticos e de cunho profissional.

## **Amir Mattar Valente**

Coordenador Geral do Laboratório de Transportes – Labtrans/UFSC  
Professor do Departamento de Engenharia Civil  
Universidade Federal de Santa Catarina - Florianópolis, SC

# SUMÁRIO

## sumário

<b>CAPÍTULO 1</b> - O surgimento da estrada de ferro	13
<b>CAPÍTULO 2</b> - A locomotiva a vapor	22
<b>CAPÍTULO 3</b> - A locomotiva elétrica	38
<b>CAPÍTULO 4</b> - A locomotiva a diesel	58
<b>CAPÍTULO 5</b> - Os vagões de carga	71
<b>CAPÍTULO 6</b> - O trem de alta velocidade	87
<b>CAPÍTULO 7</b> - A bitola do trem	109
<b>CAPÍTULO 8</b> - Os sinais e a sinalização ferroviária	133
<b>CAPÍTULO 9</b> - A via permanente da estrada de ferro	148
<b>CAPÍTULO 10</b> - Os terminais de carga	175
<b>CAPÍTULO 11</b> - Os trens de carga das ferrovias brasileiras	189
<b>CAPÍTULO 12</b> - O transporte ferroviário de carga na América do Norte	210
<b>CAPÍTULO 13</b> - As companhias ferroviárias da América do Norte	220
<b>CAPÍTULO 14</b> - Os trens de carga nas ferrovias europeias	242
<b>CAPÍTULO 15</b> - Conceitos do transporte intermodal	250
<b>CAPÍTULO 16</b> - Os acordos que recuperaram a ferrovia na Europa	272
<b>CAPÍTULO 17</b> - Modelos de melhorias operacionais	280
<b>CAPÍTULO 18</b> - Conclusões	295

# O surgimento da estrada de ferro



Desde o início do século XVI, diversos países europeus já utilizavam transporte sobre trilhos. No entanto, esses caminhos de trilhos destinavam-se exclusivamente ao transporte de carvão e minério de ferro, extraídos de minas subterrâneas. Esse meio de transporte consistia em dois trilhos de madeira que penetravam o interior das minas. Homens ou cavalos empurravam carroças munidas de rodas ao longo dos trilhos. Os vagões moviam-se com mais facilidade sobre os trilhos do que sobre a terra cheia de sulcos e enlameada, ou sobre o chão das minas.

No início do século XVIII, algumas empresas de mineração de carvão da Inglaterra começaram a revestir os trilhos de madeira com tiras metálicas, a fim de torná-los mais duráveis, e descobriram que o deslocamento se tornava mais fácil, possibilitando transportar mais carvão do subsolo para a superfície. Os cavalos agora podiam tracionar alguns vagões sobre os trilhos, e não mais apenas uma carroça. Posteriormente, os ferreiros ingleses deram início à fabricação de trilhos inteiramente de ferro, os quais eram munidos de bordas para conduzir vagões com rodas comuns. No final do século XVIII, os ferreiros já estavam produzindo trilhos inteiramente de ferro e sem bordas, que conduziam vagões com rodas, as quais eram munidas de bordas.

Depois que James Watt, engenheiro escocês, aperfeiçoou o invento de Thomas Newcomen e patenteou a máquina a vapor, em 1769, ocorreu o início da substituição da força humana bruta. A produção em massa de manufaturados tornou imperativo o estabelecimento de novas e mais rápidas formas de transporte de mercadorias para os novos mercados consumidores. No início do século XIX, o inventor inglês Richard Trevithick construiu o primeiro veículo capaz de aproveitar a alta pressão do vapor. Montou-o sobre uma estrutura de quatro rodas projetada para se deslocar sobre trilhos. Em 1804, Trevithick fez uma experiência com esse veículo, puxando um vagão carregado com 9 toneladas de carvão por uma extensão de 15 km de trilhos em uma mina no País de Gales. Era a primeira locomotiva bem-sucedida do mundo e, logo, outros inventores seguiram seu exemplo.



RÉPLICA DE  
LOCOMOTIVA A  
VAPOR "VINTAGE"  
- THE HENRY  
FORD MUSEUM

*Foto: Sílvio dos  
Santos - 2013 -  
Dearborn - Michigan  
- USA*

É da natureza humana reagir a tudo o que é novo, principalmente quando a novidade implica risco para o trabalho de uma numerosa categoria profissional. Protestos dessa natureza, organizados por cocheiros receosos de que o novo “cavalo mecânico” roubasse seus empregos passaram a ocorrer. E pelas mesmas razões, no início dos anos 1800, teares de Jacquard foram queimados em Lyon por tecelões que se rebelaram também contra a novidade.

A construção de ferrovias difundiu-se rapidamente da Inglaterra para todo o continente europeu. Por volta de 1870, a estrutura atual da rede ferroviária da Europa já havia sido construída. As linhas principais e auxiliares adicionais foram construídas durante o final do século XIX e princípio do século XX. Algumas dessas linhas exigiram a construção de túneis através dos Alpes, para ligar a França, a Suíça e a Itália. O túnel Simplon, que une a Itália a Suíça, teve a primeira galeria concluída em 1906, e a segunda, em 1921. É um dos maiores túneis ferroviários do mundo, com 19,8 km de extensão.

As ferrovias abriram as portas do mundo ao comércio e à colonização. Após a construção de ferrovias, em meados do século XIX o oeste norte-americano, a Argentina e o Brasil experimentaram uma fase de acelerado desenvolvimento. Diversas ferrovias cortaram a América do Sul, inclusive na montanhosa região dos Andes. Uma dessas ferrovias, a Central Railway, do Peru, começou a ser construída em 1870. Ela é a mais alta do mundo, com bitola de 1,435 m, elevando-se a cinco mil metros acima do nível do mar.

No final do século XIX, a Inglaterra, a França e a Alemanha construíram ferrovias em suas colônias africanas e asiáticas. A Inglaterra, por exemplo, promoveu a implantação de quase 40.200 km de linhas férreas na Índia no final do século XIX. A União Soviética iniciou os trabalhos de construção dos 9 mil quilômetros de linhas da Transiberiana em 1891; a ferrovia foi concluída em 1916, sendo a linha férrea contínua mais extensa do mundo. A Austrália deu início aos trabalhos de construção de uma ferrovia por meio das planícies do sul, em 1912. A linha, concluída em 1917, estendeu-se por 1.783 km, ligando Port Pirie, na Austrália do Sul, a Kalgoorlie, na Austrália Ocidental.

Gradativamente, os engenheiros foram aumentando a potência e a velocidade das locomotivas a vapor. No final do século XIX, muitos trens já desenvolviam com facilidade 80 a 100 km/h, e a potência das locomotivas a vapor passavam dos 2.000 CV (cavalo vapor). Os engenheiros, ainda nesse mesmo período, projetaram as locomotivas elétricas, como ocorreu na experiência de Robert Davidson, em 1842, utilizando baterias. Em 1895, a Baltimore & Ohio Railroad colocou em operação um trem elétrico através de um túnel de 5.600 m sob a cidade de Baltimore. Essa ferrovia foi, portanto, a primeira a empregar a locomotiva elétrica em serviços ferroviários. Em 1896, Hornsby construiu a primeira locomotiva movida a óleo diesel.

Depois da metade do século XIX, as ferrovias introduziram o uso do aço na fabricação de trilhos e vagões. Os trilhos de aço têm duração 20 vezes superior à dos trilhos de ferro, e assim foram, aos poucos, substituindo estes últimos.

As primeiras ferrovias apresentavam índices de acidentes muito elevados. Em meados do século XIX, porém, importantes inovações melhoraram o grau de segurança das estradas. Em 1869, o inventor norte-americano George Westinghouse patenteou um freio a ar. Com esses freios os trens poderiam parar ou diminuir a velocidade muito mais rapidamente do que com os freios manuais, até então usados. Em 1873, um inventor amador norte-americano, chamado Eli Janney, patenteou um dispositivo de engate de vagões automático. Antes da invenção de Janney, a operação de engate era realizada manualmente. Muitos empregados encarregados da operação dos freios e chaves perderam dedos e mãos enquanto engatavam vagões.



ENGATE  
MANUAL  
ANTIGO - MUSEU  
FERROVIÁRIO  
DE TUBARÃO

- SC

Foto: Milton Ostetto  
- 2011

A construção de linhas de telégrafos elétricos na metade do século XIX tornou possível o sistema de sinalização por zona. Os sistemas de controle manual já eram comuns antes do final desse século. Em 1872, o engenheiro norte-americano William Robinson patenteou o circuito de linha utilizado em sistemas de sinalização automática. Os circuitos de linha, porém, só foram amplamente empregados depois de 1900.

As primeiras viaturas para passageiros foram construídas pelos fabricantes de diligências e carruagens, que simplesmente as adaptaram com rodas que pudessem se deslocar sobre os trilhos.

VAGÕES  
"VINTAGES"  
CONSTITUÍDOS  
POR  
CARRUAGENS  
ADAPTADAS  
AOS TRILHOS  
- THE HENRY  
FORD MUSEUM

*Foto: Sílvio dos  
Santos - 2013  
- Dearborn -  
Michigan - USA*



Os primeiros vagões de carga e de passageiros eram estruturas fracas, basicamente de madeira. Os vagões de passageiros, que no jargão ferroviário são denominados de carros de passageiros, fabricados inteiramente de aço, entraram no serviço regular em 1907 e logo substituíram a maioria dos carros de madeira. Os primeiros vagões de carga totalmente de aço entraram em circulação mais cedo, em 1896. No final da década de 1920, eles já haviam substituído quase totalmente os vagões de madeira.

TRUQUE  
“VINTAGE”  
DE VAGÃO  
DE CARGA  
CONSTRUÍDO  
EM MADEIRA  
- MUSEU  
FERROVIÁRIO  
DA VALE - VILA  
VELHA - ES  
*Foto: Sílvio dos  
Santos - 2015*



CARRO DE PASSAGEIROS CONSTRUÍDO COM MADEIRA - FTC FERROVIA  
TEREZA CRISTINA - TUBARÃO - SC  
*Foto: Milton Ostetto - 2011*

Diversos melhoramentos foram acrescentados ao vagão de passageiros, tornando-o mais confortável e atraente, como os carros com teto panorâmico colocados nas caudas dos trens para o passageiro melhor desfrutar da viagem.

Enquanto isso, um número crescente de pessoas viajava de trem. As próprias ferrovias procuravam atrair os passageiros. Em 1867, um

inventor e homem de negócios norte-americano, chamado George Pullman, começou a fabricar um vagão-dormitório que inventara no final da década de 1850. Outros carros-dormitórios já se encontravam em uso antes do de Pullman entrar em serviço, mas este obteve uma aceitação muito maior que a dos demais. Por volta de 1875, cerca de 700 carros-dormitórios Pullman circulavam nos Estados Unidos da América e em outros países. As ferrovias também introduziram luxuosos vagões-restaurantes e vagões-salão para atender aos viajantes.



AUTOMOTRIZ A DIESEL DENOMINADA LITORINA - FABRICAÇÃO DA AMERICANA BUDD - RFFSA - SR-5 - SERRA DO MAR - LINHA CURITIBA A PARANAGUÁ - PR

*Foto: Sílvio dos Santos - 1988*



CARRO DE PASSAGEIROS COACHCLASS EM AÇO INOXIDÁVEL - AMTRAK

*Foto: Sílvio dos Santos - 2013*  
- Union Station - Chicago - Illinois - USA

No Brasil, segundo Trens & Cia, a história da nossa ferrovia começa em 1835:

*As estradas de ferro mal haviam se disseminado pelo mundo, e mesmo na Europa ainda existia descrédito e resistência ao novo meio de transporte e já no Brasil começavam as tentativas de estabelecimento de diretrizes para o surgimento de ferrovias.*

*O embrião desse movimento foi a chamada Lei Feijó, sancionada pelo então Regente do Império, em 31 de outubro de 1835, com o intuito de ligar o Rio de Janeiro às capitais de Minas Gerais, Rio Grande do Sul e Bahia. Estabelecia, entre outras vantagens, privilégio de quarenta anos, isenção de impostos de importação para todas as máquinas durante os cinco primeiros anos, cessão gratuita de terrenos necessários à estrada (se pertencessem ao governo), e direito de desapropriação no caso de pertencerem a particulares, estabelecendo ainda, o prazo de oitenta anos para a concessão, findo o qual reverteria ao patrimônio nacional.*

*A Lei 641, de 26 de junho de 1852 marca efetivamente o início da história ferroviária do Brasil. Em moldes mais práticos do que leis anteriores e com todos os favores da antiga Lei Feijó, dotando as concessões de mais favores e incentivos de ordem financeira, vedando ainda a utilização de mão-de-obra escrava na construção das estradas e premiando aqueles trabalhadores que fossem empregados nas obras de construção com a dispensa do serviço militar na então Guarda Nacional, o governo do Império criava uma política de privilégios e garantias com vistas a atrair capitais nacionais e estrangeiros para a ligação ferroviária entre as principais províncias do País.*

*É desse mesmo ano de 1852 a concessão feita a Irineu Evangelista de Souza (1813-1889), futuro Barão de Mauá, para a ligação do Rio de Janeiro ao Vale do Paraíba e, mais tarde, a*

*Minas, por um trajeto misto: por mar, do Rio até o porto Mauá, na Baía de Guanabara; por estrada de ferro, de Mauá até a raiz da Serra da Estrela; por estrada de rodagem daí até Petrópolis e novamente por estrada de ferro de Petrópolis em diante.*

O mesmo barão de Mauá, em 1857, em parceria com os ingleses, construiria a primeira estrada de ferro na Província de São Paulo, ligando Jundiá ao porto de Santos pela São Paulo Railway, denominada Inglesa, para o escoamento das crescentes safras de café.

# A locomotiva a vapor

Um dos primeiros precursores da locomotiva a vapor foi o veículo autopropulsor idealizado em Pequim, no ano de 1681, pelo jesuíta francês Ferdinand Verbiest. Em 1769, Joseph Cugnot, militar francês, construiu em Paris um veículo a vapor destinado ao transporte de munição. O aparecimento da locomotiva, e com ela o das vias férreas, está associado tradicionalmente ao nome do engenheiro inglês Richard Trevithick.

O protótipo era muito rudimentar: tratava-se de uma caldeira na horizontal, apoiada por quatro rodas. Para os leigos, ela não passava de um enorme tonel deitado, com chaminé e rodas.

Trevithick teve que fazer muita propaganda, pois poucos viam futuro “naquilo”; até que o inventor foi desafiado pelo proprietário de uma mina. O mineiro queria observar o desempenho da engenhoca sobre 15 quilômetros de trilhos. Após várias tentativas, Trevithick construiu, em 1804, uma locomotiva de quatro rodas que podia deslizar sobre trilhos de ferro fundido. O teste foi marcado para o dia 13 de fevereiro de 1804. Trevithick provou que sua máquina podia transportar tanto pessoas como materiais.

A euforia inicial, entretanto, durou pouco, devido a alguns problemas. A máquina, pesada demais, logo voltou a ser substituída pelo cavalo. Esse feito motivou os engenheiros a estudarem a possibilidade de construir vias férreas e conjuntos de veículos capazes de percorrê-las.

Porém, ficou comprovado que as rodas da locomotiva patinavam sobre os trilhos, sem conseguir mover o trem. Não existia uma proporção exata entre o peso da locomotiva e a carga que deveria puxar, tendo início a busca por soluções para a questão. Uma delas consistia em lubrificar os trilhos para diminuir o esforço de tração, recurso que teve de ser rejeitado, já que o óleo diminuía a aderência necessária.

Entretanto, o fator decisivo para a evolução das ferrovias foi o trabalho do inglês George Stephenson, mecânico das minas de Killingworth, que em 1814 construiu sua primeira locomotiva a vapor para o trem mineiro de Killingworth. Essa máquina, a Blücher, era capaz de puxar trinta toneladas de carga a uma velocidade de seis quilômetros por hora. A inovação estrutural que solucionou o problema da aderência consistiu em unir as rodas por meio de correntes e fazer com que todos os eixos participassem da tração.

Entusiasmado com seu êxito, Stephenson construiu, entre 1823 e 1825, uma linha férrea que ligava a pequena cidade de Stockton ao vale mineiro de Darlington, no Norte da Inglaterra. Tinha 61 km de comprimento, via dupla em dois terços do percurso, e foi inaugurada em 27 de setembro de 1825. A partir de então, a expansão das ferrovias foi contínua, principalmente em razão do apoio financeiro que começou a receber em todos os países que assistiam, naquele momento, ao começo da Revolução Industrial.

Stephenson também foi encarregado de construir, em 1829, a estrada de ferro Liverpool-Manchester, inaugurada em 15 de setembro de 1830. Utilizou em sua locomotiva, chamada The Rocket (“O Foguete”), a caldeira tubular, inventada pelo engenheiro francês Marc Séguin, que multiplicava a capacidade de aquecimento ao fazer passar o ar quente, procedente da combustão, através de um sistema de tubos imersos na água da própria caldeira. A velocidade atingida, de 32 km/h, foi considerada um grande avanço em relação aos 24 km/h da via Stockton-Darlington. Foi a primeira ferrovia a conduzir trens de passageiros em horários regulares.

Em meados do século XIX, as rodas motrizes passaram a ficar atrás da caldeira, o que permitiu o uso de rodas de grande diâmetro, com sensível aumento da velocidade. Esses avanços fizeram das locomotivas a vapor a forma dominante de tração nas ferrovias, situação que perduraria por mais de um século.

As locomotivas de Stephenson usadas nas primeiras ferrovias de serviço público aumentaram, com o tempo, em tamanho e potência. Também a primeira locomotiva usada para o transporte de passageiros na Alemanha veio de sua fábrica. Seu nome era “Adler” (águia), e a partir de 1835 ela passou a ligar as cidades vizinhas de Nuremberg e Fürth, no Sul da Alemanha.

---

RÉPLICA DA  
LOCOMOTIVA  
THE ROCKET  
- THE HENRY  
FORD MUSEUM

*Foto: Sílvio dos  
Santos - 2013  
- Dearborn -  
Michigan - USA*



Stephenson foi também quem pela primeira vez sentiu a necessidade de padronizar as bitolas das ferrovias do país. A bitola adotada para as ferrovias por ele construídas, de 1,435 m, tinha a largura dos eixos das carroças puxadas por cavalos, que correspondia a 4 pés e 8,5 polegadas no sistema inglês de medida. Essa bitola foi adotada pela maioria das ferrovias europeias norte-americanas e canadenses.

A construção de ferrovias difundiu-se rapidamente da Inglaterra para o continente europeu e os Estados Unidos.

Na América do Norte, a rede ferroviária também foi implantada na mesma época, inicialmente com a importação de locomotivas inglesas e, logo em seguida, as ferrovias foram lá construídas.



LOCOMOTIVA A VAPOR IRLANDESA COM BITOLA DE 1,600 M - ESTAÇÃO DE CORK - CORK - IRLANDA

*Foto: Raphael Colello dos Santos - 2008*

Para os engenheiros e técnicos que estudavam e fabricavam as locomotivas, no início do século XIX o grande problema era a tração dessas máquinas. Após os primeiros experimentos, ficou comprovado que as rodas da locomotiva patinavam sobre os trilhos, principalmente em

rampas ascendentes, assubidas. Apesar do grande esforço das máquinas, estas não conseguiam mover o trem adequadamente.

De Trevithick a Stephenson, ocorreram inúmeros testes utilizando técnicas diferentes que criaram vertentes próprias dentro da história ferroviária e outras que foram simplesmente abandonadas.

Richard Trevithick após o feito de 1804 em Dowlais-South Wales, fez duas locomotivas para a Wylan Colliery em Newcastle, em 1805 e 1806, utilizando rodas com rugosidade para aumentar a aderência, invento que já tinha patenteado em 1802. Finalmente em Euston-Londres, em 1808, Trevithick em sociedade com Davis Giddy, construiu a *Catch-me-who-can* (pegue-me quem puder), uma pequena ferrovia circular, como um pequeno carrossel, para divulgar o novo invento. Entre 8 de julho e 18 de setembro do verão de 1808, eles cobraram um *shelling* (5 pences) do bilhete de cada visitante.

Em 1812, John Blenkinsop, gerente da Middleton Colliery em Leeds, e o construtor de locomotivas Matthew Murray, da Tenton, Murray and Wood, de Water Lane, utilizaram o já conhecido sistema de coroa e pinhão e construíram um engenho diferente: uma locomotiva com uma roda dentada, a qual se encaixava numa placa com sulcos para esses dentes, colocada entre os trilhos. Estava criada a cremalheira cujo esforço substituía 50 cavalos e 200 homens a um custo de £ 380 (380 libras), incluindo £ 30 de royalty.

Também em 1812, o engenheiro Willian Chapman e Edward Chapman registraram a patente de máquinas estacionárias que tracionavam cabos e correntes. Jonh Buddle adquiriu a patente e, tendo como parceira a Heaton Colliery de Newcastle, construiu através da Butterley Company of Derbyshire uma locomotiva de 6 eixos movida a cabo. Estava inventado o sistema funicular, o qual foi utilizado em 1867 pelos ingleses na São Paulo Railway, para vencer a forte rampa da Serra do Mar, entre Piaçaguera na Raiz da Serra, em Cubatão, e Paranapiacaba, no Alto da Serra, numa extensão de 8 km, divididos com 5 patamares e rampas de até 10 %.

O sistema foi modernizado na primeira metade do século XX. Pos-

teriormente, já na Santos-Jundiaí da RFFSA, a linha antiga, denominada Serra Velha, foi transformada em cremalheira na década de 70 e operou com locomotivas elétricas da japonesa Hitachi. Em 2012, as locomotivas foram substituídas por máquinas Stadler com 5 mil kW, que possibilitaram triplicar a capacidade de transporte da MRS para a da atual concessionária.

---

LOCOMOTIVA  
ESTACIONÁRIA  
NO 5º PATAMAR  
- ANTIGO SISTE-  
MA FUNICULAR  
DA RFFSA -  
PARANA-  
PIACABA - SP - RFFSA  
REDE FERROVI-  
ÁRIA FEDERAL  
S.A.

*Foto: Sílvio dos  
Santos - 1985*



---

SISTEMA CRE-  
MALHEIRA NA  
SERRA DO MAR  
- PIACAGUERA  
A PARANA-  
PIACABA - SP  
- MRS

*Foto: ANTF*



LOCOMOTIVA ELÉTRICA STADLER DO SISTEMA CREMALHEIRA - MRS

*Foto: ANTF*

Diversas aplicações urbanas do emprego do sistema funicular existem em diversas partes do mundo, para vencer fortes acíves, como o acesso à Igreja de Sacré Coeur, no alto de Montmartre, em Paris, e também em nossa querida Santos, para subir no Monte Serrat.



SISTEMA  
FUNICULAR DO  
MONTMARTRE  
- RATP - PARIS -  
FRANÇA

*Foto: Sílvio dos  
Santos - 2012*

---

SISTEMA  
FUNICULAR DO  
MONTE SERRAT  
- PMS -  
SANTOS - SP  
*Foto: Sílvio dos  
Santos - 2010*



Em 1813, Willian Brunton construiu, também na Butterley de Derbyshire, uma locomotiva com braços mecânicos, os quais ajudavam a aumentar a aderência da máquina. Esse engenho esquisito não teve sucesso, ficando apenas no relato da história da locomotiva.

Finalmente, Willian Hedley, também em 1813, descobriu que o segredo da aderência era distribuir a tração em mais eixos motores e construiu a Puffing (soprador) Billy, uma locomotiva com 4 eixos e 8 rodas. Essa locomotiva foi construída para a mina Wylan Colliery, de Christopher Blackett, em New Castle. A ferrovia que atendia à mina de carvão tinha 5 milhas e custou £ 8.000 (oito mil libras).

O engenheiro George Stephenson, que em 1803, apenas com 22 anos, já era superintendente da Killingworth Colliery, soube adequar as necessidades das minas de carvão às experiências realizadas pelos diversos inventores, e desde 1816 já efetuava teste com máquinas a vapor, inclusive desenvolvendo partes mecânicas da suspensão e dispositivos térmicos das caldeiras. Seu trabalho culminou na construção de

uma linha férrea entre Stockton e Darlington, onde utilizou a máquina por ele construída. Essa máquina foi chamada de *locomotion*, de onde derivou a denominação “locomotiva”.

George Stephenson, junto com seu filho Robert, criaram a Robert Stephenson & Co, companhia estabelecida em 23 junho de 1823 para manufaturar locomotivas, em Darlington, na cidade de Durham.

Ao ver uma locomotiva a vapor, uma pergunta que se faz é por que há uma diferença tão grande nos diâmetros das diversas rodas. As rodas maiores são as que recebem a força para o deslocamento do trem e são denominadas motoras. As menores não recebem esforço e são denominadas portadoras ou carregadoras.

Como era necessário evitar a fadiga das bielas e manivelas e, ao mesmo tempo, obter uma grande velocidade de rotação nas rodas dos eixos motores, era importante ter rodas com grandes diâmetros. Normalmente, os diâmetros variavam de 1,80 m a 2,10 m para locomotivas velozes dos trens de passageiros e de 1,20 m a 1,50 m para as locomotivas mais lentas, dos trens de carga.

Os eixos motores eram acoplados em número de 2, 3 e até 4, em forma de *boggies* ou truques, os quais permitiam uma melhor aderência e também guiavam as rodas nas curvas. Da mesma forma, os eixos não motores, portadores ou carregadores, também guiavam as rodas nas curvas, e além de permitirem uma melhor distribuição do peso da locomotiva.

As diferentes locomotivas a vapor eram classificadas pelo número de rodas dos eixos motores e portadores, contados a partir da dianteira da locomotiva, de acordo com Frederick Methvan Whyte.

Por exemplo, uma máquina que não tinha o eixo portador dianteiro e 2 eixos motores e um eixo portador traseiro era denominada 0.4.2. Uma outra locomotiva com 3 eixos motores era representada por 0.6.0 e denominada aderência total, pois não tinha eixos não motores.

No início da era ferroviária do século XIX, a locomotiva de um só eixo trator era comum. Entretanto, a última locomotiva com um só eixo motor a circular na Inglaterra fez sua última viagem em 1934, após 48

anos de serviço. Apesar de ter sido construída em 1886, época em que dificilmente era fabricada uma locomotiva com essa característica, ela trafegava de Carlisle a Edimburgo a uma velocidade comercial de 95 km/h.

A locomotiva 2.2.0, com um eixo portador dianteiro, um eixo trator e sem eixo portador traseiro, foi denominada American, pois começou a ser fabricada nos Estados Unidos em 1837, onde foi utilizada por muito tempo. Pertenceu a essa classificação a famosa General, da Western and Atlantic Railroad, construída em 1855. Da Pioneer, também uma 2.2.0, foram construídas centenas de exemplares entre 1865 e 1880.



CABINE DE  
COMANDO DA  
LOCOMOTIVA A  
VAPOR - MUSEU  
FERROVIÁRIO  
DE TUBARÃO  
- SC

*Foto: Milton Ostetto  
- 2011*



LOCOMOTIVA A VAPOR AMERICANA MODELO PACIFIC - MUSEU FERROVIÁRIO DE TUBARÃO - SC

*Foto: Milton Ostetto - 2011*



LOCOMOTIVA A VAPOR PACIFIC  
- THE HENRY FORD MUSEUM  
- DEARBORN - MICHIGAN - USA

*Foto: Silvio dos Santos - 2013*

---

LOCOMOTI-  
VA A VAPOR  
AMERICAN  
- THE HENRY  
FORD MUSEUM  
- DEARBORN -  
MICHIGAN - USA

*Foto: Sílvio dos  
Santos - 2013*



Essas duas classes de locomotivas tinham as características das máquinas americanas dessa época:

- *A chaminé bem larga, para reter as partículas de fagulhas de lenha;*
- *Uma possante lanterna a petróleo na dianteira;*
- *Um proeminente limpa-trilhos, denominado caça-búfalo;*
- *Um abrigo coberto para o maquinista, conforto que não existia nas locomotivas europeias.*

A Robert Stephenson & Co teve na locomotiva Planet, construída em 1830, seu principal produto durante os vários anos em que o modelo foi fabricado. As características desse tipo de máquina deram origem à configuração 2-2-0 de Robert Stephenson's Planet.



LOCOMOTIVA A VAPOR AMERICANA DA ALCO - MUSEU FERROVIÁRIO DE TUBARÃO - SC

*Foto: Milton Ostetto - 2011*

As locomotivas da configuração de 4-6-2 foram fabricadas pela ALCO – American Locomotives Co. a partir de 1903. Foram denominadas Pacific, devido à primeira locomotiva com essa configuração ter sido exportada para a Nova Zelândia pelo Oceano Pacífico. As 4-6-2 foram predominantes no transporte de passageiros durante o século XX.



LOCOMOTIVA A VAPOR ALEMÃ FABRICADA PELA JUNG - MUSEU FERROVIÁRIO DE TUBARÃO - SC

*Foto: Milton Ostetto - 2011*

A Philadelphie Baldwin construiu a série Mikado para as ferrovias japonesas a partir de 1897, na configuração 2-8-2. Essa locomotiva também era denominada Mike ou MacArthur, uma homenagem ao seu inventor. Além da utilização na Nippon Railway e na Europa, a 2-8-2 foi particularmente popular nos Estados Unidos.

## CLASSIFICAÇÃO DAS LOCOMOTIVAS A VAPOR SEGUNDO WHYTE

ARRANJOS DOS EIXOS	TIPO	NOME
oO	2-2-0	<i>Planet</i>
ooOOOo	4-6-2	<i>Pacific</i>
oOOOOo	2-8-2	<i>Mikado</i>
oOOOOOo	2-10-2	<i>Santa Fe</i>
ooOOOOo	4-8-2	<i>Mountain</i>
ooOOOO-OOOOoo	4-8-8-4	<i>Mallets - Big Boy</i>
ooOOOo+oOOOoo	4-6-2+2-6-4	<i>Garrats - dupla Pacific</i>

o - EIXO SEM MOTOR O - EIXO COM MOTOR

Fonte: AAR - 2005

Possivelmente, o nome Mountain, da locomotiva com a configuração 4-8-2, teve origem na ferrovia Chesapeake and Ohio Railroad, nos Estados Unidos, que a utilizava na região montanhosa de Allegheny Mountains. Com características técnicas para vencer grandes rampas, a 4-8-2 também desenvolvia uma velocidade alta para 1912, atingindo 116 km/h.

---

LOCOMOTIVA A VAPOR ALLEGHENY DA CHESAPEAKE & OHIO RAILWAY - THE HENRY FORD MUSEUM - 2013 - DEARBORN - MICHIGAN - USA

*Foto: Sílvia dos Santos*



O aumento do comprimento das locomotivas criou dificuldades de inserção dos trens nas curvas mais fechadas, exigindo a diminuição da velocidade nesses pontos. Pensando em resolver esse problema, o engenheiro francês Meyer inventou a primeira locomotiva articulada em 1868.

A locomotiva articulada mais utilizada foi construída pelo engenheiro suíço Anatole Mallet, em 1876, e conhecida como 4-8-8-4. Nos Estados Unidos, essa locomotiva foi fabricada para a Union Pacific Rail Roads, que necessitava de máquinas que tracionassem grandes toneladas, ficando conhecida como Big Boy. Foram as maiores locomotivas a vapor construídas no mundo.



---

LOCOMOTIVA A VAPOR AMERICANA MODELO SANTA FE - FTC FERROVIA TEREZA CRISTINA - TUBARÃO - SC

*Foto: Milton Ostetto - 2010*

A locomotiva biarticulada foi inventada pelo engenheiro inglês Herbert William Garratt, em 1907, e construída pela Beyer-Peacock, em Manchester. A separação da estrutura da locomotiva em três partes possibilitava que uma locomotiva grande e potente circulasse em linhas de raios pequenos, característica de ferrovias em regiões montanhosas. A configuração 4-6-2+2-6-4 da Garratt também é conhecida como dupla Pacific.



LOCOMOTIVA A VAPOR EQUIPADA COM DISPOSITIVO “CORTA NEVE” - CP CANADIAN PACIFIC - THE HENRY FORD MUSEUM - 2013 - DEARBORN - MICHIGAN - USA  
*Foto: Sílvio dos Santos*



ROTUNDA DE MANUTENÇÃO DAS LOCOMOTIVAS A VAPOR - AFE-ADMINISTRACIÓN FERROCARRILES DEL ESTADO - COLÔNIA - URUGUAI  
*Foto: Sílvio dos Santos - 2006*

# A locomotiva elétrica

A ideia de utilizar a eletricidade para a tração dos trens é bem antiga, pois as realizações práticas, como a operação comercial regular, são posteriores a 1900.

A locomotiva de Robert Davidson, construída em 1842, tratava-se de um chassis montado sobre quatro rodas; cada eixo tinha armaduras de ferro doce girando entre dois pares de eletroímã fixos, e a corrente elétrica para esse motor primitivo era fornecida por diversas baterias rebocadas em um vagão auxiliar. Com peso de 5 toneladas, essa locomotiva de 1 CV (cavalo vapor) podia rebocar uma carga de 6 toneladas a uma velocidade de 6,5 km/h.

Em 1855, Roux fez funcionar em uma exposição uma locomotiva elétrica cujo motor era composto de duas placas também de ferro doce oscilando em torno de um campo elétrico. Em 1864, também a título experimental, funcionou em Versailles uma locomotiva ligada a uma bateria fixa por meio de dois fios colocados ao longo dos trilhos.

Essa locomotiva, posteriormente utilizada no transporte postal, tinha um motor muito original: as rodas eram compostas por 20 raios, e cada um deles era munido com uma bobina que trabalhava como um eletroímã. A atração exercida pelo eletroímã sobre os trilhos era responsável pelo avanço do trem.

A primeira estrada de ferro eletrificada foi criada por Siemens & Halske, em 1879, e transportou os visitantes da Exposição de Berlim. O trem, composto pela locomotiva e 3 vagões abertos, atingia a velocidade de 12 km/h, tracionada por um motor elétrico alimentado pela corrente elétrica distribuída por um trilho central. A alimentação de energia para a locomotiva era feita por meio de duas sapatas metálicas que deslizavam em cada uma das duas faces do trilho central.

---

LOCOMOTIVA  
ELÉTRICA ALE-  
MÃ - HAUPT-  
BAHNHOF - DB  
- FRANKFURT  
- ALEMANHA  
*Foto: Victor Thives  
dos Santos - 2012*



Em 1882, Tomas Edison fez diversas experiências com uma pequena locomotiva sobre uma via de 0,90 m de bitola, também alimentada por um trilho central, com o retorno da corrente feito nos próprios trilhos da ferrovia.

Esses engenhos primitivos eram uma mistura de locomotivas e bondes, conhecidos como *tramway*, ou seja, trem de rua, mas em 1895 a máquina construída pela General Electric, a conhecida GE, utilizada na ferrovia entre Baltimore a Ohio, era uma verdadeira locomotiva, pesando 96 toneladas. Ela tinha 4 eixos motores que recebiam a corrente elétrica contínua por meio de uma linha aérea rígida alimentada por uma tensão de 550 V. Essa primeira locomotiva, com características modernas para a época, tinha um desempenho satisfatório quando comparado com as de tração a vapor.

O problema colocado no início da tração elétrica era bem mais o transporte da corrente elétrica do que a própria locomotiva. Por essa razão, houve muita pesquisa para solucionar esse problema, como a proposta de Hellmann. Entre 1894 e 1897, ele fez diversos ensaios com uma locomotiva, que se tratava de uma máquina a vapor que tocava um dínamo, o qual alimentava os 8 eixos motores posicionados sobre 2 truques.

Essa locomotiva, com uma concepção revolucionária para a época, trafegava com facilidade por curvas fechadas devido à articulação dos truques e também porque as rodas não tinham os pesados êmbolos e bielas das locomotivas a vapor; o engenho se tratava realmente de uma locomotiva a vapor com transmissão elétrica.

As substituições ocorridas no abastecimento energético das locomotivas ferroviárias foram um fato fundamental: o recuo do emprego do carvão em benefício da eletricidade e dos hidrocarbonantes.

A locomotiva a vapor exigia longas imobilizações durante uma jornada diária – ela não podia percorrer grandes distâncias sem paradas para o reabastecimento de água e também de carvão ou lenha. Linhas com rampas fortes, perfis difíceis e traçado desfavorável exigiam a tração múltipla, isto é, 2 ou 3 locomotivas acopladas, aumentando consideravelmente o consumo de energia, além do acréscimo do tempo de viagem.

O material elétrico ferroviário se aperfeiçoou sem cessar durante as primeiras décadas do século XX e as locomotivas elétricas tornaram-se mais flexíveis do que as de vapor, adaptando-se melhor às necessidades da operação ferroviária, com um consumo menor do que as locomotivas a vapor.

Uma locomotiva elétrica podia substituir com vantagens 3 a 4 locomotivas a vapor, e essas máquinas tinham condição de circular sob diversas tensões elétricas, evitando assim a substituição de equipamento e a espera de tempo que essa operação exigia. Por exemplo, o Trans-Europe-Express (TEE) Cisalpino, entre Paris e Milão, podia circular sob 4 por meio dos diferentes sistemas elétricos utilizados nos países percorridos: França (2 tensões distintas), Suíça e Itália.

A eletrificação na França praticamente iniciou com o século XX, depois de tímidos ensaios nos trens de subúrbios parisienses. Os primeiros projetos visavam às linhas que percorriam as regiões montanhosas dos vales dos Pirineus (1910-1917).



LOCOMOTIVA ELÉTRICA FRANCESA – SNCF – GARE DE SETE – FRANÇA

*Foto: Victor Thives dos Santos – 2012*



LOCOMOTIVA ELÉTRICA SUIÇA - SBB-CFF-FFS - GARE NEUCHÂTEL -  
NEUCHÂTEL - SUIÇA

*Foto: Victor Thives dos Santos - 2012*

Em 1918, a eletrificação era julgada rentável se o perfil de uma linha oferecia declividades fortes, maiores de 1,7 % até 2,1 %, em uma boa parte do seu traçado. Por essa razão, as redes eletrificadas se concentravam em países de relevo montanhoso, com grande disponibilidade de energia elétrica, pobres em carvão, de pequena dimensão e equipamentos ferroviários fortemente concentrados, a exemplo da Suíça.

A eletrificação da ferrovia, quando comparada a ferrovia normal a vapor, era extremamente mais cara, fato ocasionado pelo alto custo das linhas eletrificadas, instalações elétricas, subestações, transformadores e locomotivas, apesar de o preço da energia elétrica ser barato.

Após 1920, os pesados investimentos exigidos pela eletrificação indicavam que ela mesma só era justificada em linhas de grande tráfego, e não apenas em linhas de perfil difícil.



NATIONAL EXPRESS - LINHA DA NATIONAL RAIL COM ALIMENTAÇÃO ELÉTRICA NO TRILHO CENTRAL - LONDRES - INGLATERRA

*Foto: Victor Thives dos Santos - 2012*

Entretanto, por motivos estratégicos, algumas ferrovias com alta densidade de tráfego não receberam eletrificação, devido ao temor de imobilização do tráfego em função da destruição das centrais elétricas, principalmente as linhas próximas da Alemanha.

A França eletrificou a linha entre Paris e Bordeaux de 1926 a 1938. Após 1945, ao final da 2ª Grande Guerra Mundial, a reconstrução e a renovação das estradas de ferro foram executadas com a eletrificação dos principais eixos, notadamente entre Paris e Vintimillia, na Riviera Italiana, passando por Lyon, Marselha e o Principado de Mônaco.

Até a década de 70, a eletrificação tinha a extensão de 37.000 km nos 13 países da Europa Ocidental, representando 21% do total da malha ferroviária da época. No mesmo período, nos Estados Unidos a eletrificação representava apenas 1% da malha de 265.000 km.

Na década de 80, após as crises energéticas do Oriente Médio, teve início a construção das novas linhas de trens de grande velocidade para passageiros, aumentando a participação da tração elétrica na ma-

lha ferroviária europeia.

As locomotivas elétricas têm sua classificação de acordo com as regras da Union International des Chemins de Fer (UIC), que é diferente da classificação das locomotivas a vapor, que usam a White Notation. A UIC utiliza letras para indicar o número de eixos de que cada um dos truques ou *buggies* da locomotiva elétrica. Assim, a letra A indica que o truque possui um eixo motor; a letra B, 2 eixos; a letra C, 3 eixos; e a letra D, 4 eixos. A repetição de letras indica que a locomotiva tem 2 ou mais truques. Por exemplo: BB, 2 truques com 2 eixos cada um; CC, 2 truques com 3 eixos cada um, BBB; 3 truques com 2 eixos cada um.

Outras características que identificam as locomotivas elétricas, além do tipo de truque, são: a tensão elétrica e a respectiva corrente elétrica.

Em 1904, a Suíça fez diversas experiências com locomotivas elétricas utilizando corrente monofásica. A corrente monofásica de alta tensão tem vantagens para o transporte da energia elétrica.

Já em 1911, Auvert e Ferrand fizeram ensaios com a corrente monofásica, a qual era abaixada para alimentar os motores em corrente contínua. A utilização de corrente trifásica foi realizada pela primeira vez em 1892 pela Siemens & Halske, em Charlottebourg, na Alemanha. Em 1904, a Estrada de Ferro da Valteline, na Itália, utilizava uma locomotiva com alimentação em 3.000 V e 15 Hz de frequência.

Após a 1ª Grande Guerra Mundial, a maioria das ferrovias europeias utilizava a corrente contínua. Em 1920, a França decidiu padronizar a eletrificação de suas ferrovias em corrente contínua com a tensão de 1.500 V. Os Estados Unidos optaram pela corrente contínua em 3.000 V para a alimentação das possantes locomotivas da Ferrovia Chicago a São Francisco, na travessia das Montanhas Rochosas.

Em 1922, a locomotiva francesa BB modelo 1500, com a potência de 900 CV, foi a primeira máquina equipada com frenagem de recuperação, isto é, o motor funcionava como um gerador, devolvendo a corrente elétrica para a catenária durante a aplicação dos freios. Essa locomotiva histórica trabalhou ativamente até a década de 80.

No período posterior à 2ª Grande Guerra Mundial houve uma grande evolução na técnica das locomotivas elétricas, que as tornou mais flexíveis, permitindo que a mesma máquina pudesse ser utilizada em serviços de carga, assim como em trens rápidos de passageiros. Em 1962, para superar a dificuldade de circulação em linhas de voltagens diferentes, foram construídas locomotivas policorrentes, que eram suscetíveis de circular em diferentes voltagens e nas respectivas correntes elétricas. O serviço ferroviário de Paris a Bruxelas era equipado com esse tipo de locomotiva, e a linha Ostende-Bruxelas-Colônia utilizava locomotivas tetracorrentes.

Nos anos de 1950, a utilização de tensão de 25 kV (25.000 V) em corrente alternada e 50 Hz deu origem a outra geração de locomotivas elétricas. Mais potentes e confiáveis, tinham uma fabricação mais simplificada e uma operação maleável.

Nos anos 70 com o emprego da eletrônica tornou as locomotivas elétricas velozes e potentes, como a E103, da Deutsche Bundesbahn (DB), que desenvolvia uma potência de 10.000 CV e atingia a velocidade de 200 km/h. A utilização de corrente alternada sob tensão de 25 kV tinha fundamentalmente o objetivo de reduzir os custos de infraestrutura. A economia atingia até 25% quando comparada comparada ao emprego da tensão de 1,5 kV (1.500 V) em corrente contínua.

POSTES E  
CATENÁRIAS  
DO SISTEMA DE  
ELETRIFICAÇÃO DA SNCF  
- VERSAILLES -  
FRANÇA

*Foto: Sílvio dos  
Santos - 2012*





TREM UNITÁRIO ELÉTRICO FRANCÊS DE ALTA VELOCIDADE E, EM 2º PLANO, UMA LOCOMOTIVA ELÉTRICA FRANCESA - SNCF - GARE D'AURAY - FRANÇA

*Foto: Raphael Colello dos Santos - 2008*

A eletrificação foi importante, sobretudo nas linhas principais, que asseguravam um serviço rápido e eficiente de trens de carga e passageiros, a exemplo da França, que já na década de 60 transportava nas linhas eletrificadas 20% da rede ferroviária, 75% do total das toneladas - quilômetros.

## CASO DA ELETRIFICAÇÃO DA COMPANHIA PAULISTA DE ESTRADAS DE FERRO

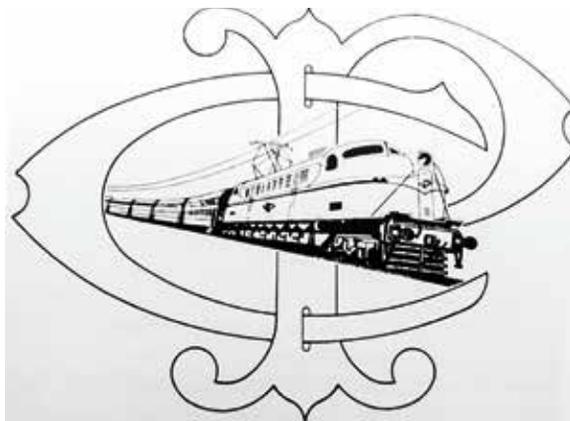
A Companhia Paulista de Estradas de Ferro era uma ferrovia situada no Estado de São Paulo. Ela ficou conhecida pelo seu alto padrão de qualidade no atendimento ao público. A preocupação com a pontualidade era tão grande que as pessoas diziam que acertavam os relógios na chegada dos trens.

A Companhia Paulista foi fundada em 1868. Porém, as obras de cons-

trução da linha tiveram início mais de um ano após essa data, depois das aprovações dos estatutos da Companhia pelo Governo Imperial. Finalmente, no dia 11 de agosto do ano de 1872, com uma bitola de 1,60 metros, foi inaugurado o primeiro trecho entre Jundiaí e Campinas.

---

LOGOTIPO DA  
COMPANHIA  
PAULISTA DE  
ESTRADA DE  
FERRO



A Companhia Paulista foi a primeira ferrovia brasileira a implantar a eletrificação de suas linhas, em 1921, desenvolvendo um ambicioso projeto que logrou dotar 452 quilômetros de suas linhas com esse novo tipo de tração ao longo de 33 anos de obras. A eletrificação adotou a voltagem de 3.000V em corrente contínua e atingia a velocidade de 120 km/h.

Após a implantação extraordinariamente bem-sucedida do programa de eletrificação entre Campinas e Jundiaí, o projeto foi paulatinamente estendido ao longo das linhas de bitola larga da Paulista, alcançando Rincão, na linha de Barretos, em 1928.

A E.F. Sorocabana, também no Estado de São Paulo, investiu pesadamente nesse melhoramento, conseguindo eletrificar 722 quilômetros entre 1941 e 1969.

Por ocasião da constituição da Fepasa em 1971, a eletrificação ainda estava prestigiada na Sorocabana, mas havia perdido o fôlego

na Paulista, pois há 17 anos a empresa não ampliava seu sistema. Na verdade, a Paulista chegou a iniciar as obras para estender a eletrificação além de Cabrália Paulista, onde ela havia parado em 1954, mas foi obrigada a abandoná-las posteriormente, quando foi decidido retificar a linha entre Bauru e Garça. O projeto da nova linha incluía sua eletrificação, mas esta nunca foi executada.

Infelizmente, a grave crise econômica que se abateu sobre as ferrovias após a década de 1950 impediu o prolongamento da eletrificação além desses pontos. Ainda assim, o sucesso da eletrificação foi suficiente para mantê-la funcionando por várias décadas a fio.

De acordo com João Baptista Soares de Faria Lago, em *Descrição dos trens de passageiros da Companhia Paulista* (2007):

*A Companhia Paulista foi pioneira em uma série de iniciativas no campo ferroviário brasileiro, como utilizar carros de aço para o transporte de passageiros, construindo-os, posteriormente, em suas oficinas, além de outras iniciativas de gestão até então inéditas no Brasil. Também fomentou a criação de hortos florestais para a obtenção de dormentes, tendo introduzido o eucalipto no Brasil para essa finalidade.*

*Seus trens de passageiros tornaram-se famosos pelo conforto oferecido e pela pontualidade com que operavam. Os trens “R” ou “Azul”, compostos de carros de 3 classes: pullman, primeira e segunda classes, além de restaurante, se tornaram lendários e determinaram um padrão de conforto ainda não superado no Brasil, seja no transporte ferroviário de passageiros, hoje quase extinto, ou no rodoviário, mesmo em nossos dias.*

Em 1961, durante uma série de greves, a empresa foi estatizada pelo Governo do Estado de São Paulo. Durante essa fase, perceberam-se os primeiros sinais de queda na qualidade de atendimento, já que muitos antigos funcionários deixaram a empresa, e a falta de investimento levou à interrupção do serviço de passageiros.

Em 2021, apenas os trens de passageiros metropolitanos – São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte e Porto Alegre – são elétricos.



TREM-UNIDADE ELÉTRICO SÉRIE 7000 – FABRICAÇÃO DA CAF CONSTRUCCIONES Y AUXILAR DE FERROCARRILES EM AÇO INOXIDÁVEL - CPTM CIA, PAULISTA DE TRENS URBANOS - ESTAÇÃO DA LUZ - SÃO PAULO  
*Foto: Sílvio dos Santos - 2010*

## CASO DA ELETRIFICAÇÃO DA ESTRADA DE FERRO SOROCABANA

A Estrada de Ferro Sorocabana foi fundada em 1871 por Luís Mateus Maylasky, com o trecho entre São Paulo e Sorocaba. A ampliação de suas linhas integrou a região Oeste do Estado de São Paulo, com a ligação de Presidente Epitácio, porto fluvial no rio Paraná. A Região Sul do Brasil foi conectada pelo ramal entre Iperó e Itararé e o Norte do Estado do Paraná pela E.F. São Paulo-Paraná, em Ourinhos. A Sorocabana permitiu também a ligação em bitola métrica com Bauru, ponto inicial da E.F. Noroeste do Brasil, entre o Estado de São Paulo e o então Estado de Mato Grosso e também a Bolívia.

Apesar dessas importantes ligações ferroviárias, a Sorocabana se

constituiu, depois de mais de 70 anos, no novo acesso ao porto de Santos, uma alternativa para a São Paulo Railway, com a construção da linha entre Mayrink-Santos, em 1937.



TÚNEL DO  
TRECHO  
MAYRINK  
- SANTOS,  
CONSTRUÍDO  
NA DÉCADA DE  
30, COM LINHA  
DUPLA E O 3º  
TRILHO, JÁ SEM  
OS POSTES E  
CATENÁRIAS DA  
ELETRIFICAÇÃO  
- SERRA DO  
MAR - SP

*Foto: Sílvio dos  
Santos - 1994*

A Sorocabana, no início do século XX, tinha preocupação com a eficiência em suas operações, já comprometida pela tração a vapor. Essa preocupação aumentou particularmente na década de 1920, quando houve a concorrência do caminhão e a Paulista começou a eletrificação das linhas.



SUBESTAÇÃO DESATIVADA DO SISTEMA DE ELETRIFICAÇÃO DA  
SOROCABANA – SERRA DO MAR – SP

*Foto: Sílvio dos Santos – 1994*

Os estudos para a eletrificação da E. F. Sorocabana tiveram início na década de 1920 período de grande instabilidade econômica, que resultou na crise de 1929. Entre 1924 e 1939, foram feitos inúmeros estudos e projetos, os quais não foram executados. Contudo, uma vez decidido o uso da tração elétrica em 1940, o primeiro trecho, entre São Paulo e Sorocaba, foi implantado mesmo sob as grandes restrições de importações, devido à II Guerra Mundial.

Até 1957, a eletrificação chegou a Bernardino de Campos, na linha tronco, a Itapetininga, no ramal de Itararé, e até Evangelista de Souza, na linha que ligava São Paulo à Mayrink-Santos. Dez anos após, em 1967, ocorreram os últimos avanços na eletrificação, atingindo Samaritá, na Baixada Santista, e Assis, na linha tronco dois anos mais tarde. A E.F. Sorocabana foi a última grande ferrovia brasileira a realizar obras de eletrificação na época que o transporte ferroviário já apresentava sinais de declínio em decorrência da forte concorrência rodoviária.

A frágil situação econômica da ferrovia devido à desastrosa administração feita pelos concessionários privados até 1919, mudou os ob-

jetivos prioritários, direcionados, então, para a recuperação financeira. As questões técnicas, como a duplicação do trecho inicial da ferrovia, a dúvida sobre o alargamento da bitola, a construção da descida para o Porto de Santos e também a eletrificação, ficaram para um segundo plano.

A retomada da eletrificação ocorreu somente após a ferrovia voltar ao controle do governo estadual e, finalmente, em 1939, o primeiro trecho a ser eletrificado, 140 quilômetros em linha dupla, foi o de São Paulo até Iperó.

A Electric Export Corporation, empresa criada a partir da associação entre a International General Electric, Westinghouse International Company e a Companhia de Mineração e Metalurgia Brasil - Cobrasil, foi a responsável pela importante obra, apesar dos protestos por parte de alguns especialistas ferroviários, alegando que o país deveria optar pelo desenvolvimento de tecnologia própria para reduzir os custos de implantação e, assim, eletrificar um maior número de ferrovias.

---

LOGOTIPO DA  
ESTRADA DE  
FERRO  
SOROCABANA



# IMPLANTAÇÃO DA ELETRIFICAÇÃO NA SOROCABANA

De maneira análoga à Paulista, a Sorocabana também utilizou o sistema de eletrificação com rede aérea de catenária 3 kV, corrente contínua, padronizado pelo governo brasileiro em 1934 e já utilizado na Central do Brasil.

A eletrificação para a Baixada Santista foi inutilizada em 1972 devido a chuvas intensas que destruíram subestações, postes e parte da linha férrea. Por causa do novo Plano de Eletrificação da Fepasa, em 25kV em corrente alternada, não houve o restabelecimento da eletrificação, e as locomotivas elétricas foram substituídas por diesel, situação que se mantém até hoje.

TRECHO DA LINHA TRONCO	EXTENSÃO [KM]	TOTAL [KM]	ANO
São Paulo-Sorocaba	104,342	104,342	1944
Sorocaba-Iperó	35,130	139,472	1945
Iperó-Cerquilha	24,718	164,190	1947
Cerquilha-Laranjal Paulista	24,148	186,388	1947
Laranjal Paulista-Juquiratiba	30,863	217,201	1949
Iperó-Tatuí	18,575	235,776	1950
Tatuí-Morro do Alto	42,833	278,609	1951
Juquiratiba-Botucatu	50,707	329,316	1951
Botucatu-Rubião Júnior	5,772	335,088	1952
Rubião Júnior-Itatinga	30,210	365,298	1953
Itatinga-Bernardino de Campos	37,444	402,742	1954

Fonte: Estrada de Ferro Sorocabana

Na linha tronco, em 1969, a eletrificação chegou até Assis, com a incorporação de mais 249 quilômetros à rede eletrificada da Sorocabana, com o término da eletrificação, apesar do projeto original que

previa a operação elétrica até Presidente Epitácio, porto fluvial nas barrancas do Rio Paraná.

Em 1999, o sistema de eletrificação para transporte de carga deixou de operar em toda a malha da antiga Sorocabana. As locomotivas elétricas foram retiradas de circulação para cortar custos – essa foi a alegação da América Latina Logística -ALL, a concessionária de toda a malha paulista.

## **CASO DA ELETRIFICAÇÃO DAS FERROVIAS PAULISTAS S.A. - FEPASA**

Desde sua criação em 1971, a Fepasa teve que optar entre os pesados investimentos que a eletrificação exigia e a flexibilidade das novas locomotivas diesel-elétricas, cujos aspectos atrativos da tração elétrica eram questionados. Na época, chegou mesmo a ser cogitado o sucateamento de algumas locomotivas da Companhia Paulista; por serem máquinas antigas, muitas da década de 1930, e de manutenção cada vez mais cara.

Em outubro de 1973, a guerra entre árabes e israelenses deflagrou um embargo dos fornecedores de petróleo ao Ocidente, seguido de uma brusca elevação de preços, acontecimentos que afetaram seriamente a economia brasileira, país cronicamente deficitário de moeda forte e que na época produzia apenas um terço do seu consumo de petróleo.

Esses episódios fizeram a Fepasa rever a tração de seus trens com mais cuidado, fato que resultou no lançamento do Plano de Eletrificação, em 1975. O maior projeto dentro desse plano era a construção de um Corredor de Exportação entre Santos e Uberaba, com extensão de aproximadamente 800 quilômetros, o qual seria totalmente eletrificado. Na verdade, tratava-se de uma ampla retificação e repotencialização de trechos de antigas ferrovias paulistas, como a Mayrink-Santos, Mayrink-Itaici-Campinas e Campinas-Uberaba.

O Plano de Eletrificação também beneficiava as linhas ferroviárias que já eram eletrificadas, prevendo assim a modernização e o aumento de capacidade, substituindo o sistema de corrente contínua em 3 kV pelo de corrente alternada em 25 kV. Os 494 quilômetros de linhas de bitola larga da ex-Companhia Paulista, com 14 subestações, totalizando 48,5 MW, seriam substituídas por 17 subestações com 73 MW. No caso dos 590 quilômetros de linhas de bitola métrica da ex-Sorocabana de 13 subestações, há potência total de 50 MW para 19 subestações com 90 MW.

O plano também previa a utilização de 70 modernas locomotivas elétricas, e que o primeiro protótipo deveria ter circulado em março de 1983. Com esses investimentos, previa-se uma participação da tração elétrica de 80% na tração das composições de carga, que proporcionaria uma economia de 70 milhões de litros de óleo diesel anuais, além do aumento da capacidade de transporte da ferrovia. Entretanto, apesar de grandioso o Plano de Eletrificação, este não foi implantado integralmente.

A eletrificação na Fepasa ainda foi utilizada, ainda que de maneira precária, até o fim de 1998, já sob administração do governo federal, como uma divisão da RFFSA, a chamada Malha Paulista. No início de 1999, o Programa de Desestatização do governo federal arrendou as linhas da antiga Fepasa para a concessionária Ferrovias Bandeirantes – Ferroban, posteriormente incorporada à América Latina Logística – ALL, atual Rumo. Uma das primeiras providências da nova concessionária foi a total desativação da tração elétrica, com o uso exclusivo de locomotivas diesel-elétricas.

Os equipamentos, instalações e as locomotivas foram abandonados, fato que representou uma enorme perda para o país.



LOCOMOTIVA ELÉTRICA GE 2-C+C-2, CONSTRUÍDA PELA GENERAL ELECTRIC NA DÉCADA DE 1940, SUCATEADA NA DÉCADA DE 1990. ARARAQUARA - SP  
*Foto: Estações Brasileiras - 2011*

## CASO DA ELETRIFICAÇÃO DA FERROVIA DO AÇO

Em 1973, a Ferrovia do Aço foi anunciada como uma das obras mais importantes do Brasil, uma ambiciosa estrada de ferro eletrificada entre os estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro previa a ligação de Belo Horizonte diretamente a São Paulo e Barra Mansa. Seu principal produto de transporte seria o minério de ferro, para facilitar o abastecimento das principais usinas siderúrgicas do Brasil, a Companhia Siderúrgica Paulista – Cosipa, a atual Usiminas, em Cubatão, no Estado de São Paulo, e a Companhia Siderúrgica Nacional - C.S.N., em Volta Redonda, no Rio de Janeiro. A ferrovia tinha sua construção prevista para menos de 3 anos, por isso foi chamada de “A Ferrovia dos 1000 dias”.

Desde a fase de projeto, o relevo era um grande problema que não foi apropriadamente avaliado, pois a região a ser atravessada pela ferrovia era extremamente montanhosa; e muitos túneis e viadutos precisaram ser construídos. O orçamento inicial foi insuficiente e, de repente, o dinheiro acabou no meio dos trabalhos, e a parte da ferrovia já terminada ficou abandonada durante vários anos.

Em valores da época, mais de US\$ 2 bilhões foram gastos, sendo que

US\$ 250 milhões em equipamentos comprados da Inglaterra estão ainda estocados em um depósito ferroviário na cidade paulista de Cruzeiro. Entre eles, estão 35 locomotivas desmontadas, toneladas de cobre puro e milhões de arruelas, rebites, grampos, roldanas e polias.

A imprensa, durante décadas, utilizou a Ferrovia do Aço como exemplo de investimento público mal planejado e não executado plenamente, condição que agravava sua viabilidade econômica prevista inicialmente. Essa situação somente foi modificada na segunda metade dos anos de 1980, com a realização da primeira parceria público-privada entre a antiga RFFSA e o setor siderúrgico. O trecho Saudade-Jeceaba, que interessava à MBR e à CSN, foi concluído com recursos obtidos por meio de emissão de Certificado de Frete Futuro dos referidos clientes. Um autêntico carrossel ferroviário começou a funcionar, pois a carga descia pela Ferrovia do Aço, e os vagões vazios retornavam pela Linha do Centro, entre Barra do Pirai e Belo Horizonte, utilizando, dessa forma, uma parte da Ferrovia do Aço.

Após vários estudos, essa solução foi adotada, pois a Ferrovia do Aço foi projetada para trens elétricos e tinha restrições para a circulação de locomotivas a diesel. Com os trens descendo lotados, apesar do esforço e da emissão de gases serem menores do que na subida, a solução exigiu um sistema especial de exaustão e de portas nos túneis para controlar a expulsão dos gases.

A Ferrovia do Aço ainda opera da mesma forma sob a administração da concessionária MRS, utilizando somente locomotivas a diesel, pois o projeto de eletrificação 25 kV em corrente contínua foi abandonado.

Os bilhões de dólares gastos na Ferrovia do Aço não tinham viabilidade econômica nos pareceres do Ipea sobre a obra; mesmo assim, a obra foi iniciada à revelia dos técnicos e economistas.

Os grandes projetos ferroviários sempre foram executados, principalmente para escoar produtos primários de baixo valor agregado. Mesmo na época da crise do petróleo, foi difícil entender a preferência pela tração elétrica para se transportar minério de ferro, como se viu na Ferrovia do Aço, pois as ferrovias americanas já tinham optado pela tração a diesel para o transporte de grandes volumes de cargas.

# A locomotiva a diesel

Os motores de combustão interna, a gasolina e a diesel, foram inventados por Nikolaus A. Otto e Rudolph Diesel, no final do século XIX, não tiveram aplicação imediata na tração ferroviária, pois tinham pouca potência, além da dificuldade de transmissão e do torque para as rodas motrizes.

A primeira locomotiva experimental equipada com motor diesel foi a Hornsby, construída em 1896, que funcionava com transmissão mecânica. A mais conhecida foi a locomotiva fabricada pela empresa suíça Sulzer, em 1912, que desenvolvia 1.200 cv de potência e atingia a velocidade de 100 km/h. A Sulzer foi a primeira locomotiva a diesel a operar regularmente em uma linha ferroviária.



LOCOMOTIVA A DIESEL COM BITOLA DE 1,435 M.  
MUSEU DO PORTO DE ROTERDÃ, ROTERDÃ - HOLANDA  
*Foto: Sílvia dos Santos - 2010*

A utilização mais constante dessas locomotivas permitiu aos técnicos identificarem em dois problemas fundamentais da tração a diesel: a potência excessiva na partida era desfavorável, assim como a transmissão mecânica; em função dessas limitações, as transmissões mecânicas eram utilizadas apenas para as locomotivas de manobras de baixa potência.

As locomotivas movidas a óleo diesel são, na realidade, verdadeiras usinas de energia móvel. O motor a diesel movimenta um gerador que alimenta os motores de tração por meio de uma corrente elétrica. A corrente alimenta os motores de tração que comandam engrenagens, as quais giram as rodas da locomotiva. Devido ao processo descrito, esse tipo de locomotiva é denominado diesel-elétrica.



LOCOMOTIVA DIESEL-ELÉTRICA – FTC FERROVIA TEREZA CRISTINA

Foto: FTC - 2021

Em 1912, as estradas de ferro suecas iniciaram o uso de pequenas locomotivas diesel-elétricas, cujos geradores eram de fabricação sueca, e os motores, de fabricação alemã. Também durante a 1ª Grande Guerra Mundial, entre 1914 e 1918, pequenas locomotivas a diesel para bitola de 1,00 m foram construídas para operarem no *front* de batalha, pois a ausência de fumaça constituía uma vantagem decisiva sobre as locomotivas a vapor. Tratava-se de uma locomotiva leve, reduzida a um motor colocado sobre um simples truque de quatro rodas, munida de transmissão de engrenagens e correntes.

Após a guerra, as locomotivas a diesel eram essencialmente máquinas de manobra.



MOTOR A DIESEL DA LOCOMOTIVA DIESEL-ELÉTRICA - FTC FERROVIA TEREZA CRISTINA

*Foto: Milton Ostetto - 2011*



GERADORES ELÉTRICOS DA LOCOMOTIVA DIESEL-ELÉTRICA - FTC FERROVIA TEREZA CRISTINA

*Foto: Milton Ostetto - 2011*



MOTORES ELÉTRICOS DE TRACÇÃO DA LOCOMOTIVA DIESEL-ELÉTRICA - FTC FERROVIA TEREZA CRISTINA

*Foto: Milton Ostetto - 2011*



RODAS E EIXO MOTOR DA LOCOMOTIVA DIESEL-ELÉTRICA - FTC FERROVIA TEREZA CRISTINA

*Foto: Milton Ostetto - 2011*



---

TRUQUE DA LOCOMOTIVA DIESEL-ELÉTRICA - FTC FERROVIA TEREZA CRISTINA

*Foto: Milton Ostetto - 2011*



---

ENGATE PADRÃO EUROPEU - SBB-CFF-FFS - ESTAÇÃO DE LAUZANE - SUÍÇA

*Foto: Sílvio dos Santos - 2012*



ENGATE PADRÃO AAR - FCA FERROVIA CENTRO ATLÂNTICA - PORTO DE ARATU - BA

*Foto: Sílvio dos Santos - 2010*

Em 1924, a empresa americana Alco - American Locomotives Co. produziu a primeira locomotiva diesel-elétrica de 300 cv, pesando 60 t.

Em 1925, a General Electric, associada à Ingersoll-Rand, produziu uma locomotiva diesel-elétrica de manobras, para a Central of New Jersey Railroad.

Em 1927, já circulavam em algumas companhias americanas material rodante derivado das locomotivas de manobra. Elas tinham o mesmo aspecto das locomotivas a vapor, com a cabine na extremidade e um longo *capot*. O modelo fabricado pela Alco em parceria com a Ingersoll Rand desenvolvia 1.350 cv.

Foi durante os anos de 1930 que a tração a diesel teve uma evolução considerável. Na Rússia, foi decidido implantar um importante programa de reequipamento ferroviário com locomotivas a diesel, mas esse programa não foi inteiramente seguido. Nos Estados Unidos é que a locomotiva a diesel conheceu um sucesso espetacular. Efetivamente, as companhias americanas sempre preferiram investir mais no mate-

rial rodante do que sobre a infraestrutura das vias de circulação. As locomotivas a diesel tinham a flexibilidade da eletricidade e a possibilidade de uso contínuo sem a necessidade das pesadas despesas da infraestrutura impostas pela eletrificação. Capazes de trabalhar 24 horas por dia, uma locomotiva a diesel substituía mais de duas locomotivas a vapor com um rendimento energético melhor. Por outro lado, como a maior parte das locomotivas a vapor americanas já utilizava óleo para aquecer as caldeiras, a introdução do diesel foi facilitada.

Em 1935, a General Motors construiu uma locomotiva com 2.000 cv para trens de passageiros, com duas cabines de condução, a qual poderia ser acoplada a outra locomotiva sem cabine, e esta a uma terceira unidade idêntica. Dessa maneira, era possível obter uma potência motriz de 4.000 e 6.000 cv. Esse dispositivo foi aplicado posteriormente em trens de carga, mas as potentes locomotivas a vapor somente foram substituídas após a 2ª Grande Guerra Mundial. De fato, foi em 1941 que a ferrovia Santa Fé colocou a primeira locomotiva a diesel a circular em suas linhas para o transporte de mercadorias.

A utilização da tração diesel-elétrica se tornou um sucesso, especialmente nas ferrovias de transporte pesado de cargas dos EUA, praticamente eliminando o vapor a partir da década de 1950.

A performance do trem de passageiros Zephyr, entre Denver e Chicago, tracionado por uma locomotiva diesel - elétrica aerodinâmica, que com 600 cv trafegava a 120 km/h, favoreceu muito a utilização da tração a diesel. Na Union Pacific, o trem transcontinental de Chicago a Portland diminuiu o tempo de viagem de 60 para 40 horas com a introdução de locomotivas a diesel.

Na década de 1950, a substituição das locomotivas a vapor pelas a diesel se efetuou rapidamente, e mesmo as linhas eletrificadas foram utilizadas com tração a diesel. Em 1959, o parque de locomotivas americano continha 27.744 unidades a diesel, restando ainda 1.284 a vapor e apenas 559 elétricas.

Com a introdução da tração a diesel, as locomotivas perderam a cor negra causada pela fuligem do carvão e tornaram-se vivamente colo-

ridas, de acordo com cada uma das cores das companhias ferroviárias. No Canadá, a evolução foi sensivelmente a mesma e, hoje, os grandes trens de passageiros e de grãos são puxados por potentes locomotivas diesel-elétricas.

Essas locomotivas possuem diversas vantagens, pois, como geram sua própria energia, podem operar em qualquer lugar onde existem trilhos. As locomotivas diesel-elétricas também podem percorrer longos percursos, sem interromper a marcha, para reabastecimento ou manutenção. Esse tipo de máquina permite a parada e a partida imediatas e possibilita uma aceleração mais rápida. Elas têm maior eficiência de combustível que as locomotivas a vapor e manutenção mais simples e de custo inferior

As locomotivas diesel-elétricas podem operar em conjunto, isto é, com várias máquinas acopladas. Duplex, triplex e até seis ou mais unidades são empregadas para puxar pesadas composições de minério ou para estrada de ferro em regiões montanhosas. Atualmente, trens de minério com mais de 300 vagões com 30.000 toneladas são tracionados por um conjunto de locomotivas a diesel, colocadas no início, no meio e na calda, acionadas por telecomando. Esses trens são denominados multitração. A potência das locomotivas a diesel pode chegar até 9.000 kW, e é dimensionada em função de sua utilização, carga ou passageiros, relevo e velocidade utilizada.

Na Europa, o progresso da locomotiva a diesel foi mais lento. O início ocorreu durante os anos 1930, na França, onde se considerava que as locomotivas a diesel poderiam ocupar as linhas das ferrovias dos países das colônias da África, pois não havia disponibilidade de água e carvão, como o projeto da ferrovia trans-sahariana. Mas para a França, assim como para a Alemanha, a tração a diesel foi utilizada primeiramente nos autotrens, pequenas composições para passageiros.

Durante o ano de 1933, na Alemanha, uma locomotiva a diesel tracionou o “Volante Hamburguês”, que circulava regularmente com uma velocidade de 160 km/h na linha Berlin a Hamburgo. Esse trem era equipado com 2 motores a diesel de 410 cv, com transmissão elétrica.

ca. Uma outra versão, de 1935, foi equipada com motores de 600 cv e transmissão hidráulica. Atualmente, esse modo de transmissão prevalece nas locomotivas a diesel alemãs.

Na Inglaterra e na Rússia a conversão da tração a vapor para diesel ocorreu bruscamente, assim como nos Estados Unidos. Mas a grande proliferação de toda a sorte de locomotivas a diesel, que fizeram a fortuna dos construtores, foi seguida de uma recessão que arruinou muitos desses construtores.

Na França, Alemanha e Itália, a tração a diesel foi implantada progressivamente. Havia a prioridade de eletrificação dos itinerários mais importantes, assim como das linhas das regiões montanhosas, ficando a utilização das locomotivas a diesel para as linhas ainda não eletrificadas, principalmente para os eixos secundários.

A SNCF, empresa ferroviária francesa, efetuou estudos de modelos de locomotivas a diesel cada vez com melhor desempenho, após haver ensaiado diversas fórmulas de transmissão, da mecânica à turbina a gás. A escolha logo se definiu para o desenvolvimento da transmissão elétrica, por ser mais simples e eficiente.

Esses estudos permitiram à França desenvolver uma série de melhoramentos na tração a diesel, com o objetivo de tracionar trens de passageiros na faixa de 140 a 160 km/h e também trens de carga para a velocidade de 85 km/h. Para atender a essas duas condições, foram utilizadas técnicas já disponíveis na tração elétrica, como o sistema de dupla redução de engrenagens.

Para as locomotivas a diesel exclusivas no tráfego de passageiros, a necessidade de aquecimento para aumentar o conforto dos carros (vagões) também requereu o desenvolvimento de uma série de modelos para serem utilizados durante o período de inverno e nas regiões normalmente frias.

Na Europa, de um modo geral, a tração a diesel tem uma função complementar em relação a tração elétrica, seu principal meio de tração – diferentemente do que ocorre nos Estados Unidos, Austrália, África do Sul, e mesmo no Brasil, onde potentes locomotivas, agrupa-

das de 3 a 6 máquinas, tracionam pesadas composições de minério e grãos agrícolas.

Finalmente, uma utilização importante para a tração a diesel é a função de manobras de trens e vagões nos pátios de triagem, assim como nos terminais de cargas e portos. Dispensando as catenárias, fios que fornecem a energia elétrica, as pequenas locomotivas a diesel têm uma operação eficiente, a qual dispensa a implantação da pesada infraestrutura da tração elétrica.

Além da locomotiva diesel-elétrica, são fabricadas a diesel-hidráulica e a diesel-mecânica. Em cada uma, a transmissão da energia do motor para as rodas se efetua de maneira diferente.

Nas locomotivas diesel-hidráulicas, o motor impulsiona um conversor de torque no lugar do gerador. Um conversor de torque é um aparelho que utiliza fluidos sob pressão hidráulica para transmitir e regular a energia recebida do motor. O conversor é composto por uma bomba hidráulica e uma turbina. A turbina transforma a energia dos fluidos em força que pode ser usada para realizar trabalho. O motor lança o óleo no conversor e comanda a bomba. A bomba envia o óleo em direção às pás das rodas da turbina. Essa ação faz a turbina girar e comandar um sistema de engrenagens e eixos que move as rodas. As locomotivas diesel-hidráulicas são usadas especialmente na Alemanha, onde tiveram origem.

As locomotivas diesel-mecânicas transmitem energia de maneira semelhante aos automóveis dotados de motor a diesel, por meio de uma embreagem e de um sistema de eixos e engrenagens. A embreagem estabelece a ligação entre o motor e a transmissão. As engrenagens e os eixos transmitem a energia para comandar as rodas. Esse sistema mecânico transmite menos energia do que os outros sistemas, de maneira que só funciona a contento em pequenas locomotivas.

Especialmente a partir da década de 1970 passou-se a utilizar o alternador, que produzia corrente alternada, a qual era retificada e enviada aos motores de tração de corrente contínua. Uma tecnologia mais recente é a dos motores de tração de corrente alternada, já co-

mum em diversas ferrovias da América do Norte, mas ainda é pouco utilizada no Brasil, pois nosso parque de locomotivas é antigo, estando em processo de modernização.

De acordo com o arranjo das rodas nos truques, as locomotivas têm uma classificação, igual à das locomotivas elétricas, atribuindo-se letra às rodas motrizes e número às rodas livres sem tração.

## CLASSIFICAÇÃO DAS LOCOMOTIVAS DIESEL-ELÉTRICAS

ARRANJOS DOS EIXOS	NOME
OO-OO	B - B
OOO-OOO	C - C
OoO-OoO	A1A - A1A
OOOO-OOOO	D - D

o - EIXO SEM MOTOR O - EIXO COM MOTOR

Fonte: AAR - 2005

As locomotivas a diesel podem ser ligadas e desligadas rapidamente, não queimam combustível quando paradas e podem rodar perto da potência máxima durante horas sem desgastes significativos das máquinas. Muitas locomotivas a diesel podem percorrer mais de 160.000 km por ano, e as mais modernas são bastante seguras, eficientes e rápidas. Como são equipamentos bem resistentes, elas conseguiram suportar a falta de manutenção comum no Brasil antes da privatização das ferrovias.

LOCOMOTIVA  
DIESEL-  
ELÉTRICA  
TIPO B-B - FTC  
FERROVIA  
TEREZA  
CRISTINA

Foto: FTC - 2021



No Brasil, a primeira ferrovia a ter locomotivas diesel-elétricas foi a Viação Férrea Federal Leste Brasileiro, na Bahia, recebendo 3 locomotivas 1-B-B1 fabricadas pela English Electric, em 1938, e a primeira ferrovia a dar início efetivo à dieselização foi a E. F. Central do Brasil, a partir de 1943.

Com o aumento da utilização da tração a diesel, o Brasil chegou a ter duas fábricas de locomotivas a General Eletric e a General Motors, as quais utilizavam tecnologia americana, entretanto, com a crise dos anos de 1980 e a decadência ferroviária que se seguiu, as minguidas encomendas não puderam sustentar essa indústria ferroviária. Como resultado da crise, praticamente metade da frota brasileira deixou de circular por falta de peças de manutenção. Essas locomotivas imobilizadas serviram de estoque de reposição, operação denominada canibalismo.

Com a privatização, as novas concessionárias começaram a adquirir mais locomotivas, novas e usadas no mercado americano, e o parque brasileiro começou a se recompor, o que resultou em um aumento no transporte ferroviário de carga.

Em 1997, as ferrovias contavam com 1.154 locomotivas; em 2019, já somavam 3.405 unidades, representando um aumento de 195%.

# Os vagões de carga

Os primeiros vagões ferroviários foram baseados nas pequenas vagonetas de transporte de carvão, ou seja, tiveram a mesma origem da própria ferrovia. Eram pequenos e não transportavam mais de uma tonelada e, como as primitivas vagonetas, eram abertos sem nenhuma proteção para a mercadoria transportada. Devido à força disponível nas locomotivas, bem maior do que a força animal dos cavalos, a tonelage desses vagões logo atingiu valores de 4 a 6 toneladas. A estrutura era de madeira, constituída por uma plataforma apoiada em 2 eixos rodantes.



TRUQUE DE VAGÃO ANTIGO - FTC FERROVIA TEREZA CRISTINA

*Foto: Milton Ostetto - 2011*

A necessidade de proteger e melhor acondicionar a carga logo fez surgir uma infinidade de vagões especializados para os produtos mais importantes transportados pelas ferrovias. A França, com sua grande produção de vinhos renomados, construiu vagões com tonéis de madeira para transportar o vinho, sem, no entanto, perder sua tradicional qualidade.



TRUQUE DE VAGÃO - FTC FERROVIA TEREZA CRISTINA

*Foto: Milton Ostetto - 2011*



---

TRUQUE DE VAGÃO - FCA FERROVIA CENTRO ATLÂNTICA - PORTO DE ARATU - BA

*Foto: Sílvio dos Santos - 2010*



---

RODAS E EIXOS DE VAGÃO - FTC FERROVIA TEREZA CRISTINA

*Foto: Milton Ostetto - 2011*

O transporte de suínos, carneiros e ovelhas para abastecer mercados distantes também originou a construção de vagões especializados. Eles permitiam manter a saúde desses animais, com atenção especial para a ventilação a limpeza e a segregação dos lotes de animais.

Para o transporte de frutas, também foram construídos vagões especiais, como o vagão com aquecimento, para amadurecer as bananas transportadas ainda verdes, assim como primitivos vagões térmicos, que mantinham a temperatura baixa por meio da utilização de gelo para as frutas de clima temperado, como peras e maçãs.

A estrutura de madeira e os eixos simples dos vagões europeus começaram a ser substituídos depois da 1ª Grande Guerra Mundial com a introdução de vagões metálicos com truques de 2 eixos pelo Exército Americano, em 1917.

Assim como as locomotivas, os vagões ferroviários também evoluíram durante os últimos 195 anos da utilização da ferrovia. Se no início do século XIX havia praticamente um só tipo de vagão para todas as cargas, atualmente há um tipo específico de vagão para cada um dos grupos de mercadorias.

Entretanto, a especialização que permite o transporte adequado de cada tipo de produto apresenta a desvantagem do retorno vazio, caso não haja o mesmo tipo de mercadoria no fluxo contrário.

De um modo geral, os diversos tipos de vagões têm as mesmas características técnicas e operacionais nos mais variados países do mundo, havendo, entretanto, algumas diferenças específicas para um ou outro vagão, como é o caso da cobertura telescópica utilizada na Europa para o transporte de bobinas de aço para a indústria automotiva, que não pode sofrer as intempéries.

Na década de 1960, após 1965, a utilização dos contêineres padronizados pelas companhias de navegação levou as ferrovias também a se adaptarem ao transporte desse equipamento útil e versátil. No início, foram utilizados vagões plataformas, em que o contêiner era simplesmente colocado sobre o vagão e amarrado com cabos; e numa fase posterior, era utilizado um vagão especial, com os pontos de travamen-

to dos contêineres.

Com a utilização intensa de contêineres, foram projetados vagões especiais para carregar 2 unidades sobrepostas, duplicando a capacidade de transporte do trem. Devido à altura elevada, essas unidades só podiam circular em rotas específicas, as quais foram adequadas ao novo gabarito.

Nos Estados Unidos da América, a evolução dos vagões acompanhou a expansão ferroviária mundial – numa primeira fase, os vagões para grãos agrícolas e minérios, carvão e ferro tiveram destaque devido à sua grande dimensão, 100 toneladas, e à descarga com balsa. Posteriormente, os vagões porta-contêineres, com gabarito duplo denominado *double-stack*, revolucionaram o transporte ferroviário americano.



VAGÃO ESPECIAL PARA CONTÊINERES - DOUBLE STACK - MRS

Foto: ANTF



VAGÃO TANQUE - SNCF - ESTAÇÃO RAMBOUILLET - FRANÇA - ENGATE MANUAL TIPO EUROPEU

*Foto: Sílvio dos Santos - 2012*



VAGÃO GRANELEIRO COM DESCARGA INFERIOR - FCA FERROVIA CENTRO ATLÂNTICA - PORTO DE ARATU - BA

*Foto: Sílvio dos Santos - 2010*



VAGÕES HOPPER ABERTOS PARA CARVÃO - FTC FERROVIA TEREZA CRISTINA

*Foto: Milton Ostetto - 2011*



DESCARGA INFERIOR DOS VAGÕES HOPPER ABERTOS PARA MINÉRIO - FTC FERROVIA TEREZA CRISTINA

*Foto: Milton Ostetto - 2011*



VAGÃO TANQUE – FTC FERROVIA TEREZA CRISTINA

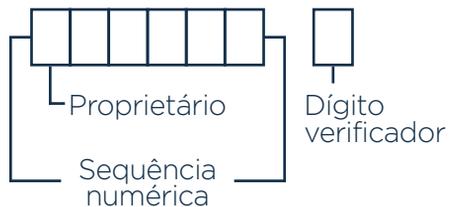
Foto: Milton Ostetto – 2011

O Brasil utiliza os mesmos tipos de vagões da frota americana e alguns poucos vagões duplos para contêineres, devido às restrições de gabarito nos túneis e pontes. A seguir, estão apresentados os diversos tipos de vagões mais utilizados no Brasil, segundo a Associação Brasileira de Transportadores Ferroviários – ANTF:

### LETRAS



### ALGARISMOS



Fonte: RFFSA

3ª LETRA	PESO MÁXIMO ADMISSÍVEL	BITOLA
A	30 t	1,00 m
B	47 t	1,00 m
C	64 t	1,00 m
D	80 t	1,00 m
E	100 t	1,00 m
F	119 t	1,00 m
G	143 t	1,00 m
P	47 t	1,60 m
Q	64 t	1,60 m
R	80 t	1,60 m
S	100 t	1,60 m
T	119 t	1,60 m
U	143 t	1,60 m

Fonte: RFFSA

### **VAGÕES TIPO FECHADO - PARA GRANÉIS SÓLIDOS, ENSACADOS, CAIXARIAS, CARGAS UNITIZADAS E TRANSPORTE DE PRODUTOS EM GERAL QUE NÃO PODEM SER EXPOSTOS ÀS INTEMPÉRIES:**

- *FR – Convencional, caixa metálica com revestimento*
- *FS – Convencional, caixa metálica sem revestimento*
- *FM – Convencional, caixa de madeira*
- *FE – Com escotilhas e portas plug*
- *FH – Com escotilhas, tremonhas no assoalho e portas plug*
- *FL – Com laterais corrediças (all-door)*
- *FP – Com escotilhas, portas basculantes, fundo em lombo de camelo*
- *FV – Ventilado*
- *FQ – Outros tipos*

## **VAGÕES TIPO HOPPER - FECHADOS PARA GRANÉIS CORROSIVOS E GRANÉIS SÓLIDOS QUE NÃO PODEM SER EXPOSTOS AO TEMPO E ABERTOS PARA OS GRANÉIS QUE PODEM SER EXPOSTOS AO TEMPO:**

- *HF – Fechado convencional*
- *HP – Fechado com proteção anticorrosiva*
- *HE – Tanque (center-flow) com proteção anticorrosiva*
- *HT – Tanque (center-flow) convencional*
- *HA – Aberto*
- *HQ – Outros tipos*

## **VAGÕES TIPO GÔNDOLA - PARA GRANÉIS SÓLIDOS E PRODUTOS DIVERSOS QUE PODEM SER EXPOSTOS AO TEMPO:**

- *GD – Para descarga em giradores de vagão*
- *GP – Com bordas fixas e portas laterais*
- *GF – Com bordas fixas e fundo móvel (drop - bottom)*
- *GM – Com bordas fixas e cobertura móvel*
- *GT – Com bordas tombantes*
- *GS – Com semi-bordas tombantes*
- *GH – Com bordas basculantes ou semi-tombantes com fundo em lombo de camelo*
- *GC – Com bordas tombantes e cobertura móvel*
- *GB – Basculante*
- *GQ – Outros tipos*

## **VAGÕES TIPO ISOTÉRMICO - PRODUTOS CONGELADOS EM GERAL:**

- *IC – Convencional, com bancos de gelo*

- *IF – com unidade frigorífica*
- *IQ – Outros tipos*

### **VAGÕES TIPO PLATAFORMA - CONTÊINERES, PRODUTOS SIDERÚRGICOS, GRANDES VOLUMES, MADEIRA, PEÇAS DE GRANDES DIMENSÕES:**

- *PM – Convencional, com piso de madeira*
- *PE – Convencional, com piso metálico*
- *PD – Convencional, com dispositivo para contêineres*
- *PC – Para contêineres*
- *PR – Com estrado rebaixado*
- *PG – Para serviço piggyback*
- *PP – Com cabeceira (bulkhead)*
- *PB – Para bobinas*
- *PA – Com dois pavimentos para automóveis*
- *PH – Com abertura telescópica*
- *PQ – Outros tipos de vagão plataforma*

### **VAGÕES TIPO TANQUE - CIMENTO A GRANEL, DERIVADOS DE PETRÓLEO CLARO E LÍQUIDO NÃO CORROSIVO EM GERAL:**

- *TC – Convencional*
- *TS – Com serpentinas para aquecimento*
- *TP – Para produtos pulverulentos*
- *TF – Para fertilizantes*
- *TA – Para ácidos e líquidos corrosivos*
- *TG – Para gás liquefeito de petróleo*
- *TQ – Outros tipos*

## VAGÕES ESPECIAIS - PRODUTOS COM CARACTERÍSTICAS DE TRANSPORTE BEM DISTINTAS DAS ANTERIORES:

- *ST – Torpedo (produtos siderúrgicos de alta temperatura)*
- *SB – Basculante*
- *SP – Plataforma para lingotes, placas de aço etc.*
- *SG – Gôndolas para sucata, escórias etc.*
- *SQ – Outros tipos*

De acordo com a ANTF, a frota total nacional, em 2010, era composta por 92.890 unidades, número obtido nas ferrovias de carga do país. O crescimento em relação ao total de 2005, 78.864 unidades, foi de 17,8 %, o que representou um acréscimo de 14.026 vagões.

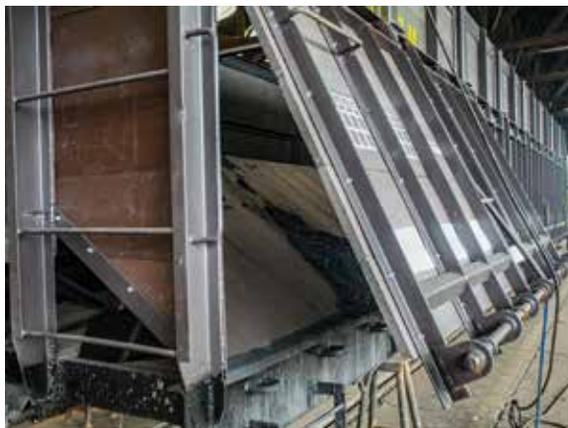


VAGÃO HOPPER PARA CARVÃO COM LATERAIS EM MADEIRA - FTC  
FERROVIA TEREZA CRISTINA

Foto: Milton Ostetto - 2011

VAGÃO HOPPER  
PARA CARVÃO,  
COM LATERAIS  
EM PLÁSTICO -  
FTC FERROVIA  
TEREZA  
CRISTINA

Foto: Milton Ostetto  
- 2011



A frota total é composta por vagões próprios das concessionárias e por vagões dos clientes das ferrovias. Na frota própria, houve aumento menor do que na frota dos clientes, indicando um aumento da confiança destes em relação ao transporte ferroviário. O crescimento da frota nacional de 163 % de 1967 a 2019, pode ser explicado pelo avanço dos contratos de locação firmados entre os clientes e as empresas especializadas em *leasing* de vagões ou mesmo pela compra de vagões próprios.

Uma das modalidades de contrato de *leasing* é o *take or pay*, em que os clientes são responsáveis pelo aluguel dos vagões junto as empresas de *leasing*, para posterior sublocação à ferrovia. O cliente paga o *leasing* e recebe da concessionária um desconto referente ao vagão na tarifa de transporte.

A expectativa da Associação Nacional dos Transportadores Ferroviários (ANTF) é de que o mercado brasileiro de equipamentos ferroviários cresça e atraia bancos privados e companhias interessadas em fornecer serviços de financiamento para compra e aluguel de equipamentos.

O aumento da frota de vagões em circulação deveu-se também à reforma de vagões pelas próprias concessionárias, clientes e empresas locadoras. Esse fato ocorreu logo após a privatização da RFFSA e da Fepasa, pois elas dispunham de uma grande frota de vagões inativos, devido

à falta de manutenção.

Entretanto, quando comparado às ferrovias americanas, o número de vagões da frota brasileira ainda é pequeno. Enquanto nos Estados Unidos a relação vagões por 1.000 quilômetros de linha ferroviária é de aproximadamente 6.000, o índice brasileiro, em 2019, chegou a 3.775, o que indica que ainda necessitamos de uma frota muito maior. O número de vagões passou de 43.816, em 1997, para 115.434 em 2019.

A capacidade do vagão ferroviário depende da resistência de cada eixo que compõe o truque e também da resistência da linha por onde ele transita. Por exemplo, se um vagão permite 25 toneladas por eixo, o peso total poderá atingir até 100 toneladas, incluindo a tara do vagão e a mercadoria. Entretanto, se ele está circulando por uma linha que admite a circulação de trens com 20 toneladas por eixo, o peso total estará limitado a 80 toneladas. Se a linha permitir 25 toneladas, o vagão poderá circular com sua capacidade máxima. No caso de linhas modernas, as quais permitem trens de 30 toneladas por eixo, podem circular vagões com eixos para 30 toneladas, que transportam um peso total de 120 toneladas.

Porém, a utilização da capacidade total de um vagão dependerá sempre do tipo de mercadoria transportada e do volume em  $m^3$ , ou seja, para uma mercadoria leve, por exemplo, madeira, se atingirá o volume disponível sem atingir o total de toneladas permitidas. Por outro lado, para uma mercadoria densa e pesada, por exemplo, minério de ferro, a tonelage máxima será atingida sem, no entanto, o volume do vagão estar completo.

Com relação à linha ferroviária, sua capacidade de suportar a carga dependerá dos trilhos e dos dormentes, assim como dos viadutos e pontes que compõem a via.

Os diversos tipos de vagões apresentam características diferentes em relação ao comprimento, à bitola, ao eixo, à estrutura, à tara etc., resultando em diversas capacidades. Alguns exemplos dessas variações estão apresentados na tabela:

# CARACTERÍSTICAS DOS VAGÕES

TIPO	TARA (T)	VOLUME (M <sup>3</sup> )	CAPACIDADE (T)	PESO TOTAL (T)	BITOLA (M)	COMPRI-MENTO (M)
FFE	23,0	100,0	73,0	96,0	1,000	11,0
FFF	30,0	118,5	90,0	120,0	1,000	10,0
FLD	28,0	112,0	52,0	80,0	1,000	10,0
FTE	23,0	53,0	80,0	103,0	1,435	11,0
HFE	23,0	110,0	77,0	100,0	1,000	11,0
HFR	22,0	60,0	60,0	82,0	1,676	10,0
HFT	30,0	84,0	90,0	120,0	1,676	10,0
PDD	20,0		60,0	80,0	1,000	10,0
PDE	35,0		65,0	100,0	1,000	11,0
PDR	22,5		57,5	80,0	1,000	11,0
PET	28,0		100,0	128,0	1,600	10,0
PGD	24,5		65,5	90,0	1,067	11,0
TCD	25,0	68,5	70,0	95,0	1,000	10,0
TCE	27,0	86,2	73,0	100,0	1,600	11,0
TCS	28,5	86,5	71,5	100,0	1,600	11,0
TCT	32,0	100,0	83,0	115,0	1,600	12,0

Fonte: Santa Fé Fábrica de Vagões

As taras dos vagões dependem do tipo de vagão e do material com que são construídos. Por exemplo, os vagões de chapas de alumínio são mais leves que os de aço, fato que permite uma maior tonelagem de carga. Os vagões mais complexos, como o tanque, têm a tara maior que o simples vagão plataforma.

Com relação à bitola, os vagões com bitolas maiores tendem a ser mais volumosos e pesados, pois têm uma melhor estabilidade, entretanto, entretanto isso não é uma regra geral, haja vista que alguns va-

gões de bitola estreita também carregam grandes tonelagens.

Quando comparados aos caminhões, os vagões apresentam uma vantagem significativa, pois os veículos rodoviários têm capacidade de carga limitada, até 50 toneladas de mercadoria, muitas vezes ultrapassando o limite de carga permitido nas rodovias, enquanto a maioria dos vagões corresponde de 2 a 3 caminhões.

Com a expansão do mercado ferroviário, diversas fábricas de vagões que estavam desativadas voltaram à produção, assim como outras novas fábricas foram instaladas, pois a previsão de expansão do transporte ferroviário para os próximos anos é bastante otimista, segundo a Abifer e a ANTF.



ANTIGO VAGÃO "CARBOOSE" POSICIONADO NA CAUDA DO TREM - THE HENRY FORD MUSEUM - DEARBORN - MICHIGAN - USA

*Foto: Sílvio dos Santos - 2013*

# O trem de alta velocidade

A França realizava experimentos com trens de alta velocidade desde 1955, quando, em 28 de março daquele ano, atingiu a velocidade de 331 km/h com a locomotiva elétrica CC 7107.

No fim dos anos de 1960, a SNCF (empresa francesa de ferrovias) idealizou o TGV – trem de grande velocidade. A ideia era construir um engenho confiável, provido de motores aeronáuticos (helicópteros), movidos por uma turbina a gás. Em 1970, nasceu um protótipo denominado “ETG” (Elemento à Turbina a Gás), equipado com turbina a gás e também com um motor auxiliar a diesel. Essas máquinas eram capazes de rodar a 160 km/h no eixo Paris-Caen-Cherbourg, atingindo o recorde mundial para trens não elétricos (310 km/h).

Em 1974, a França também foi atingida pelo choque do petróleo, que a obrigou a rever todos os projetos iniciados na década anterior, quando o petróleo era abundante e barato.

O turbo trem, considerado um engenho gastador de combustível, teve sua evolução truncada, e o seu desenvolvimento foi abandonado assim como o aerotrem de Berlin e o turbo trem americano da Amtrak (empresa americana de trens de passageiros; em inglês, National Railroad Passenger Corporation). Com a alta sem precedentes do preço do petróleo, o valor de barril foi quadruplicado, e essa tecnologia deixou de ser utilizada nos projetos de trens de alta velocidade.

Apesar do aparente fracasso, é do turbo trem que nasce o projeto do trem de grande velocidade, quando os engenheiros puderam utilizar os frutos de suas experiências e pesquisas. Esse novo trem deveria conciliar o sucesso comercial e a velocidade para todos os usuários do dia a dia. Esse conceito é que orienta até hoje as pesquisas ferroviárias, explorando novas técnicas ferroviárias.

Entretanto, o primeiro experimento ferroviário de alta velocidade, movido à eletricidade, aconteceu na Alemanha, em 1903, quando um carro de passageiro composto de uma só unidade, da Siemens & Halske, atingiu 206,7 km/h. Anos depois, em 1933, a Alemanha e a Itália já possuíam serviços ferroviários regulares de passageiros com velocidade de 160 km/h, ambos com propulsão elétrica.

---

1ª GERAÇÃO  
DO TGV -  
SNCF - LINHA  
PARIS-LYON-  
MONTPELLIER  
- ESTAÇÃO DE  
MONTPELLIER -  
FRANÇA

*Foto: Sílvio dos  
Santos - 1983*



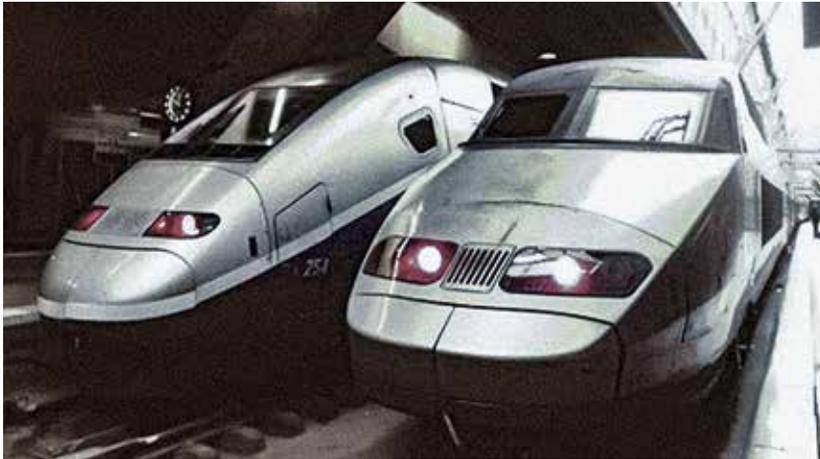


### 2ª GERAÇÃO TGV ATLANTIQUE - LINHA PARIS-NANTES - SNCF

*Foto: Sílvio dos Santos - 1991*

Em março de 1974, o governo francês tomou a decisão de iniciar a construção do TGV. Um ano mais tarde, o traçado foi definido: Paris a Lion, as 2 maiores cidades da França, e o projeto considerado como utilidade pública. As obras foram iniciadas em 1976.

Durante os ensaios, foi definido o trem tipo composto por uma composição de 10 carros (vagões), com um comprimento total de 200 metros. A concepção do trem deveria permitir sua utilização em plena velocidade em rampas de até 2%.



TRENS DE ALTA VELOCIDADE DA FRANÇA - SNCF - GARE DE L'EST - PARIS

Foto: *Sílvio dos Santos* - 2012

Durante os testes em 26 de fevereiro de 1981, o projeto bateu o recorde mundial de velocidade, atingindo 380 km/h em um trem composto por 7 carros. Em 22 de setembro de 1981, os primeiros 275 dos 390 quilômetros da linha foram entregues ao tráfego. O novo TGV Sudeste viaja a uma velocidade comercial de 270 km/h. Após 40 anos de operação, o TGV Sudeste já transportou dezenas de milhões de passageiros em total segurança e se constitui um grande sucesso.

O TGV atende passageiros e trafega em linhas exclusivas depois de sair das áreas urbanas. Nas linhas tradicionais, trafegam os trens regionais e os trens de carga, com a velocidade máxima de 150 km/h.

Após o sucesso do TGV (*train à grande vitesse*, em francês) na linha Sudeste entre Paris e Lyon, numa primeira etapa, e entre Lyon e Marselha, numa fase complementar, o comboio de alta velocidade, como é conhecido em Portugal, se tornou um símbolo nacional na França e um produto de exportação de maior sucesso na Europa.

O TGV é construído pela empresa francesa Alstom, e TGV é uma marca registrada da SNCF (*Société Nationale des Chemins de Fer*), uma

empresa pública de transporte ferroviário francesa.

O TGV viaja em linhas especiais conhecidas como LGV (*ligne à grande vitesse* traduzido como linha de alta velocidade), permitindo velocidades de 320 km/h em operação normal nas linhas mais recentes. O TGV também pode usar linhas convencionais, mas neste caso a velocidades são menores. O TGV tem mais de 200 destinos na França e na Europa.

Durante testes sem passageiros em 1990, o TGV alcançou a velocidade de 515,3 km/h. O Japan Rail Maglev japonês alcançou 580 km/h, sendo, por isso, mais rápido que o TGV francês. No entanto, trata-se de um sistema que não utiliza trilhos convencionais, mas sim sustentação magnética. Em outra viagem de teste de Paris para Bordeaux, o TGV alcançou outra marca recorde de 525 km/h.

SISTEMA	TÉCNICA	VELOCIDADE	DATA	PAÍS
<i>JR -Maglev</i>	levitação magnética	581 km/h	02 dez 03	Japão
<i>Transrapid</i>	levitação magnética	450 km/h	17 jun 93	Alemanha
<i>TGV</i>	trilhos e tração elétrica	574 km/h	03 abr 07	França
<i>Shinkansen</i>	trilhos e tração elétrica	443 km/h	jun 96	Japão
<i>ICE</i>	trilhos e tração elétrica	406 km/h	18 mai 88	Alemanha
<i>Siemens Taurus</i>	trilhos e tração elétrica	357 km/h	02 set 06	Alemanha
<i>TEP 80</i>	trilhos e tração diesel	273 km/h	05 out 93	Rússia

Fonte: SNCF - 2007

Em 3 de abril de 2007, durante um novo teste de velocidade, o TGV atingiu a marca de 574,8 quilômetros por hora em Le Chemin, perto de Champanha-Ardenas, na linha Paris-Estrasburgo, que foi aberta aos passageiros no dia 10 de junho de 2007. Com essa velocidade de ponta, o trem V150 estabeleceu um novo recorde mundial de velocidade sobre trilhos, ultrapassando com folga o objetivo de 540 km/h que havia sido inicialmente previsto (V150 é a sigla de 150 metros por segundo, ou seja, 540 km/h). Quando entrou em atividade, o TGV Paris-Estrasburgo circulou a uma velocidade máxima de 320 km/h, ou seja, vinte quilômetros por hora mais rápido que as linhas TGV em atividade na época. Hoje, a França tem aproximadamente 2.734 km de linhas do TGV, construídas durante os últimos 40 anos, com novas linhas propostas ou em construção.



TREM DE ALTA VELOCIDADE LONDRES A PARIS - EUROSTAR - SAINT PANCRAS STATION - LONDRES

Foto: *Sílvio dos Santos - 2012*

CARROS DE  
PASSAGEIROS  
DO TREM  
DE ALTA  
VELOCIDADE DA  
FRANÇA - TGV  
ATLANTIQUE -  
ESTAÇÃO AURAY  
- SNCF

*Foto: Raphael  
Colello dos Santos  
- 2008*



## **LINHAS EXISTENTES**

- *LGV Sud-Est (Paris-Lyon-Perrache), a primeira LGV, inaugurada em 1981;*
- *LGV Atlantique (Paris a Tours e Le Mans), inaugurada em 1990;*
- *LGV Nord Europe (Paris-Gare du Nord a Lille e Bruxelas e em direção de Londres, Amsterdã e Colônia), inaugurada em 1993;*
- *LGV Méditerranée (Uma extensão do Sud-Est: Lyon a Marselha-Saint-Charles), inaugurada em 2001.*

## **LINHAS CONSTRUÍDAS DEPOIS DE 2010**

- *LGV Est (Paris-Estrasburgo);*
- *LGV Rhin-Rhône (Estrasburgo-Lyon);*
- *Barcelona-Perpignan-Montpellier, operação entre o TGV e a AVE espanhola;*
- *Lyon-Chambéry-Turim, o TGV para a Itália;*
- *LGV Sud-Europe (Tours-Bordeaux), o ramo sul da linha Atlantique;*
- *LGV Ouest (Le Mans-Rennes), o ramo oeste de linha Atlantique;*

- *Bordeaux-Toulouse-Narbonne;*
- *Bordeaux-Dax-País Basco.*

Amsterdã e Colônia são servidas pelo TGV Thalys, circulando em linhas normais, as quais estão sendo transformadas em linhas de alta velocidade. Londres é servida pelo Eurostar, que circula a uma alta velocidade pela linha do Eurotúnel e pela linha inglesa (CTRL) até Londres.

CABINE DE  
PASSAGEIROS  
DO TREM  
DE ALTA  
VELOCIDADE DA  
FRANÇA - TGV  
ATLANTIQUE-  
SNCF

*Foto: Raphael  
Colello dos Santos  
- 2008*



## **A TECNOLOGIA DO TGV FOI ADOTADA POR VÁRIOS OUTROS PAÍSES:**

- *Thalys, ligando a França à Bélgica, Alemanha e Países Baixos;*
- *Eurostar, ligando a Grã-Bretanha à França e Bélgica;*
- *AVE, a linha de alta velocidade da Renfe na Espanha;*
- *Trenitalia, da FS, na Itália;*
- *KTX, a linha de alta velocidade na Coreia do Sul;*
- *Acela Express, trem de alta velocidade construído pela Bombardier, associada a Alstom, para os Estados Unidos da América, usa a tecnologia motriz do TGV, apesar de o resto do trem ser independente.*



RENFE - ESTAÇÃO DE BILBAO - ESPANHA

*Foto: Sílvia dos Santos - 2012*

As linhas de TGV reduziram consideravelmente o tráfego aéreo entre as cidades conectadas. Bruxelas-Paris em 90 minutos incrementou o intercâmbio entre as duas capitais e, do mesmo modo, a linha Paris-Marselha reduziu o tempo de viagem em relação ao avião de maneira significativa.

O bom serviço ferroviário europeu, que, além dos trens de alta velocidade, oferece uma grande variedade de trens regionais com velocidades de 150 km/h, resultou no crescimento de 416 milhões de passageiros/km em 2010 para 493 milhões de passageiros/km em 2019, segundo dados da Eurostat.

---

THALYS -  
ESTAÇÃO DE  
AMSTERDÃ -  
HOLANDA

*Foto: Sílvio dos  
Santos - 2011*



O Inter City Express (trem expresso entre cidades), ou ICE, é um trem de alta velocidade, construído pela Siemens AG e Associados, projetado para circular principalmente na Alemanha e países vizinhos, por exemplo, como em Zurique, na Suíça, ou em Viena, na Áustria. Os trens ICE também vão para Liège e Bruxelas, na Bélgica, e, em velocidades mais baixas, para Amsterdã, na Holanda.

O operador Renfe ferroviário espanhol também emprega trens baseados nos trens ICE-3 (Siemens Velaro). As outras versões foram encomendadas pela China para o Beijing-Tianjin, a linha de alta velocidade (CRH 3), e pela Rússia, nas rotas Moscou-São Petersburgo e Moscou-Nizhny Novgorod (Velaro-RUS). Os trens ICE necessitam de trilhos especiais para altas velocidades, mas também podem correr em linhas normais em velocidades normais.



---

TRENITALIA -  
ESTAÇÃO DE  
VENEZA - ITÁLIA

*Foto: Victor Thives  
dos Santos - 2012*

O primeiro ICE, o Inter City Experimental, mais tarde rebatizado como ICE-V, foi um trem experimental, desenvolvido durante a pesquisa sobre alta velocidade. É o predecessor de todos os trens expressos interurbanos.

A Bundesbahn (ferrovia alemã) opera trens interurbanos em até 200 km/h desde 1973. No ano seguinte, começaram testes com velocidades ainda mais altas. Depois de vários trens de teste, foi decidida, em setembro de 1982, a construção do Inter City Experimental.

O custo de construção de 94 milhões de marcos (equivalente a 50 milhões de euros) foi compartilhado entre o Ministério Federal da Pesquisa, DB e as companhias implicadas. O trem foi oficialmente entregue em julho de 1985, e os 300 km/h foram atingidos em outubro de 1985.

---

ICE INTER CITY  
EXPRESS -  
HAUPTBAHNHOF  
- DB -  
FRANKFURT -  
ALEMANHA

*Foto: Victor Thives  
dos Santos - 2012*



Quando uma parte da linha de alta velocidade Hanover-Würzburg foi concluída em 1988, testes com velocidades mais altas puderam começar. Em primeiro de maio de 1988, os ICE experimental estabeleceram um novo recorde de velocidade de terra de transportes sobre trilhos, com 406.9 km/h. O registro foi retomado por um TGV francês dois anos depois. Depois da entrega do ICE-1, o ICE-V só foi usado para a prova de materiais. O trem foi desativado em 1998, e sua locomotiva e vagões foram colocados em exposições e monumentos em lugares diferentes.



ICE - DB - LINHA FRANKFURT - REGENSBURG - ALEMANHA - SALÃO DE PASSAGEIROS JUNTO A CABINE DE COMANDO

Foto: Victor Thives dos Santos - 2012

Os ICE-1 foram os primeiros trens de alta velocidade colocados em serviço comercial na Alemanha. O trem era composto por múltiplas unidades elétricas, normalmente com duas locomotivas entre 10 ou 14 carros. A geração de potência combinada das duas locomotivas de 12.700 cv era suficiente para acelerar um trem lotado a 280 km/h. Como a velocidade máxima é limitada a 250 km/h dentro de túneis na maior parte de linhas de alta velocidade, a velocidade máxima naquelas linhas foi reduzida a 250 km/h por razões econômicas.

Em meados de 1988, a Bundesbahn encomendou 82 locomotivas, as quais entraram em serviço em meados de 1991. Em julho de 1990, outras 38 locomotivas foram encomendadas para a Suíça. Essas unidades foram equipadas com um segundo pantógrafo mais estreito das linhas suíças, complementando a frota Inter City Express. Os trens ICE-2 são compostos de só uma locomotiva, também chamada *powerhead*, e um conjunto de seis carros.

Contudo, dois trens ICE-2 podem ser ligados para formar um trem

de dimensões semelhantes ao ICE-1. Os trens ICE-2 normalmente viajam na linha leste-oeste principal, que começa em Berlim, com duas unidades ligadas. Em Hamm, o trem é separado. Uma metade do trem atravessa a área de Ruhr ao Aeroporto Bonn-Colônia, enquanto outra metade continua de Wuppertal e Colônia para Bonn. No sentido contrário, ambos os trens são novamente ligados em Hamm.

Alguns trens também servem à linha de Munique-Hanôver com a continuação de ramais para Hamburgo e Bremen, respectivamente. Com exceção da acoplagem automática, as locomotivas ICE-2 são muito semelhantes às ICE-1 e podem ser, de fato, usadas nos trens ICE-1, se necessário. Já os carros são muito diferentes dos ICE-1, apesar do seu exterior semelhante: o peso foi significativamente reduzido, e os compartimentos fechados de passageiros foram retirados em favor de um arranjo com assentos semelhantes aos de um avião. Esse modelo também foi equipado com suspensão de ar para acabar com o problema existente nos ICE-1, referente ao barulho causado pelas rodas. Esse mesmo problema levou à instalação de bordas de borracha nas rodas dos ICE-1, o que ocasionou o desastre de Eschede.

Os trens ICE-1 podem ser diferenciados dos ICE-2 por serem maiores em comprimento, devido ao vagão-restaurant proeminente, em forma côncava.

O ICE-3 é denominado Velaro. O objetivo de seu design era criar um trem mais potente e leve que seus antecessores. Isso foi realizado distribuindo seus 16 motores de tração sob todo o trem. Sua velocidade autorizada é de 330 km/h e atingiu 368 km/h em viagens de teste. No Inter City Express, está limitada a 300 km/h, porque é a velocidade máxima suportada pelas linhas de alta velocidade alemãs. Como o trem não tem locomotivas, toda a composição está disponível para os passageiros, inclusive o primeiro carro. As chamadas poltronas-leito estão localizadas diretamente atrás do condutor, separadas apenas por uma parede de vidro, e permitem ao viajante uma visão diferente da normal.

A versão ICE-3M foi desenvolvida para prestar serviços fora da

Alemanha sob diferentes sistemas de eletrificação. Desde 2006, o trem está autorizado para operação na Suíça, nos Países Baixos e na Bélgica. Na Bélgica, o trem é limitado a 250 km/h em vez de 300 km/h, devido a problemas com do lastro da via (cascalho solto) e ao freio de corrente magnética de baixa fricção.

Os procedimentos de licenciamento para a França foram negociados há vários anos com a proposta de um serviço conjunto com o TGV entre Paris e Strasburgo, iniciado em 2007. Na França, o ICE-3M atinge velocidades de até 320 km/h.

Os trens japoneses Shinkansen foram os precursores da alta velocidade em ferrovias. O Japão, como pioneiro no desenvolvimento da tecnologia de alta velocidade, tem uma rede com 2.764 km em serviço. A construção da primeira linha iniciou em 1959, e em 1964, para os Jogos Olímpicos, a Tokaido foi aberta ao público, com uma velocidade de cruzeiro de 210 km/h.

O Japão é um país com densidade populacional extremamente alta, caracterizado por ter mais de 70% da superfície montanhosa. Devido à falta de espaço nas cidades, os proprietários de carros têm de provar que possuem um espaço de estacionamento antes de poder comprar um carro. Essas duas condições tornaram a construção das ferrovias prioritária para o país. Na década de 1970, o Ministério dos Transportes aprovou um plano de construção para cinco linhas adicionais e planos básicos para outras 12 linhas.

Para os Jogos Olímpicos de Inverno de 1998, foi inaugurada a linha de Tóquio a Nagano, denominada Hokuriku Shinkansen. Novos desenvolvimentos incluem um redesenho aerodinâmico, motores mais potentes, materiais mais leves, freios aéreos, precauções contra tufões e terremotos, além de melhoramentos dos trilhos. Como resultado dessas melhorias, o tempo de viagem entre Tóquio e Osaka, a primeira linha a entrar em operação em 1964, diminuiu de 4 horas para 2 horas e meia, com previsão de que seja menor que 2 horas em um futuro próximo.

A nova geração de trens foi projetada para a velocidade máxima de

405 km/h, com uma velocidade de cruzeiro de 360 km/h. A produção desse modelo entrou em serviço em 2011. As tecnologias de frenagem regenerativa e eletricidade híbrida foram estudadas e incorporadas na tecnologia a bordo.

A ferrovia japonesa, por meio da Central Japan Railway Company, tem desenvolvido também novos sistemas ferroviários de alta velocidade baseados na levitação magnética. Apesar dos trens e das linhas estarem tecnologicamente prontos, os altos custos permanecem como barreiras. Esses trens na linha de testes alcançaram a velocidade de 581 km/h, tornando-os os trens mais rápidos do mundo.

O primeiro trem de levitação magnética, com tecnologia alemã, Maglev, de alta velocidade da China, saiu da linha de produção em 20 de julho de 2021, segundo a China Railway Rolling Stock Corporation CRRC, em Qingdao. Apresentado em 2016, teve o protótipo lançado em 2019, com teste bem-sucedido em junho de 2020. Como não foram construídas linhas para o Maglev, ainda não haverá uso comercial. Xangai tem um Maglev com 7 km para o aeroporto de Pudong.

O Acela Express, trem de alta velocidade do Corredor Nordeste, linha Washington a Boston, é a única linha existente nos Estados Unidos da América em operação – além de outras em construção no Estado do Texas – com tecnologia japonesa, que deverá iniciar as operações entre 2025 e 2026, e na Califórnia, prevista para operar até 2029. O Acela Express tem uma frota de 19 unidades que percorrem os 1.175 quilômetros dessa linha, com velocidade de 240 km/h, movido à eletricidade. Essa linha é de propriedade da Amtrak, e somente trens de passageiros podem circular.

A Amtrak escolheu o modelo Avelia Liberty da Alstom para os trens que substituirão a frota antiga do Acela. Os novos trens viajarão até 256 km/h, o que é mais rápido do que os trens Acela atuais, mas dentro dos limites de velocidade do corredor. Os novos trens poderão viajar a 300 km/h quando as futuras melhorias da via forem concluídas, segundo a Amtrak.

A Amtrak foi constituída por lei federal em 1970 e iniciou sua ope-

ração comercial em maio de 1971. Antes da Amtrak, o serviço ferroviário de passageiros interurbano era prestado pelas próprias ferrovias. Entretanto, com a nova lei, essas ferrovias se dedicaram exclusivamente ao transporte de carga.

Em função das excelentes redes de transporte aéreo e rodoviário –, este, com uma extensa malha de vias expressas interestaduais utilizada por linhas de ônibus de luxo –, o transporte de passageiros por ferrovia se tornou deficitário. Os prejuízos chegavam a centenas de milhões de dólares anuais e prejudicavam o desempenho do transporte de cargas.

Aproximadamente US\$ 200 milhões de dólares, entre 1970 e 1971, foram injetados na Amtrak para iniciar a operação comercial. A entidade também recebeu doação de equipamentos, locomotivas e carros de passageiros das empresas de transporte de carga.

As 22.000 milhas, aproximadamente 35.400 quilômetros, de linhas operadas pela Amtrak pertencem às empresas ferroviárias de cargas, sendo que apenas 1.200 quilômetros – entre Washington e Boston – são de propriedade da Amtrak, onde circulam os trens expressos para passageiros. Pela lei, a Amtrak paga as proprietárias dessas linhas pelos custos incrementais que a circulação de seus trens acarreta. Por utilizar as mesmas vias das linhas ferroviárias de cargas, a velocidade dos trens da Amtrak nessas linhas é da ordem de 80 a 100 km/h.

---

TREM DE  
AMTRAK – LINHA  
NOVA YORK-  
MONTREAL  
– ESTAÇÃO DE  
ALBANY – NOVA  
IORQUE – USA

*Foto: Sílvio dos  
Santos - 1993*



Em 1971, a Amtrak operava 184 trens para 314 destinações por dia. Hoje, a Amtrak atende a mais de 500 estações, em 46 estados, em mais de 21.407 milhas de rotas. Transportou 6.420 milhões de passageiros x milhas em 2019, a mesma quantidade de 2010, em trens diários de média e de longa distância, excluídos desses números os trens de subúrbios das grandes regiões metropolitanas. Esse último serviço, denominado Commuter Service, tem a característica de viagens habituais e pendulares, isto é, viagens de ida e volta no mesmo dia, para atender principalmente aos motivos de viagem de trabalho e escola em diversas regiões metropolitanas, que têm as seguintes denominações:

- *Caltrain – Califórnia*
- *Coasters – Califórnia*
- *Maryland Área Regional Commuter*
- *Metrolink – Califórnia*
- *Shoreline East – Connecticut*
- *Virginia Railway Express*

A frota da Amtrak é composta por 425 locomotivas, sendo 351 movidas a diesel (diesel-elétricas) e 74 elétricas, as quais tracionam 2.141 carros (vagões de passageiros), incluindo 168 dormitórios, 760 *coachs*, 126 de primeira classe, 66 dormitórios para a tripulação, 25 bares e 92 restaurantes.

A frota ainda é composta por 1.400 vagões plataforma para o transporte de carros de passeio nos Auto Trens. O trem entre Lorton, na Virgínia, e Sanford, na Flórida, composto por 2 locomotivas e 40 vagões para automóveis, é o de maior comprimento em circulação.

A Amtrak opera diariamente 265 trens de passageiros de longa distância, e a linha Sunset Limited, com 2.768 milhas (4.456 km) entre Orlando e Los Angeles, é a mais longa.

Finalizando o tema de trens de passageiros, a quebra de paradigma ocorrida foi a operação privada em linha ferroviária do Estado, ou seja,

trens privados de passageiros circulando em ferrovia pública.

Após o rumor de diversos meses, a Air France e a Veolia anunciaram que iriam criar uma entidade especializada em Trens de Alta Velocidade, iniciando com os primeiros trens experimentais, para ter a operação comercial em 2010.

A forte concorrência dos Trens de Alta Velocidade com as companhias de transporte aéreo, em distâncias de até 1.000 km, agitou o mercado aéreo europeu. A Air France, em parceria com o Thalys, criaram o Trem de Alta Velocidade entre Paris e Bruxelas, para o transporte de passageiros em conexão em Paris com destino a Bruxelas. A Air France, e também a KLM, na época insatisfeitas com esse serviço, notadamente pela péssima integração entre os horários dos trens e aviões, firmaram parceria com a Veolia para constituir o primeiro operador privado de transporte público de passageiros em linhas de grande velocidade.

Como resultado, a Air France e a Veolia, em 2010, lançaram um Trem de Grande Velocidade entre Amsterdam e Londres. Essa importante parceria disputou a batalha ferroviária de janeiro de 2010, data em que a SNCF, companhia nacional ferroviária da França, ofereceu suas linhas internacionais de transporte de passageiros em licitação pública à iniciativa privada, seguindo o plano da política de liberalização da União Europeia.

A Veolia, além de trens de carga que circulam na Europa, opera diversas linhas de ônibus, bondes, metrô, trens e navios na Europa, América do Norte e Austrália, e deverá investir pesadamente nessa nova empreitada, pois no domínio de trens de alta velocidade não existe a alternativa de locação ou compra de ocasião do material rodante.

Apesar de ter ficado fora das primeiras fases de implantação de trens de alta velocidade, a China, a partir de 2008, tomou a dianteira na construção e operação, com a inauguração da linha Beijing a Tianjin. Por outro lado, foi pioneira em trens de levitação magnética com a operação do Shanghai Maglev, em 2004. Em 2020, a China atingiu a extensão de 24.946 km de linhas de trens de alta velocidade.

Essa opção por transporte ferroviário de passageiros em um país

continental como a China teve dois objetivos: o primeiro, proporcionar à sua grande população um transporte rápido que fosse mais barato que o aéreo, pois, ao contrário da Europa, na China as tarifas dos trens são menores que dos aviões; o segundo foi ter um transporte mais pontual, uma vez que os constantes atrasados dos voos, somados aos tempos de deslocamento para os aeroportos, tornavam as viagens aéreas tão demoradas quanto as ferroviárias.

Seguindo a China, outros países também implantaram trens de alta velocidade com as diversas tecnologias disponíveis, totalizando, em 2020, a extensão de 48.691 km, dos quais 51 % são território chinês.

Países que ainda não têm trens de alta velocidade mantêm suas linhas de trens de passageiros, como a Irlanda, com composições movidas a diesel. No Brasil, apenas a Vale mantém serviço de passageiros, de Vitória até Belo Horizonte, com apenas um horário diário por sentido, e de Carajás até São Luiz, em dias alternados.

# TRENS DE ALTA VELOCIDADE

PAÍS	EXTENSÃO KM	VELOCIDADE MÁXIMA OPERAÇÃO
Alemanha	1.571	300
Arábia Saudita	453	300
Áustria	352	250
Bélgica	354	300
China	24.946	300
Coreia do Sul	1.104	305
Dinamarca	65	250
Espanha	3.410	310
Estados Unidos	362	260
Finlândia	1.079	220
França	2.734	300
Grécia	700	200
Holanda	175	300
Hong Kong	26	200
Itália	1.476	300
Japão	2.764	320
Marrocos	186	320
Noruega	103	210
Polônia	272	200
Portugal	624	220
Reino Unido	1.527	300
Rússia	845	250
Suécia	1.706	205
Suíça	147	250
Taiwan	348	315
Turquia	621	300
Uzbesquistão	741	250
<b>Total</b>	<b>48.691</b>	

Fonte: Sílvio dos Santos - 2020



TREM DE PASSAGEIROS DA VALE - LINHA SÃO LUÍS A CARAJÁS - ANTF

*Foto: Ricardo Teles*

A Argentina construiu apenas um trem turístico ligando Buenos Aires à região turística do Delta del Tigre, denominado Tren de la Costa.



TREN DE LA COSTA - BUENOS AIRES - ARGENTINA

*Foto: Sílvio dos Santos - 1995*

---

TREM DE  
PASSAGEIROS  
COM TRAÇÃO  
DIESEL DA  
IRLANDA -  
LINHA DUBLIN  
- WESTPORT

*Foto: Raphael  
Colello dos Santos  
- 2008*



---

CABINE DE  
COMANDO  
DO TREM DE  
PASSAGEIROS  
COM TRAÇÃO  
DIESEL DA  
IRLANDA -  
LINHA DUBLIN  
- CORK

*Foto: Raphael  
Colello dos Santos  
- 2008*

---

TREM DE  
PASSAGEIROS  
NA ESTAÇÃO DE  
CORK - IRLANDA

*Foto: Raphael  
Colello dos Santos  
- 2008*



# A bitola do trem

A ferrovia tem características próprias que permitem o deslocamento do trem por meio do contato metal-metal, isto é, rodas e trilhos, o qual é conduzido por meio de eixos guiados pelo par de trilhos. As rodas, com os frisos de bordas cônicas, se ajustam aos boletos dos trilhos, deslocando-se no eixo dos trilhos, no sentido do movimento do trem, como também no eixo perpendicular aos trilhos nos trechos em curva.

RODA, FRISO  
E SAPATA  
DE FREIO -  
FERROVIA  
TEREZA  
CRISTINA

Foto: Milton Ostetto  
- 2011

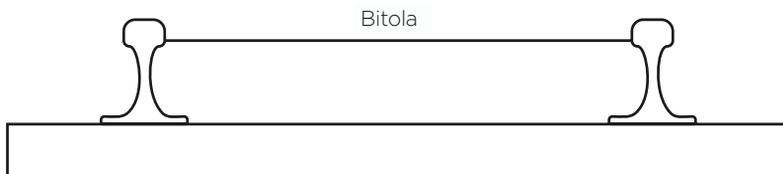


A bitola de uma ferrovia é a medida entre as faces internas dos boletos dos trilhos. A bitola padrão, normal ou *stander* é a de 1,435 m, apesar de que em numerosos países elas são diferentes do número destacado. Foi George Stephenson, inventor e fabricante de locomotivas e construtor da primeira estrada de ferro na Inglaterra, em 1825, que escolheu essa medida para a maior parte das pioneiras ferrovias que ele mesmo construiu. Desde o início, essa bitola foi largamente contestada.

A bitola de 1,435 m, 4 pés e 8,5 polegadas em medida inglesas já era utilizada na maioria das minas de carvão da Grã-Bretanha. Ela teve sua origem, provavelmente, na largura das carroças puxadas por uma parrelha de cavalos, as quais eram utilizadas nessas minas.

Contato metal-metal  
Eixos guiados  
Bitola

$B_1 = 0,760\text{m}$ . bitola pequena  
 $B_2 = 1,000\text{m}$ . bitola métrica  
 $B_3 = 1,435\text{m}$ . bitola padrão  
 $B_4 = 1,600\text{m}$ . bitola larga



CARACTERÍSTICAS DA FERROVIA

Fonte: [www.poli.usp.br/d/ptr2501](http://www.poli.usp.br/d/ptr2501) | Desenho: Víctor Thives dos Santos

Estudos realizados em 1835 previam que a bitola de 1,435 m permitiria uma velocidade baixa, entre 35 e 40 km/h, e propunham uma nova bitola, de 2,134 m. Essa nova locomotiva seria mais estável, teria uma maior superfície aquecida e, portanto, mais potência e maiores velocidades. Entretanto, em 1841, Stephenson conservou a bitola de 1,435 m e aumentou a potência da locomotiva com o alongamento da caldeira, definindo a forma tradicional das locomotivas a vapor.

Em 1845, na Inglaterra, uma comissão real foi encarregada de definir a largura das linhas ferroviárias. Os ensaios realizados em diferentes bitolas estabeleceram a superioridade das bitolas maiores. Contudo, a necessidade de padronização tem por objetivo evitar os numerosos e custosos transbordos de passageiros e de cargas. A bitola de 1,435 m já era a mais utilizada e, por isso, a comissão real proíbe a construção de outro tipo de bitola, com exceção da Irlanda, onde a norma era construir com a bitola de 1,600 m. Portanto, a bitola padrão não era a ideal, uma vez que as bitolas maiores permitiam uma melhor estabilidade, além de potências maiores, mas foi escolhida por questões econômicas, pois reconstruir as estradas de ferro existentes teria um custo muito alto.

Quanto às vias estreitas, com bitola de 1,000 m, elas permitiam uma economia notória: as plataformas menos largas e os raios de curvatura menores permitiam uma melhor adaptação à topografia do terreno. Essa característica contribuiu para a construção de diversas estradas com bitolas menores do que um metro, entre 0,60 a 0,70 m, principalmente nas regiões montanhosas. A linha com bitola de 0,60 m foi utilizada pelo engenheiro francês Paul Decauville, dando o seu nome a esse tipo de via, a qual foi utilizada no mundo inteiro na agricultura, na indústria e até mesmo no uso militar. No Brasil, a Decauville foi muito utilizada na plantação de bananas ao longo do litoral, percorrendo os bananais, como em Piaçaguera e Cubatão, na Baixada Santista, no início do século XX.

Em 1844, foi estabelecida na Espanha e em Portugal a norma de 6 pés castelhanos, que corresponde a 1,668 m. Nos Estados Unidos, havia muitas bitolas diferentes: a maior, de 2,438 m, na Estrada de Ferro de Oregon, mas em 1887 todas as grandes redes ferroviárias adotaram a bitola normal, de 1,435 m.



ESTAÇÃO DE SÃO JOÃO DEL REI - MG - LINHA SÃO JOÃO DEL REI - TIRADENTES - BITOLA 0,760 M - RFFSA

*Foto: Sílvio dos Santos - 1984*

Segundo Douglas J. Puffert, as ferrovias pioneiras na América do Norte, no período de 1830 a 1832, foram construídas simultaneamente em quatro bitolas diferentes: 1.435 mm, 1.448 mm, 1.473 mm e 1.524 mm. Na década de 1838 a 1848, uma segunda onda de inovação introduziu bitolas mais amplas: 1.626 mm, 1.676 mm e 1.829 mm. Em 1871, uma terceira onda de experimentação trouxe ainda mais diversidade na forma de bitolas estreitas, principalmente 1.067 mm no Canadá e 914 mm nos Estados Unidos.

Durante os cinquenta anos após 1830, seis bitolas diferentes tiveram uso difundido nas ferrovias da América do Norte (EUA e Canadá), e várias outras foram usadas ocasionalmente. No auge da diversidade em 1860, as bitolas locais predominavam em nove regiões diferentes, ocasionando a “quebras de bitola” nas rotas inter-regionais. No final do século XIX, quase toda essa diversidade estava resolvida, e a medida de 4 pés – 8,5 polegadas, 1.435 mm, tornou-se a bitola padrão de uma rede ferroviária continental integrada.

A bitola escolhida, de 1.435 mm, sempre teve uma certa predominância: de 1830 a 1850, tinha uma participação de 68 a 86 %; de 1850 a 1865, de 44 a 55 %; de 1865 a 1885, de 67 a 78 %; e de 1885 a 1890, chegou a 97 %, já no processo final de padronização.

A explicação mais completa que foi dada para esse processo foi a de George R. Taylor e Irene Neu. Eles observaram que a maioria das primeiras ferrovias da América do Norte foi construída para atender às necessidades estritamente locais de transporte e também para atender a diferentes regiões, com o objetivo de capturar as cargas de suas áreas próximas. Como consequência, os primeiros construtores de ferrovias não viam muita razão para adotar uma bitola comum.

Os ingleses que utilizavam em sua rede interna a bitola de 1,435 m se defrontaram com numerosas dificuldades quando da construção das estradas de ferro de suas colônias. As primeiras linhas ferroviárias da África do Sul utilizavam a bitola *stander*, 1,435 m. Próximo das zonas montanhosas, os ingleses adotaram uma bitola menor a de 1,067 m, a qual se tornou norma em toda a África Britânica. Na Argentina, os ingleses construíram as estradas de ferro com diversas bitolas. Na Índia, o governador geral Lorde Balhousie impôs uma só bitola, de 1,676 m. Mas após sua partida no final do século XIX, foram construídas outras ferrovias com outras bitolas mais estreitas e, por isso, menos onerosas. Essa rede de linhas econômicas foi criada com uma função secundária; mais rapidamente, as linhas principais também adotaram a bitola estreita. Assim, em 1947, havia uma maior quantidade de linhas métricas, 1,000 m, que linhas de bitola larga, 1,676 m, e outras numerosas linhas com bitolas de 0,610 m a 0,762 m.



LINHA FERROVIÁRIA COM BITOLA DE 1,000 M - FERROVIA TEREZA CRISTINA  
*Foto: Milton Ostetto - 2011*



LINHA FERROVIÁRIA SINGELA COM BITOLA DE 1,000 M - RFFSA - SR-5 -  
TRECHO Videira - CAÇADOR - FERROVIA DO CONTESTADO  
*Foto: Sílvio dos Santos - 1995*

A bitola métrica 1,000 m foi escolhida por numerosas estradas de ferro de interesse local. Ela foi adotada na França, a partir da promulgação de uma lei datada de 12 de julho de 1865, para a rede ferroviária de característica secundária, de pequena extensão e fraco tráfego, que impunha um programa de investimento mais econômico. De fato, a bitola métrica permitia um raio de curvatura de 100 m em plena via de circulação e raios menores nas estações e pátios, sem a necessidade de instalações complexas, devido a uma menor circulação de trens, justificando o baixo investimento. Entretanto, era obrigatório ter material rodante apropriado, menor, mais curto e menos potente.

Outros países adotaram também a bitola métrica: Portugal a implantou no interior da região do Porto. Na Alemanha, as linhas de bitola pequena, 0,750 m e 1,000 m, totalizavam, no início do século XX, 2.200 km, num total de rede ferroviária de 60.000 km. Na Bélgica, na *Société Nationale des Chemins de Fer* a empresa ferroviária nacional, as linhas de bitola métrica foram construídas paralelamente às de bitola normal, 1,435 m, resultando em uma rede densa, muitas vezes lado a lado das rodovias. Na Suíça, numerosas ferrovias de bitola métrica foram construídas sendo financiadas pelas próprias vilas e cantões, como a Estrada de Ferro de Rhetiques.

Atualmente, a rede ferroviária europeia é composta basicamente pela bitola normal, 1,435 m, com exceção de Portugal e Espanha, com 1,668 m; da Irlanda, com 1,600 m; e da Rússia e das ex-repúblicas soviéticas, com bitolas que variam de 1,519 m a 1,524 m. Ainda é possível encontrar a bitola métrica em algumas ferrovias da Grécia, além da própria Suíça.

A bitola larga do Brasil, 1,600 m, que cobria originalmente os estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais, teve origem na compra de material rodante da Irlanda. Atualmente, a Estrada de Ferro Carajás (Maranhão e Pará), a Ferrovia Norte Sul (Maranhão, Tocantins, Goiás, Minas Gerais e São Paulo) e a Ferronorte (Mato Grosso do Sul e Mato Grosso) também utilizam a bitola de 1,600 m. Em diversos trechos da bitola larga é utilizado o 3º trilho, que permite a circulação de trens de bitola métrica. A bitola normal de, 1,435 m, é utilizada somente pela Estrada de Ferro de Amapá. As demais ferrovias são de bitola métrica.



LINHA DUPLA COM BITOLA DE 1,600 M - DUBLIN - CORK - IRLANDA

*Foto: Raphael Colello dos Santos - 2008*



LINHA DUPLA COM BITOLA MISTA DE 1,600 E 1,000 M - RUMO - TRECHO  
CAMPINAS A SANTOS - SP

*Foto: ANTF*

---

LINHA SINGELA  
COM BITOLA  
LARGA DE  
1,600M -  
DORMENTE  
CONCRETO  
MONOBLOCO

Foto: ANTF



Mesmo com a bitola métrica representando 80% de toda a malha ferroviária brasileira, as dificuldades originadas pelas diferenças de bitolas, somadas às regras de tráfego mútuo e direito de passagem, acréscimos tarifários, intercâmbio de material rodante, restrições de abastecimento, manutenção e troca de equipagem, influenciam negativamente o fluxo entre as concessionárias. Newton de Castro, em seu trabalho “Estrutura, desempenho e perspectiva do transporte ferroviário de carga”, de 2002, mostrava que apenas 3,5% do tráfego ferroviário representava o intercâmbio entre as concessionárias:

*De todas as malhas, somente a Ferrobán apresenta um intercâmbio mais significativo, em função da própria configuração de sua malha, como continuação das concessões limítrofes. Em seguida, destacam-se a Novoeste e a Ferrovia Centro Atlântica (FCA), muito embora com percentuais de intercâmbio já bem limitados, ante os mais de 70% de países como os EUA. Observa-se também o alto grau de fechamento das ferrovias controladas pelos próprios usuários, no caso EFVM e a MRS, muito embora sejam estas as linhas de conexão dos Estados que constituem o “coração” econômico do País.*

Em 2007, essa situação persiste, apesar das novas aquisições da ALL (Ferrobán, Novoeste e Ferronorte), pois as dificuldades de circulação norte-sul em bitola estreita são grandes. Todo o fluxo do sul para o leste de São Paulo, Zona da Mata de Minas Gerais e Rio de Janeiro, um grande centro consumidor da Região Sudeste, tem que ser transbordado no Terminal de Boa Vista, em Sumaré, da Rumo. No sentido contrário, o mesmo procedimento ocorre, propiciando a atuação forte dos caminhões em cargas tipicamente ferroviárias, como os produtos siderúrgicos.

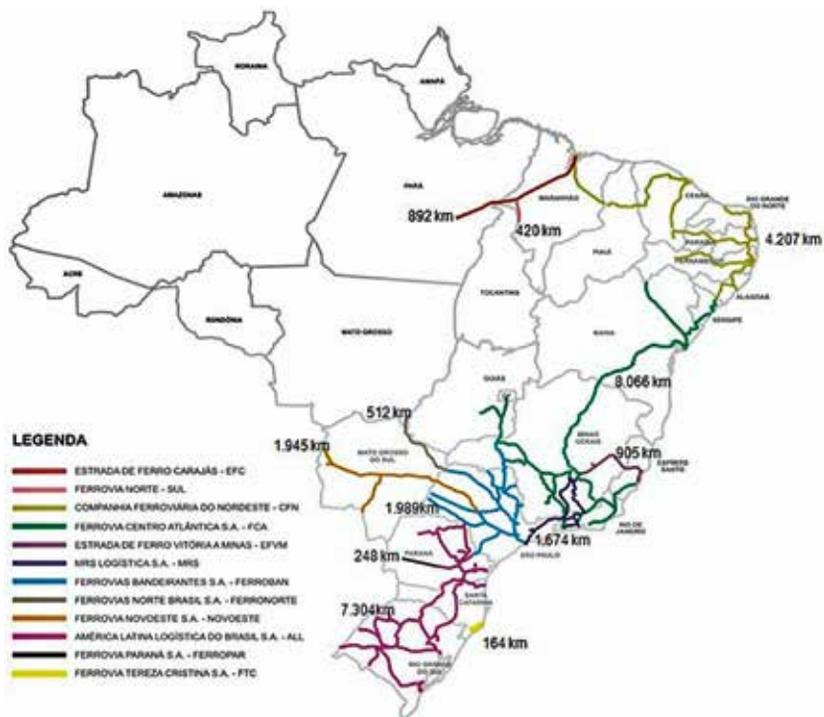
A mesma dificuldade ocorre com os trens da FCA, que ligam o polo industrial da Bahia a Campinas (Paulínia), os quais têm que circular pela antiga Mogiana, via Triângulo Mineiro, trajeto que torna o percurso ferroviário muito longo em relação à rodovia. Ou seja, apesar dos terminais de transbordo e da existência do terceiro trilho em diversos trechos da malha, a rica região atendida pela bitola larga é pouco acessível para os trens de bitola estreita.

As tabelas e o mapa a seguir mostram as concessionárias ferroviárias que sofreram algumas modificações posteriores. A Ferrobán, a Novoeste e a Ferronorte foram adquiridas pela ALL, em 2014, adquirida pela Rumo, e passaram a ser denominadas Malha Paulista, Malha Oeste e Malha Norte, respectivamente. Uma parte da Ferrobán e as linhas da antiga Sorocabana junto com a malha original da ALL, antigas SR-5 e SR-6 da RFFSA, constituíram a Malha Sul da ALL. A concessão da Ferropar retornou para a Ferroeste e a Cia. Ferroviária do Nordeste teve o nome mudado para Transnordestina Logística.

# MALHA FERROVIÁRIA BRASILEIRA – 2009

FERROVIA DE ORIGEM		OPERADORAS	BITOLAS (M)				TOTAL
Empresa	Malha		1,000	1,435	1,600	Mista	
			Métrica	Padrão	Larga		
RFFSA	Nordeste	Transnordestina Logística	4.189			18	4.207
	Centro-leste	Ferrovia Centro-Atlântica (FCA)	7.910			156	8.066
	Sudeste	MRS Logística			1.632	42	1.674
	Oeste	América Latina Logística (ALL) Malha Oeste	1.945				1.945
	Sul (parte da FEPASA)	América Latina Logística (ALL) Malha Sul	7.293			11	7.304
	Tereza Cristina	Ferrovia Tereza Cristina (FTC)	164				164
Estrada de Ferro Oeste do Paraná		FERROESTE	248				248
FEPASA		América Latina Logística (ALL) Malha Paulista	243		1.463	283	1.989
Estrada de Ferro Vitória-Minas		Companhia Vale do Rio Doce (CVRD)	905				905
Estrada de Ferro Carajás		Companhia Vale do Rio Doce (CVRD)			892		892
FERRONORTE		América Latina Logística (ALL) Malha Norte			512		512
Ferrovia Norte-Sul (VALEC)		Companhia Vale do Rio Doce (CVRD)			420		420
Estrada de Ferro do Amapá		Empresa Indústria e Comércio (ICOMI)		194			194
Estrada de Ferro Trombetas		Empresa de Mineração Rio do Norte	35				35
Estrada de Ferro Jari		Empresa Jan Celulose			68		68
Estrada de Ferro Campos do Jordão		Secretaria de Esporte e Turismo - SP	47				47
<b>Totais em quilômetros</b>			<b>22.979</b>	<b>194</b>	<b>4.987</b>	<b>510</b>	<b>28.670</b>

Fonte: MT - DNIT - 2009



MAPA FERROVIÁRIO DO BRASIL - 2009

Fonte: MT - DNIT 2009

# FERROVIAS BRASILEIRAS - 2021 - BITOLAS (M)

FERROVIA DE ORIGEM	CONCESSIONÁRIAS OU OPERADORAS	1,000	1,435	1,600	Mista	TOTAL
		Métrica	Padrão	Larga		
RFFSA - Nordeste	Transnordestina Logística	4.295,1			18,0	4.313,1
RFFSA - Centro-leste	Ferrovia Centro-Atlântica VLI	7.856,8			156,0	8.012,8
RFFSA - Sudeste	MRS Logística			1.821,3	42,0	1.863,3
RFFSA - Oeste	Rumo Malha Oeste	1.973,1				1.973,1
RFFSA - Sul (parte da FEPASA)	Rumo Malha Sul	7.293,0			11,0	7.304,0
RFFSA - Tereza Cristina	Ferrovia Tereza Cristina	164,0				164,0
Estrada de Ferro Oeste do Paraná	FERROESTE	248,1				248,1
FEPASA	Rumo Malha Paulista	373,2		1.463,0	283,0	2.119,2
Estrada de Ferro Vitória-Minas	Estrada de Ferro Vitória Minas / Vale	894,2				894,2
Estrada de Ferro Carajás	Estrada de Ferro Carajás / Vale			996,7		996,7
FERRONORTE	Rumo Malha Norte			735,3		735,3
Ferrovia Norte-Sul - Tramo Norte	Ferrovia Norte Sul - Tramo Norte / VLI			744,5		744,5
Ferrovia Norte-Sul - Tramo Sul	Ferrovia Norte Sul - Tramo Sul / Rumo Malha Central			1.537,0		1.537,0
Estrada de Ferro do Amapá	Empresa Indústria e Comércio (ICOMI)		203,0			203,0
Estrada de Ferro Trombetas	Empresa de Mineração Rio do Norte	35,0				35,0
Estrada de Ferro Jari	Empresa Jan Celulose			68,0		68,0
Estrada de Ferro Campos do Jordão	Secretaria de Esporte e Turismo - SP	47,0				47,0
<b>Total em KM</b>		<b>23.179,5</b>	<b>203,0</b>	<b>7.365,8</b>	<b>510,0</b>	<b>31.258,3</b>

Fonte: ANTT / Pesquisa própria

É interessante também ressaltar que, para longas distâncias, a participação do modal ferroviário no Brasil diminui bastante, com a ferrovia perdendo mercado para os outros modais de transporte, de acordo com a revista Harvard Business School, edição de janeiro de 2004, que relata a privatização da ferrovia brasileira e, em especial, o desempenho da América Latina Logística – ALL.

Em resumo, devido às diferenças de bitolas e à divisão da malha por concessionárias regionais, a participação da ferrovia no mercado de transporte de carga é maior nas curtas distâncias, em que as vantagens comparativas de custo e de serviço desse modal são mais limitadas. Ou seja, como disse Newton de Castro:

*Os fluxos ferroviários são ainda fortemente limitados pelas fronteiras geográficas das concessões.*

Nos outros continentes, além da Europa, numerosas bitolas são utilizadas, como apresentado a seguir, com a indicação das medidas das principais bitolas utilizadas em cada país.

## **ÁFRICA**

- *Linhas de 1,435 m: Argélia, Egito, Libéria, Marrocos, Mauritânia e Tunísia.*
- *Linhas de 1,000 m: Argélia, Burquina, Camarões, Congo, Costa do Marfim, Etiópia, Guiné, Madagascar, Mali, Senegal, Togo e Tunísia.*
- *Linhas de 1,067 m: Angola, África do Sul, Gana, Quênia, Libéria, Malawi, Moçambique, Namíbia, Nigéria, Uganda, Sudão, Swaziland, Tanzânia, Zaire, Zâmbia e Zimbábue.*
- *Linhas de 0,762 m: Serra Leoa.*
- *Linhas de 0,950 m: Etiópia.*

## ÁSIA

- *Linhas de 1,435 m: Arábia Saudita, China, Coreia do Sul, Coreia do Norte, Iraque, Irã, Israel, Japão, Líbano, Síria e Turquia.*
- *Linhas de 1,000 m: Bangladesh, Myanmar (Birmânia), Camboja, Índia, Iraque, Malásia, Paquistão, Tailândia e Vietnã.*
- *Linhas de 1,676 m: Bangladesh, Sri Lanka, Índia e Paquistão.*
- *Linhas de 1,067 m: Taiwan, Indonésia, Japão e Filipinas.*
- *Linhas de 0,762 m: Nepal.*
- *Linhas de 0,76 m e 0,61 m: Índia.*
- *Linhas de 1,05 m: Síria.*

## OCEANIA

- *Linhas de 1,435 m: Austrália.*
- *Linhas de 1,067 m: Austrália, Nova Zelândia, Tasmânia.*
- *Linhas de 1,600 m: Austrália.*
- *Linhas de 0,610 m: Ilhas Fidji.*

## AMÉRICAS

- *Linhas de 1,435 m: Estados Unidos da América, Canadá, Cuba, Jamaica, México, República Dominicana, Argentina, Chile, Guiana, Paraguai, Peru, Uruguai e Venezuela.*
- *Linhas de 1,067 m: Costa Rica, Haiti, Honduras, Nicarágua e Equador.*
- *Linhas de 1,676 m: Chile e Argentina.*
- *Linhas de 1,600 m: Brasil.*
- *Linhas de 1,000 m: Argentina, Bolívia, Brasil e Chile.*
- *Linhas de 0,914 m: Guatemala, Panamá, El Salvador e Colômbia.*
- *Linhas de 0,750 m: Argentina.*

A lista de bitolas, apresentada acima, pode ter sido modificada em função de obras, assim como alterações em trechos de linhas ou ramais desativados, como a ferrovia paraguaia.

Nas fronteiras, as diferentes bitolas obrigam as companhias ferroviárias a fazerem custosos e demorados transbordos de mercadorias e passageiros. Na fronteira russo-polonesa, existe a troca de truques graças às instalações de elevação dos vagões e carros de passageiros. Esse sistema também era utilizado em Uruguaiana, no intercâmbio de vagões entre o Brasil e a Argentina, cuja foto a seguir mostra, no detalhe, a linha com as duas bitolas, 1,000 m (brasileira) e 1,435 m (argentina), e o pátio com vagões da ex-RFFSA e da ex- Ferrocarril Mesopotâmico – General Urquiza, com a pintura cinza.



INSTALAÇÃO DE TROCA DE TRUQUES EM URUGUAIANA - RS - EX-RFFSA  
REDE FERROVIÁRIA FEDERAL - SR 6

Foto: *Sílvio dos Santos - 1984*

Na fronteira franco-espanhola, perto de Port Bou, são utilizados carros de passageiros com eixos de bitolas variáveis, cujo trem é denominado Talgo. As rodas podem ser fixadas sobre o eixo em duas posi-

ções diferentes, correspondendo às duas bitolas das linhas adjacentes, graças a um dispositivo especial de trava que é acionado no momento de troca de via. Pela ação dos próprios trilhos e de um contratrilho, as rodas são conduzidas para a nova posição e aí são travadas novamente. A operação é efetuada a uma velocidade de 3 km/h, ou seja, um trem com 25 vagões faz a operação em 10 minutos, um tempo equivalente para os trâmites legais de fronteira.

Outra técnica para transpor os obstáculos das diferentes bitolas é a utilização do terceiro trilho, prática muito utilizada no Brasil, na região sudeste, onde existem as bitolas de 1,600 m e 1,000 m. Entre os dois trilhos da bitola larga é colocado o trilho da bitola estreita, como foi feito entre Campinas e a Baixada Santista, nas linhas da ex-Fepasa. Campinas é o entroncamento das linhas de bitola larga das antigas Paulista e Araraquarense e também da linha de bitola métrica da ex-Mogiana. Os trens de ambas as bitolas podem trafegar no trecho de bitola mista, assim como as linhas da antiga Sorocabana, esta de bitola métrica, que também se conecta a esse trecho na altura de Mairinque.



LINHA FERROVIÁRIA DE BITOLA MISTA 1,600 M E 1,000 M - PÁTIO DE CONTÊINERES - MRS - GUARUJÁ - SP

Foto: ANTF

O Brasil tem conexão ferroviária internacional com três países: Argentina, Bolívia e Uruguai. Dessas três conexões, apenas a da Bolívia tem a mesma bitola dos dois lados da fronteira.

A conexão com a Bolívia em bitola de 1,000 m é na fronteira de Corumbá, no Mato Grosso do Sul, com Porto Suares, em Quijarro (Arroyo Concepcion), na linha da antiga Estrada de Ferro Noroeste do Brasil, ex-Novoeste e hoje Rumo Malha Oeste. Do lado boliviano, a linha permite chegar à Santa Cruz de la Sierra, a Montero (ao norte) e a Yacuiba (ao sul) na fronteira com Pocitos (Argentina), também com bitola métrica. Entretanto, o acesso para toda a malha ferroviária boliviana, com aproximadamente 3.744 km, não é possível, pois não existe conexão com a linha que atende Sucre e La Paz. Uma das ferrovias bolivianas é a Ferrocarriles Oriental S. A., a qual atua no transporte de carga e passageiros na malha leste, que inclui a ligação entre Santa Cruz e Quijarro.

A outra ferrovia boliviana, a Ferrocarril Andino S.A., que possui estrada de ferro do lado ocidental, tem conexão com o Chile em bitola métrica nas localidades de Avaroa e Charanã, que permitem acessar os portos de Antofagasta e Arica, respectivamente. A empresa tem um amplo serviço ferroviário, que atende a toda a região andina da Bolívia, além de La Paz e Sucre, como Potosi, Oruro, Villazon, Uyuni, Cochabamba, Higuera, Aiquile, Guaqui além de Calama e Arica, no Chile.

Existem diversos projetos ferroviários para ligar a malha oriental com a ocidental, por Aiquile, Sucre e Tarija, condição que permitiria também os trens da Ferrocarriles Oriental S. A. chegarem aos portos chilenos.

Do lado brasileiro, a ex-Estrada de Ferro Noroeste do Brasil, atual Rumo Malha Oeste, é uma linha com traçado antigo e com sérios problemas de manutenção e conservação. O volume de carga transportado entre Corumbá, na divisa com a Bolívia, e Rubião Jr., no Estado de São Paulo, nos seus 1.942 quilômetros de extensão, foi 2.459.901 t em 2020, a uma distância média de apenas 190 km, sendo principalmente minério de ferro da jazida até Porto Esperança, distante 46 km.

Apesar de ser uma fronteira internacional, o fluxo do comércio

exterior é inexistente, segundo os dados da ANTT, e também não há transporte de passageiros. Em 2020, a Rumo Malha Oeste foi devolvida para a ANTT, de acordo com cláusulas contratuais.



ESTRADA DE FERRO NOROESTE DO BRASIL – BITOLA 1,000 M – PONTE SOBRE O RIO PARANÁ – DIVISA SP/MS

Foto: *Sílvio dos Santos - 1970*

A rede ferroviária argentina, que já teve a extensão de 40.561 km, hoje tem 34.500 km concessionados, com quatro medidas de bitolas diferentes:

## FERROVIAS ARGENTINAS

BITOLA	EXTENSÃO
1,676 m	23.191 km
1,435 m	3.086 km
1,000 m	13.461 m
0,750 m	823 km

Fonte: *Atlas Alaf*

O sistema ferroviário foi privatizado em diversas etapas, que tiveram início em novembro de 1991, pelas linhas de transporte de carga. O processo foi finalizado em 1995, com o transporte urbano de passageiros. A rede argentina conta com cerca de 16 operadores de carga e 8 de passageiros (urbanos, suburbanos e turísticos). As ferrovias de carga ligam Buenos Aires às principais regiões e cidades do País, entre elas os portos de Santa Fé, Rosário e Bahia Blanca. Duas linhas, através dos Andes, permitem a comunicação com o Chile. Há ainda conexões com Brasil, Paraguai e Bolívia.

Em 1998, o consórcio brasileiro, do qual fazia parte a companhia Ferrovia Sul Atlântica (antiga ALL), adquiriu da empresa Indústrias Metalúrgicas Pescarmona suas ações nas companhias de transporte de carga Buenos Aires al Pacífico (BAP) e Ferrocarril Mesopotámico - General Urquiza (FMGU), constituindo a América Latina Logística (ALL), com uma rede de 22.000 km, que interligava centros industriais do Mercosul e portos da região. Hoje, não existe mais esse consórcio.

A distribuição das bitolas por motivos de estratégia militar dificultou a integração com o Brasil e o Chile. A ferrovia que atende às províncias que fazem divisas com o Brasil (ex-General Urquiza) tem a bitola de 1,435 m, não permitindo o acesso à malha brasileira - de 1,000 m. Na fronteira Paço de Los Libres (Argentina) - Uruguiana (Brasil), como já mencionado, era feita a troca de truques.

A conexão para o Paraguai ocorre com a mesma bitola, na fronteira Posadas (Argentina) e Encarnacion (Paraguai), através de uma ponte sobre o Rio Paraná. A ferrovia paraguaia está praticamente desativada.

A ferrovia argentina também tem conexão com a ferrovia uruguia entre Salto Grande (Uruguai) e Concórdia (Argentina), na mesma bitola de 1,435 m, sobre o Rio Uruguai.

A malha de bitola larga, 1,676 m, atende à região central da Argentina, cobrindo o Pampa Úmido até as encostas dos Andes, desde Bariloche, Neuquén, Malargüe, Mendoza, Córdoba até Tucumán. Todavia, não existe conexão com a malha sul do Chile, que tem a mesma bitola, 1,676 m, interrompida por uma avalanche e não reconstruída

por questões políticas.

A malha de bitola métrica serve a região norte até a divisas com a Bolívia e com o Chile, além das linhas Buenos Aires à Carhué e La Plata, a sudoeste da capital, atualmente desativadas. As fronteiras com a Bolívia, em Pocitos (Argentina)- Yacuiba (Bolívia) e La Quiaca (Argentina) - Vilazon (Bolívia), permitem a conexão com a mesma bitola.

Na fronteira com o Chile, em Socompa (as duas cidades com o mesmo nome), é possível a conexão com os portos de Antofagasta e Iquique, em bitola métrica. Em Las Cuevas (Argentina) e Caracoles (Chile), a bitola métrica termina em Los Andes, já dentro do Chile, onde começa a bitola larga chilena, de 1.676 m, não havendo, portanto, a conexão até Santiago e o Porto de Valparaíso na mesma bitola.

A linha bitola de 0,750 m está na região de Bariloche, entre Engenheiro Jacobacci e Esquel, na Cordilheira dos Andes, com 402 km, atualmente desativada, havendo trem turístico nos 18 km entre Esquel e Nahuel Pan.

A rede ferroviária sul-americana é complementada por Chile, Colômbia, Equador, Guiana, Peru, Suriname e Venezuela. A ferrovia chilena tem conexão com a Argentina e a Bolívia e uma extensão razoável de 9.335 quilômetros. As ferrovias dos demais países são de pequena extensão e não têm conexão com as nações limítrofes, com exceção da pequena ferrovia peruana de Tacna, ao Porto de Arica, no Chile, numa extensão de menos de 100 quilômetros.

## FERROVIAS NA AMÉRICA LATINA

PAÍS	BITOLA	EXTENSÃO
Argentina	Várias	40.561 km
Bolívia	1,000 m	3.744 km
Colômbia	0,914 m	2.832 km
Chile	1,676 m 1,435 m 1,000 m	4.327 km 173 km 3.298 km
Equador	1,067 m	965 km
Guiana	1,435 m 1,067 m 0,914 m	96 km 29 km 80 km
México	1,435 m	17.586 km
Paraguai	1,435 m	290 km
Peru	1,435 m 0,914 m	1.974 km 362 km
Suriname	1,000 m	80 km
Uruguai	1,435 m	2.987 km
Venezuela	1,435 m	173 km

Fonte: Atlas Alaf

A ferrovia colombiana, em bitola de 0,914 m, liga as principais cidades – Bogotá, Medellin e Cali – aos portos de Santa Marta, no Caribe, e Buenaventura, no Pacífico.

A Venezuela investiu no econômico transporte ferroviário, na ligação Puerto Cabello - La Encrucijada – San Juan de los Morros - Apure, com 109 quilômetros, importante ligação para a unificação da pequena malha. O transporte ferroviário urbano, por meio do uso do metrô, conta atualmente com diversas linhas recentemente construídas.

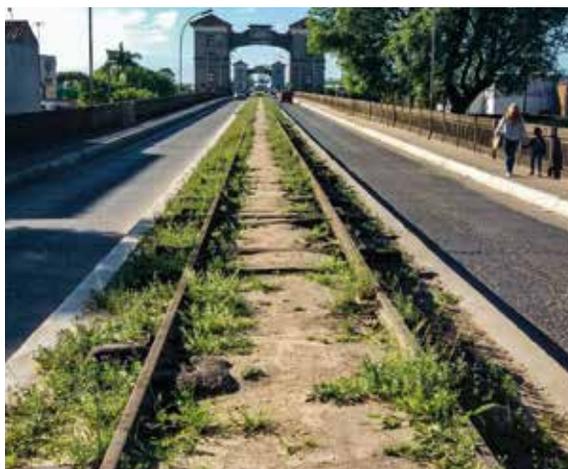
As demais ferrovias, nos diversos países, têm a função de ligar os

portos com as regiões de produção agrícola ou mineral, representando uma função localizada. A integração da América Latina por ferrovia é um sonho ainda distante. Além da difícil geografia (de um lado a Cordilheira dos Andes; do outro, os caudalosos rios amazônicos, as pequenas extensões das linhas), as diferentes bitolas, não dão qualquer perspectiva, mesmo a longo prazo, de interligação dessas ferrovias.

---

LIGAÇÃO  
FERROVIÁRIA  
BRASIL -  
URUGUAI -  
JAGUARÃO/RIO  
BRANCO - RS

*Fotos: Sílvio dos  
Santos - 2019*

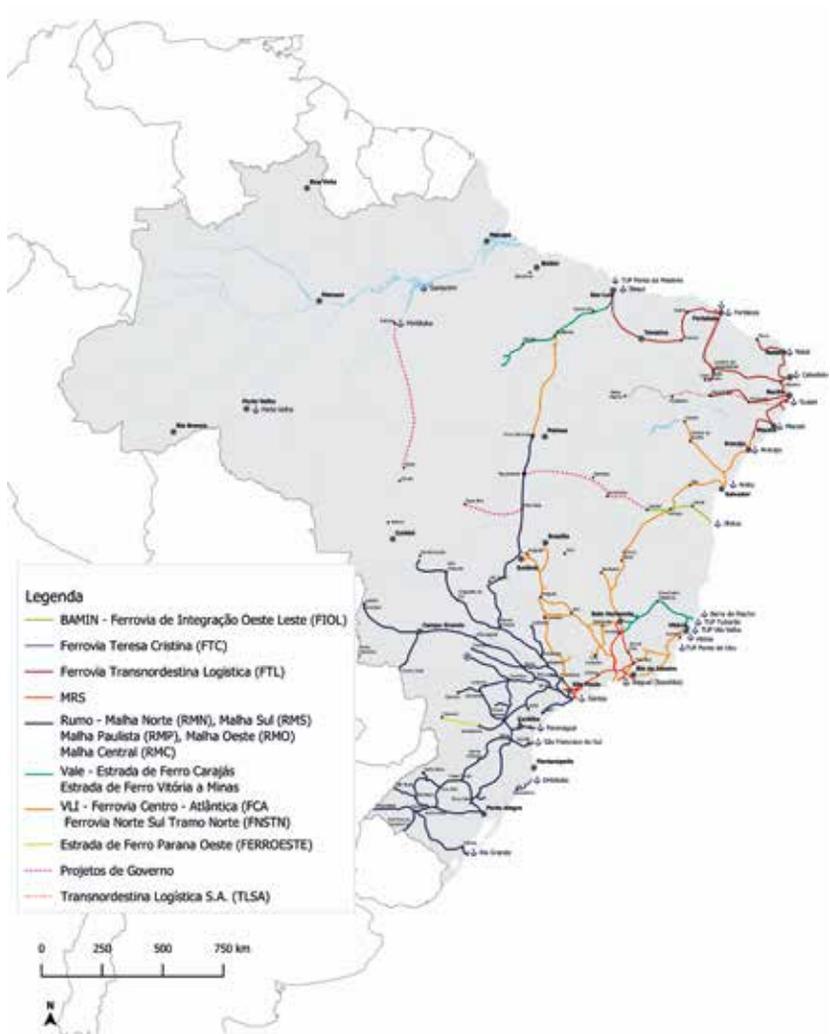


---

LIGAÇÃO  
FERROVIÁRIA  
BRASIL -  
URUGUAI -  
JAGUARÃO/RIO  
BRANCO - RS

*Foto: Sílvio dos  
Santos - 2019*

As ligações da ferrovia brasileira, bitola métrica, com a malha do Uruguai, bitola padrão, em Santana do Livramento/Rivera e Jaguarão/Rio Branco, não são mais utilizadas com a suspensão da operação do lado do Brasil.



MAPA FERROVIÁRIO ANTF

# Os sinais e a sinalização ferroviária

Os sinais utilizados nas estradas de ferro se resumiam, em sua origem, às trombetas, às bandeiras e às lanternas que os agentes das companhias ferroviárias portavam para anunciar a presença do trem. Mas com o aumento do tráfego, a necessidade de instalação de sinais fixos tornou-se urgente.

O primeiro sinal fixo foi colocado na ferrovia pioneira de Stockton a Darlington, em 1827, e consistia em um triângulo que girava no alto de um mastro com a palavra perigo – “danger”, em inglês. Quando estava virado para a via transversal e não era visível pelo maquinista, indicava a passagem livre para o trem. Os sinais eram sempre fixados à esquerda da via, pois era utilizada a mão inglesa na circulação dos trens, sistema que se mantém até os dias atuais na maioria das ferrovias.

Em 1834, a linha Liverpool-Manchester utilizou uma pequena bandeira metálica, na cor vermelha, fixa sobre um pedestal, funcionando da mesma maneira que o triângulo acima descrito. Em 1840, na mesma linha, foi utilizado um sinal composto por três quadrados. Estes quadrados giravam em torno de um mastro e, em função do número de quadrados que ficavam visíveis ao maquinista, havia um código com diferentes ordens.

Em 1841, outro modelo foi colocado em serviço pela mesma Great Western – um disco e uma barra transversal. Era um sinal de grande dimensão e fixado em um mastro de 20 metros de altura. O disco vermelho indicava via livre, e a barra transversal, perpendicular à via, significava a parada do trem. A barra também era pintada de vermelho.

Durante a noite, todos esses sinais eram cobertos ou forrados por lanternas, as quais giravam junto com eles. Em 1848, foi empregada a lâmpada fixa com vidros móveis, vermelho e verde.

LANTERNAS  
SINALIZADORAS  
- MUSEU  
FERROVIÁRIO DE  
TUBARÃO - SC

Foto: Milton Ostetto  
- 2011



O primeiro semáforo foi instalado na linha London-Croydon. Tinha como ideia agrupar sobre uma mesma passarela os sinais e as alavancas das agulhas dos aparelhos de mudança de via dos trilhos, conhecidos pela sigla AMV. No início, todos os sinais e alavancas eram comandados pelos manobreadores dos AMVs.

A sinalização com braço foi muito utilizada devido à sua segurança, e continua em uso até hoje. As posições dos braços indicavam parada, atenção ou via livre. As posições eram montadas de forma que, quando havia a ruptura dos comandos, indicassem a parada, pela ação da gravidade.

Na Inglaterra, a uniformização dos sinais ferroviários sempre existiu. Na França, entretanto, somente em 1885 um decreto ministerial tornou obrigatório um código que padronizava os sinais.

Posteriormente, os sinais luminosos foram mais e mais utilizados nas estradas de ferro, em razão de sua boa visibilidade e das vantagens técnicas de funcionamento que eles representavam, pois não havia motor e nenhuma peça móvel, somente reles.



SINALEIRA NO ACESSO FERROVIÁRIO DB - HAMBURGO - ALEMANHA

Foto: *Sílvia dos Santos* - 1991



POSTO DE CONTROLE DO PÁTIO FERROVIÁRIO - DB - HAMBURGO -  
ALEMANHA

*Foto: Sílvio dos Santos - 1991*

O branco como foco de via livre foi utilizado até 1935, mas, em seguida, foi eliminado, pois podia ser confundido, a distância, com a iluminação das lâmpadas exteriores à via. A escolha da cor vermelha não foi arbitrária. O olho humano percebe bem menos os pequenos comprimentos de onda do espectro da luz, como o azul e o violeta, do que os grandes do amarelo e principalmente do vermelho. É por isso que o vermelho, depois do branco, é a cor mais visível e utilizada universalmente como sinal de parada. As outras cores são o amarelo, para advertência, e o verde, para via livre.

Existe uma infinidade considerável de sinais, tais como os sinais de proteção e espaçamento, de limitação de velocidade, de direção etc. A segurança teve um grande progresso com a invenção do sistema de bloco, que permite manter os trens separados não mais por um intervalo de tempo, mas por um intervalo de espaço. Esse tipo de equipamento respondeu melhor à necessidade solidária de comunicação entre os sinais visuais e os postos de controle de trens. Também por medida de segurança, há a repetição sonora de sinais dentro da cabine de comando das locomotivas. Se o maquinista não atende à sinalização de campo, existe a possibilidade de frenagem do trem automaticamente.

SINALEIRAS NA  
ESTAÇÃO DE  
MALOW - LINHA  
DUBLIN - CORK -  
IRLANDA

*Foto: Raphael  
Colello dos Santos  
- 2008*



A implantação de sinais ao longo da linha é estabelecida em função da velocidade máxima autorizada, da frenagem mínima que deve atuar sobre os trens e da inclinação da via. Quando uma linha é percorrida por trens de velocidades muito diferentes, um sistema de pré-anúncio dos sinais permite aos trens mais velozes aplicar o freio mais cedo e chegar ao sinal com velocidade normal. Essa frenagem é feita em duas etapas.

Nas novas linhas destinadas aos trens de grande velocidade, não existe mais a sinalização implantada na borda da via, pois simplesmente elas não são visíveis pelos maquinistas. Por isso, as indicações são transmitidas a bordo da cabine de condução por meio de um sistema de troca contínua de informações entre os trens em circulação e os postos de controle.

Além dos sinais utilizados nas estradas de ferro que disciplinavam a circulação dos trens, o controle da circulação dos trens sempre foi o objetivo da operação ferroviária. Os sistemas desenvolvidos ao longo da história da ferrovia sempre buscaram o aumento da segurança e da capacidade.

- *CTC - Controle de tráfego centralizado*
- *ATC - Controle de tráfego automático*
- *ATS - Sistema de tráfego automático*
- *ATO - Operação de tráfego automática*

No início, simples ordens verbais que mais tarde passaram a ser escritas, eram os meios que definiam as prioridades de circulação em um trecho de linha entre duas estações. A segurança sempre dependia da obediência ao cumprimento da ordem expedida. No Brasil, até há poucos anos, a ordem de circulação era dada ao maquinista por meio de um aro no qual era fixado o recibo de autorização.

Com a invenção do telefone, telex e telegrama, esses equipamentos também foram utilizados na circulação ferroviária, mas foi o *staff* que deixou de utilizar a ordem verbal.



CCO CENTRO DE CONTROLE OPERACIONAL

Foto: ANTF

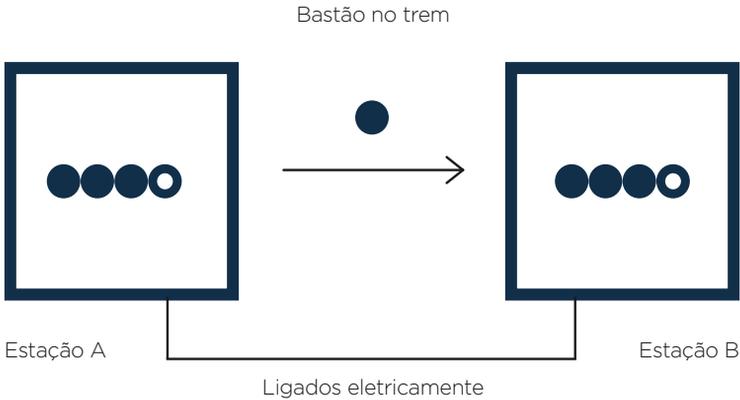
---

SISTEMA DE  
SINALIZAÇÃO  
*STAFF* - MUSEU  
FERROVIÁRIO  
DE TUBARÃO  
- SC

Foto: Milton Ostetto  
- 2011



O *staff* consistia em um conjunto de dois equipamentos que continham diversos bastões metálicos. Cada um desses equipamentos se localizava em cada uma das estações adjacentes e eram interligados eletricamente. Para obter a autorização, as estações se comunicavam eletricamente, e um bastão era liberado e entregue ao maquinista na Estação A, o qual deveria ser entregue na Estação B. Enquanto o bastão não fosse colocado no equipamento da Estação B, nenhum outro bastão era liberado para qualquer direção, e assim nenhum outro trem iria circular entre as estações A e B, pois a linha já estaria licenciada para o primeiro trem. O *staff* foi utilizado por muitos anos e ainda continua sendo empregado em linhas singelas com pequeno tráfego.



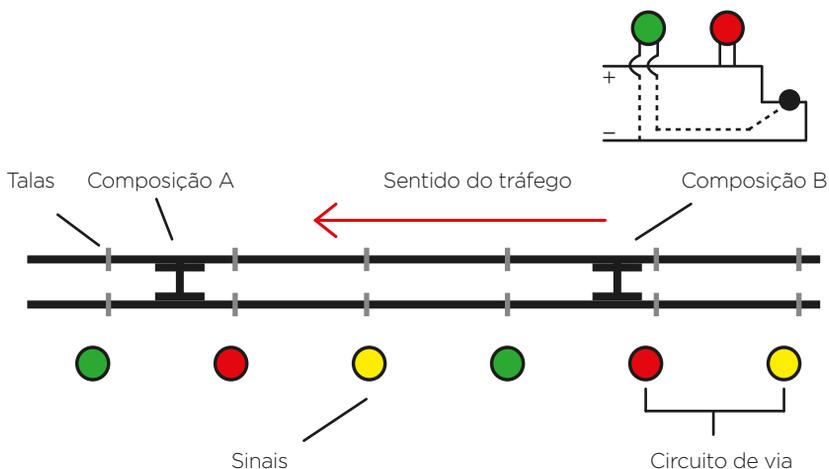
#### SISTEMA DE SINALIZAÇÃO STAFF

Fonte: [www.poli.usp.br/d/ptr2501](http://www.poli.usp.br/d/ptr2501) | Desenho: Víctor Thives dos Santos

Os sinais e as sinalizações utilizados nas estradas de ferro era um conjunto de informações e controles isolados que disciplinavam a circulação dos trens. Somente após a invenção do Controle de Tráfego Centralizado (CTC) é que todo esse conjunto começou a funcionar como um sistema integrado de controle da circulação e da segurança dos trens.

Ao contrário de simples ordens verbais ou escritas, o CTC era um sistema composto por circuitos de via, reles elétricos e sinais indicativos de tráfego, ligados a um centro de controle de onde eram comandados os sinais.

Os circuitos tinham uma lógica de intertravamento que eram acionados pela própria presença do trem na linha. Quando uma composição entrava num trecho livre, isto é, foco verde, a corrente elétrica no circuito de via acionava o foco vermelho. O circuito anterior tinha o foco no amarelo.



#### CTC - CONTROLE DE TRÁFEGO CENTRALIZADO - SINALIZAÇÃO DE CAMPO

- Circuitos de via
- Lógica de intertravamento: segurança vital
- Sinais

Fonte: [www.poli.usp.br/d/ptr2501](http://www.poli.usp.br/d/ptr2501) | Desenho: Víctor Thives dos Santos

Para controlar a circulação, todos os sinais e as linhas eram representados em um painel mímico-cinético no Centro de Controle Operacional (CCO), com o qual estavam interligados por meio de fios e cabos elétricos. Os trens e os sinais eram representados por luzes sobre o painel.

Do CCO, os operadores de tráfego podiam controlar cada trecho da via, disciplinando o fluxo de trens. Devido ao seu alto custo e às dificuldades de manutenção (fios, cabos, reles e chaves), o Controle de Tráfego Centralizado era implantado somente em ferrovias de linha dupla e tráfego intenso.

As sinalizações mais modernas, classes ATC (ATS) e ATO, são utilizadas em ferrovias com tráfego muito intenso, como as linhas de metrô e trens metropolitanos, pois permitem intervalos bem pequenos e ne-

cessários para transportar grandes volumes de passageiros. O metrô de São Paulo pode operar até com intervalos de um minuto e meio (90 segundos), condição que permite uma capacidade de 40 trens por hora em cada sentido.

O ATC permite que o sistema atue sobre a composição e, caso o maquinista avance um sinal vermelho ou mesmo esteja a uma velocidade inadequada para aquele trecho, nesses casos ocorre corte de energia para a tração, parando, dessa forma, o trem.

O ATO, além dos requisitos do ATC, permite manter um espaçamento seguro entre os trens, isto é, quando dois trens se aproximam da distância mínima de segurança o sistema procura acelerar o trem da dianteira e retardar o trem da traseira. Os equipamentos que compõem esse sistema são caros e sofisticados, normalmente estão enterrados no subsolo por questões de segurança, ou da própria característica da linha, como é o caso do metrô.

No Brasil, os sistemas CTC (nas ferrovias) e o ATC (nos trens metropolitanos) têm sofrido com o vandalismo e o roubo de cabos e fios que interligam os equipamentos de via com os centros de controle. Esses fatos ocasionam frequentes interrupções de tráfego, assim como podem provocar sérios acidentes, diminuindo a qualidade e a segurança dos serviços prestados à população.

O roubo de fios e equipamentos e, como consequência, as frequentes interrupções de tráfego, têm direcionado as ferrovias para sistemas menos vulneráveis. As estradas de ferro, que têm na carga sua principal atividade, estão optando por sistemas de sinalização baseados em tecnologia sem fio, por meio do emprego de rádio ou GPS.

Com um tráfego menos denso do que os metrôs e trens metropolitanos e cobrindo centenas de quilômetros de linha, a utilização da sinalização convencional com centro de controle operacional interligado ao longo de toda a via tornou-se cara e frágil quando comparada aos sistemas sem fio.



CENTRO DE CONTROLE DE TRÁFEGO – FERROVIA TEREZA CRISTINA – SC  
*Foto: FTC - 2022*



MONITORES DO CENTRO DE CONTROLE DE TRÁFEGO – FERROVIA TEREZA CRISTINA – SC  
*Foto: FTC - 2022*

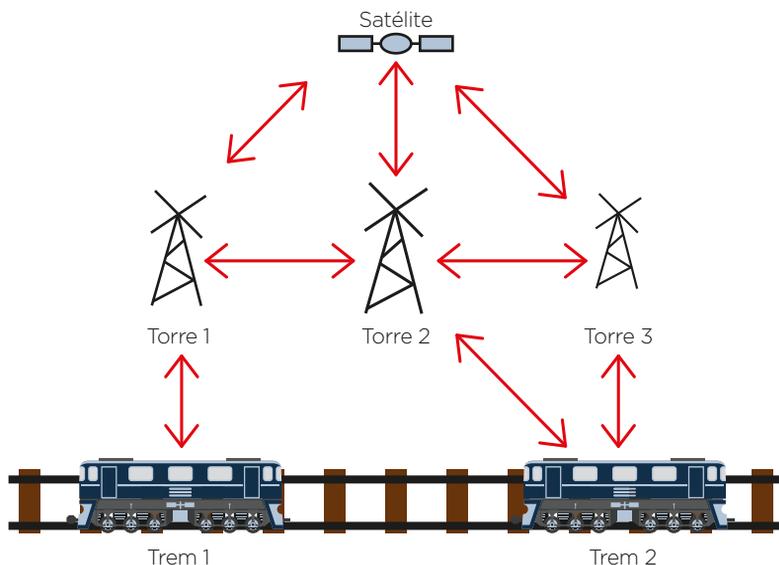


MONITOR DO CENTRO DE CONTROLE DE TRÁFEGO – FERROVIA TEREZA CRISTINA – SC

Foto: FTC - 2022

Como as funções básicas da sinalização ferroviária são a detecção e a localização de trens na linha, o intertravamento, ou seja, o bloqueio das rotas que estão sendo utilizadas, a manutenção de espaçamento mínimo entre trens e a determinação de perfis de velocidades seguras, os sistemas telemáticos foram desenvolvidos procurando atender a essas funções que, enfim, dão a segurança necessária à circulação dos trens.

Enquanto a sinalização clássica controla os trens nos espaços entre os sinais, a telemática utiliza o conceito CBTC, que representa: controle de trens baseado em comunicação. O CBTC, além de dispor de alguns códigos e procedimentos padrões, está baseado fundamentalmente na obediência do maquinista, nas determinações da central de controle operacional.



#### SINALIZAÇÃO TELEMÁTICA - CBTC: CONTROLE DE TREM BASEADO EM COMUNICAÇÃO

Fonte: [www.poli.usp.br/d/ptr2501](http://www.poli.usp.br/d/ptr2501) | Desenho: Victor Thives dos Santos

Modernamente, dispositivos utilizados inicialmente no controle e segurança de frotas de caminhões, como, por exemplo, o bloqueio de combustível, têm sido usados também na ferrovia, quando ocorre o desrespeito à sinalização ou à velocidade.

Inicialmente, sistemas de rádio foram utilizados na sinalização ferroviária, mas atualmente, com o desenvolvimento o barateamento e o aumento de sua precisão, o GPS tem sido o sistema escolhido.



Sinalização Clássica



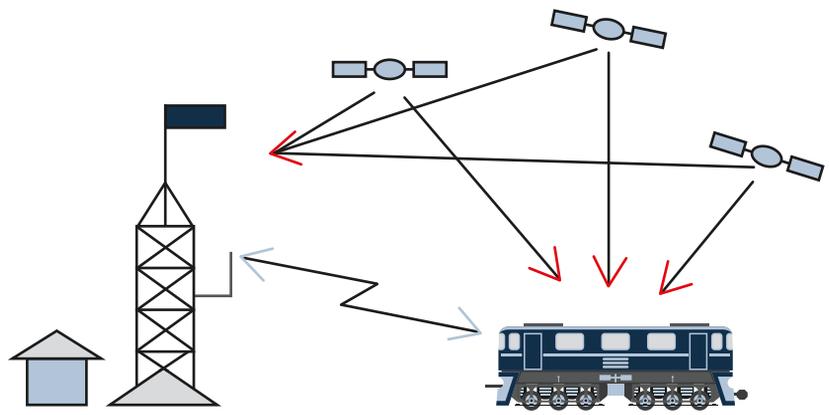
Posição do trem em um sistema CBTC



### SINALIZAÇÃO TELEMÁTICA - CBTC: CONTROLE DE TREM BASEADO EM COMUNICAÇÃO

Fonte: [www.poli.usp.br/d/ptr2501](http://www.poli.usp.br/d/ptr2501) | Desenho: Victor Thives dos Santos

Entretanto, apesar de uma eficiente comunicação, esses sistemas baseados na telemática necessitam de dispositivos que possam detectar a integridade do trem, ou seja, caso algum vagão ou parte da composição se desprenda do trem, o maquinista deverá ser alertado. A utilização de rádio na cauda da composição, emitindo um sinal contínuo, tem sido utilizada. As ferrovias com maiores densidades de tráfego utilizam circuitos de via e mesmo *transponders* para essa finalidade.

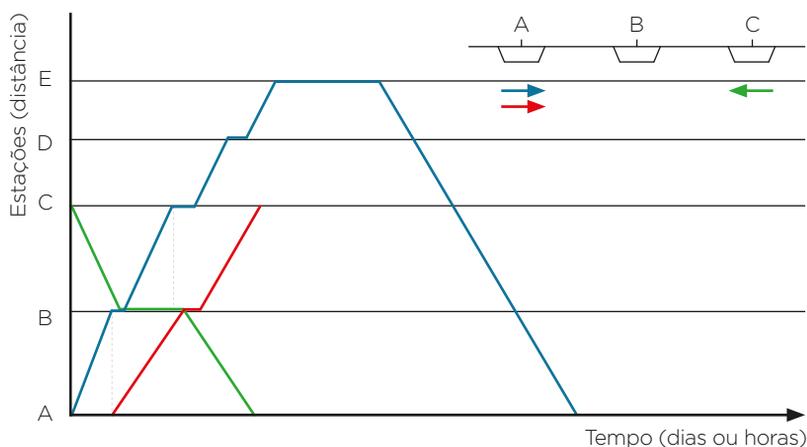


### SINALIZAÇÃO TELEMÁTICA - GPS DIFERENCIAL

Desenho: Victor Thives dos Santos

A capacidade de uma linha singela, isto é, uma só via, é função das distâncias entre os desvios de cruzamento de trens, das velocidades e do equipamento de sinalização utilizado. Quando maior for a velocidade operacional e menor o tempo gasto para liberar os trens, maior será o número de trens que podem circular com segurança.

O gráfico a seguir representa a circulação de trens entre as estações A, B e C, sendo 2 no sentido A para C e 1 no sentido de C para A. Os trens sempre se cruzam nos desvios de cada estação.



#### GRÁFICO DE CRUZAMENTOS DE TRENS

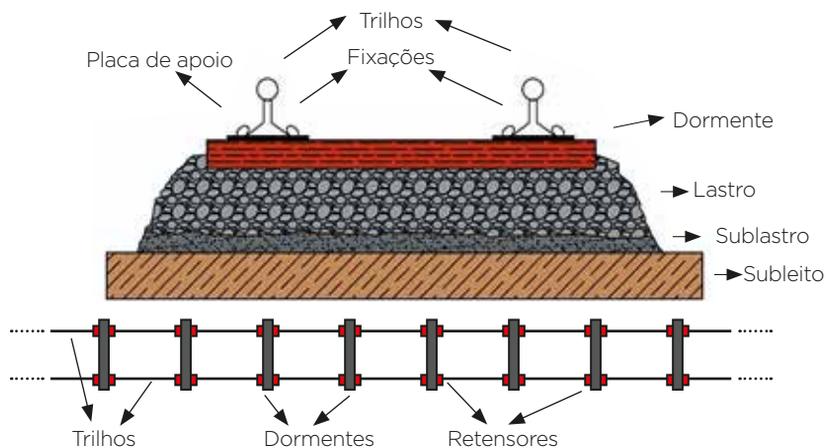
Fonte: [www.poli.usp.br/d/ptr2501](http://www.poli.usp.br/d/ptr2501) | Desenho: Guilherme André Kluch

Nas vias duplicadas, a capacidade dependerá também da velocidade operacional e do sistema de sinalização, que determinará o número de trens por unidade de tempo para cada sentido de circulação.

# A via permanente da estrada de ferro

A linha por onde o trem circula é denominada via permanente, sendo composta por diversos elementos, cada um com uma função específica.

A via permanente é composta pelos trilhos, dormentes, lastro, sublastro e subleito, além das fixações e placas de apoio que unem os trilhos aos dormentes.



#### SEÇÃO TRANSVERSAL PADRÃO

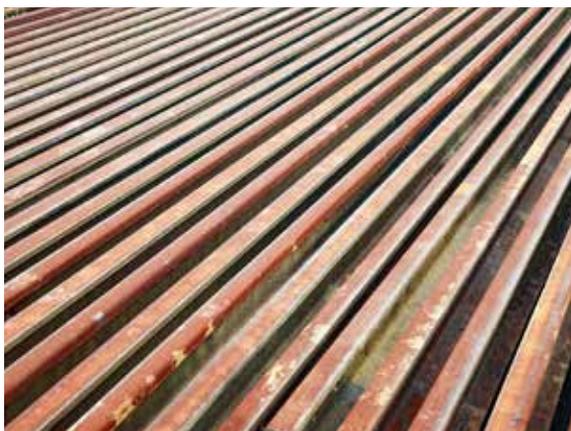
Fonte: [www.poli.usp.br/d/ptr2501](http://www.poli.usp.br/d/ptr2501) | Desenho: Guilherme André Kluch

Os trilhos são os elementos da superestrutura, constituindo a superfície de rolamento para as rodas dos veículos ferroviários. Sua forma e comprimento sofreram mudanças gradativas até atingirem os perfis modernos de grande seção e peso, compatíveis com as elevadas cargas por eixo das composições atuais. A seção transversal do trilho é composta pelo boleto, cuja roda do trem se apoia e desloca, correspondendo de 40 a 42 % da área da seção transversal; a base denominada de patim, a qual é apoiada e fixada ao dormente, é a parte mais larga do trilho e corresponde a 38 a 40 %; e a alma, que une o boleto ao patim, é a parte mais estreita e vertical da seção do trilho, correspondendo de 18 a 22 %.

---

PERFIL DOS  
TRILHOS TIPO  
VIGNOLE TR-45  
- FERROVIA  
TEREZA CRISTINA  
- SC

*Foto: Milton Ostetto*  
- 2011



---

TRILHOS TIPO  
VIGNOLE TR-45  
- FERROVIA  
TEREZA  
CRISTINA - SC

*Foto: Milton Ostetto*  
- 2011

A composição do aço para trilhos tem como elemento básico o ferro em 98 % da composição; o carbono proporciona a dureza ao aço, assim como o manganês aumenta a dureza do trilho, porém encarece muito o preço, sendo, por isso, empregado apenas nos trilhos de aço-liga e aparelhos de mudança de via. O silício aumenta a resistência à ruptura; o fósforo é um elemento indesejável na composição, pois torna o trilho quebradiço. Da mesma forma, o enxofre é indesejável devido ao fato de a combinação com o ferro gerar segregações nos trilhos.

# CLASSIFICAÇÃO DE TRILHOS NO BRASIL

TIPO NOMINAL BRASILEIRO		TR-25	TR-32	TR-37	TR-45	TR-50	TR-57	TR-68
Correspondente Americano		5040 ASCE	6540 ASCE	7540 ASCE	9020 ASCE	10025 ASCE	11525 ASCE	13637 ASCE
Peso Calculado (Kg/m)		24,654	32,045	37,105	44,645	50,349	56,897	67,560
Porcentagem da Massa Total	Boleto	42,0	42,0	42,0	36,2	38,2	34,8	36,4
	Alma	21,0	21,0	21,0	24,0	22,6	27,1	31,47
	Patim	37,0	37,0	37,0	39,8	39,2	38,1	36,5
Área Total da Seção (cm <sup>2</sup> )		31,42	40,84	47,29	56,90	64,19	72,58	86,12

Fonte: MT - Dnit - Curso de capacitação - 2009

São utilizados também os trilhos com denominações UIC (Europa) e GB (Grã Bretanha).

As barras dos trilhos têm o comprimento de 12 ou 18 metros e são unidas por meio de talas de junção ou soldadas, formando, assim, um trilho contínuo.

Os trilhos têm diversos tipos de perfil, sendo o tipo Vignole o mais utilizado, desenvolvido pelo engenheiro inglês Charles Vignoles.

A soldagem dos trilhos proporciona economia nos materiais das juntas e redução nos gastos de conservação da via. Além disso, permite um movimento mais suave das composições ferroviárias, com maior conforto e velocidade.



ESTALEIRO DE SOLDAGEM ALUMINOTÉRMICA DE TRILHOS - FERROVIA  
TEREZA CRISTINA - SC

Foto: Milton Ostetto - 2011

A soldagem dos trilhos pode ser feita em um estaleiro de solda no canteiro de obra ou no próprio local. Enquanto no canteiro se obtém uma melhor qualidade, existe a dificuldade do transporte das barras soldadas, que atingem centenas de metros. Os principais tipos de soldagem são:

- *Soldagem elétrica de topo – consiste na elevação da temperatura das pontas dos trilhos até a fusão. Apresenta como principal vantagem ser um procedimento todo automático.*
- *Soldagem oxiacetilênica – também chamada de caldeamento, consiste no aquecimento e compressão das pontas dos trilhos com chamas periféricas de oxiacetileno, em estaleiro específico. No final do processo, realiza-se o tratamento térmico e o esmerilhamento dos trilhos.*
- *Soldagem aluminotérmica – esse processo baseia-se na propriedade que o alumínio apresenta de se combinar com o oxigênio dos óxidos metálicos. A soldagem aluminotérmica consiste na adição de óxido de*

*ferro granular e pó de alumínio nas juntas dos trilhos e na formação de um aço resultante do processo químico, denominado térmica.*

A técnica utilizada no estaleiro, o caldeamento, resulta em uma melhor qualidade. A solda na própria obra também é utilizada quando se faz a conservação da via permanente. O método mais utilizado é a solda aluminotérmica, com o emprego de um molde unindo as duas partes do trilho, o qual é preenchido com material fundido. Atualmente, também está sendo adotada a técnica de caldeamento para soldagem na obra, com a utilização de equipamento específico.



TALA DE JUNÇÃO DE TRILHOS – FERROVIA TEREZA CRISTINA – SC

*Foto: Milton Ostetto – 2011*

A soldagem é um processo oneroso, por isso, no Brasil, a união dos trilhos é mais utilizada com as talas de junção. Esses acessórios de ligação são peças de aço posicionadas dos dois lados dos trilhos, entre a parte inferior do boleto e superior do patim; e apertadas com o intuito de permitir a continuidade dos trilhos, funcionando como uma

emenda mecânica destes. A tala de junção é fixada aos trilhos por meio de parafusos de fixação comuns, com porcas com o diâmetro variando conforme o tipo do trilho, além de arruelas de pressão que têm como objetivo impedir o afrouxamento do parafuso.

---

TALA DE  
JUNÇÃO DE  
TRILHOS E  
PLACA DE  
APOIO COM  
PREGOS -  
FERROVIA  
TEREZA  
CRISTINA - SC  
*Foto: Milton Ostetto*  
- 2011



---

RETENSOR,  
PREGO,  
TIREFOND  
E PLACA DE  
APOIO - MUSEU  
FERROVIÁRIO -  
TUBARÃO - SC  
*Foto: Milton Ostetto*  
- 2011

Os trilhos são assentados sobre as placas de apoio e são presos aos dormentes por meio das fixações, que podem ser rígidas ou elásticas. As fixações rígidas soltam com o tempo, devido à vibração causada pela passagem constante dos trens, perdendo a capacidade de resistir a esforços longitudinais. Essa situação não ocorre com as fixações elásticas, que amortecem essas vibrações.

As placas de apoio são elementos utilizados para aumentar a área de apoio do trilho sobre o dormente, distribuindo uniformemente as tensões e prolongando sua vida útil.

Os acessórios de fixação são elementos necessários para manter o trilho na posição correta, além de garantir a bitola da via. Eles devem oferecer resistência ao deslocamento longitudinal e transversal do trilho, particularmente pela variação da temperatura e pela frenagem dos veículos.

De maneira geral, pode-se afirmar que as cargas horizontais e verticais devem ser transmitidas dos trilhos para os dormentes sem prejudicar o sistema de fixação. Além disso, os dispositivos de fixação devem permitir a substituição de trilhos sem o afrouxamento ou a perda de embutimento, no caso dos dormentes de madeira.



DORMENTES DE CONCRETO COM FIXAÇÕES ELÁSTICAS - FERROVIA TEREZA CRISTINA - SC

*Foto: Milton Ostetto - 2011*

Os acessórios de fixação podem ser rígidos ou flexíveis. Os rígidos são constituídos basicamente por pregos de linhas e parafusos, denominados *tirefonds*, apresentando como principal inconveniente o fato de perderem, com o tempo, a capacidade de resistir a esforços longitudinais, soltando-se progressivamente.

### **OS RÍGIDOS SÃO DOS SEGUINTE TIPOS:**

- *Tipo K ou GEO – é uma placa de aço fixada ao dormente por meio de tirefonds. Possui castanha, porca e arruela que apertam o patim e o trilho contra o dormente.*
- *Grampo elástico simples – constituído por uma haste de aço de mola que penetra na madeira.*
- *Grampo elástico duplo: fabricado com aço de mola; e possui duas hastes encaixadas na placa de apoio.*

Os flexíveis apresentam como principal vantagem o fato de absorverem melhor os choques e vibrações, não afrouxando com o tráfego dos veículos ferroviários.

### **OS FLEXÍVEIS SÃO DOS SEGUINTE TIPOS:**

- *Fixação Pandrol – grampo fabricado com aço de mola e encaixado nos furos da placa de apoio.*
- *Grampo elástico Denick – grampo de aço (mola) que se encaixa na placa de apoio.*
- *Fixação McKay*
- *Fixação Vossloh*

Os retensores são os elementos utilizados para impedir o deslocamento dos trilhos no sentido longitudinal. Esses dispositivos são presos ao patim do trilho por pressão e ficam encostados à face vertical do dormente, transmitindo a este os esforços longitudinais.



DORMENTES DE MADEIRA COM O LASTRO CONTAMINADO – FIXAÇÃO RÍGIDA COM *TIREFOND* SEM PLACA DE APOIO - RUMO MALHA SUL – RS

*Foto: Sílvio dos Santos - 2011*

Os dormentes usualmente são de madeira, aço ou concreto; estes podem ser monobloco ou bibloco. Normalmente, utiliza-se madeira tratada por meio de autoclave, e os dormentes de concreto podem ser também protendidos. Os dormentes são assentados no lastro, que é composto de pedra britada com uma granulometria específica. Sob o lastro, são executadas ainda duas outras camadas: a de sublastro e a de subleito – este, de material do próprio local, que têm função de distribuir ao solo os pesos e esforços a que todo o conjunto da via permanente está submetido. Estudos geológicos e geotécnicos apontam os tipos de solos que podem ser utilizados, assim como as condições de aplicação e controle da execução.

O uso de concreto ou asfalto (*slab track*), em substituição ao solo granular na construção do sublastro ferroviário, vem sendo estudado e utilizado na Europa, no Japão e nos Estados Unidos. Entre as diversas vantagens dessa técnica destacam-se a impermeabilização do subleito, aumentando a vida útil da fundação com a melhor preservação de suas

características de projeto, evitando, dessa forma, a contaminação do lastro.

O dormente de aço consiste em uma chapa laminada, em forma de U invertido, com garras laterais responsáveis pela fixação no lastro, impedindo, conseqüentemente, o deslocamento transversal da via.

### **AS VANTAGENS E DESVANTAGENS SÃO:**

- *Relativamente leve (70 kg / unidade);*
- *Longa vida útil (40 / 50 anos);*
- *Facilidade de assentamento na via;*
- *Boa resistência e garantia de uniformidade de propriedades;*
- *Valor residual elevado;*
- *Condução elétrica (necessidade de isoladores na interface trilho / dormente);*
- *Custo de aquisição elevado;*
- *Geração excessiva de ruídos;*
- *Corrosão acelerada nos túneis e na vizinhança do mar;*
- *Tendência de fissuração na região de fixação com parafusos;*
- *Limitação para linhas de tráfego pesado.*

**DORMENTES  
DE CONCRETO  
MONOBLOCO  
- FERROVIA  
TEREZA  
CRISTINA - SC**  
*Foto: Milton Ostetto  
- 2011*



O dormente de concreto consiste em um bloco, ou 2 blocos, de concreto armado, protendido ou não.

### **AS VANTAGENS E DESVANTAGENS SÃO:**

- *Maior rigidez (estabilidade) da via;*
- *Recalques mais uniformes;*
- *Durabilidade;*
- *Menor número de intervenções de manutenção;*
- *Resistência aos agentes atmosféricos;*
- *Economia de lastro;*
- *Preço de aquisição elevado;*
- *Difícil manuseio e fixação;*
- *Valor residual nulo;*
- *Necessidade de equipamentos mecânicos para assentamento e nivelamento da via;*
- *Necessidade de palmilha amortecedora de vibração entre o patim do trilho e a face superior do dormente, para reduzir a geração de trincas e a ulceração do concreto.*



DORMENTES DE CONCRETO BIBLOCO - FERROVIA TEREZA CRISTINA - SC  
Foto: Milton Ostetto - 2011

## **O DORMENTE DE MADEIRA, DE LEI OU NÃO, TRATADA OU NÃO, TEM AS SEGUINTE VANTAGENS E DESVANTAGENS:**

- *Menor custo de aquisição;*
- *Boa resistência;*
- *Fácil manuseio (peso moderado);*
- *Amortecimento (absorção das vibrações, impactos e ruídos gerados pelo tráfego);*
- *Facilidade de substituição (redução no tempo gasto para restabelecimento da circulação);*
- *Sinalização (dispensa de isoladores na interface trilho/dormente);*
- *Susceptibilidade à ação das intempéries, de fungos e de insetos (menor vida útil);*
- *Exigência de ciclos de manutenção mais curtos (afrouxamento);*
- *Reduzido valor residual;*
- *Maior consumo na via;*
- *Escassez.*

## **OS DORMENTES TÊM AS SEGUINTE FUNÇÕES:**

- *Amortecer as vibrações;*
- *Assegurar o alinhamento e o nivelamento da via férrea;*
- *Transmitir ao lastro colocado no intervalo entre dois dormentes consecutivos (caixa de lastro) as forças resultantes das ações térmicas, criando forças opostas à dilatação dos trilhos longos soldados ou continuamente soldados;*
- *Permitir a fácil substituição dos componentes do sistema de fixação dos trilhos, quando inoperantes ou avariados, com uma mínima perturbação do tráfego.*

## **AS TAXAS DE DORMENTAÇÃO RECOMENDADAS NO BRASIL PARA AS BITOLAS MÉTRICA E LARGA, 1,60 M, SÃO AS SEGUINTE:**

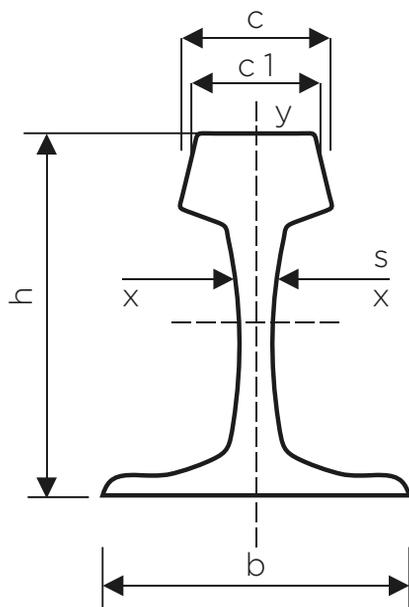
- *Dormentes de madeira – 1.650 a 1.850 und./km;*
- *Dormentes de concreto – 1.600 a 1.750 und./km;*
- *Dormentes de aço – 1.500 a 1.650 und./km.*

A capacidade do vagão ferroviário, como descrito no Capítulo 5 – Vagões de carga, depende da resistência de cada eixo que compõe o truque e também da resistência da linha por onde ele transita. Com relação à linha ferroviária, sua capacidade de suportar a carga dependerá dos viadutos e pontes que compõem a via, assim como a do lastro, dos dormentes e dos trilhos e, finalmente, da capacidade do solo sobre os quais estão assentados.

As obras de arte, viadutos e pontes são dimensionadas de acordo com o trem-tipo que deverá circular na linha, havendo uma variação de 16 a 32 toneladas de carga por eixo para cada um dos trens-tipos.

Existem trilhos com diversos tipos de forma e de peso. Como já mencionado, a forma mais usual no Brasil é o perfil Vignole; e quanto ao peso, os trilhos são caracterizados pelo valor em quilogramas de uma barra de um metro de comprimento.

Exemplificando, o trilho TR-45 indica que uma barra de 1,00 metro desse trilho deverá pesar aproximadamente 45 quilogramas. Os seguintes tipos de trilhos são ou foram utilizados no Brasil: TR-32, TR-37, TR-45, TR-57 e TR-68.



TIPO	DIMENSÕES					ÁREA	PESO
	h	c	c1	b	s	.	.
TR 45	142,9	65,1	65,1	130,1	14,3	56,9	44,7
TR 57	168,3	69,1	69,1	139,7	15,9	72,4	56,9
TR 68	185,7	74,6	72,6	152,4	17,5	86,1	67,6
<b>Unidade</b>	<b>mm</b>					<b>cm<sup>2</sup></b>	<b>kg/m</b>

Fonte: [www.metalica.com.br/lib/tabelas/trilho.htm](http://www.metalica.com.br/lib/tabelas/trilho.htm)



SOLDA DOS TRILHOS TIPO VIGNOLE - TR-45 - FERROVIA TEREZA CRISTINA - SC

*Foto: Milton Ostetto - 2011*

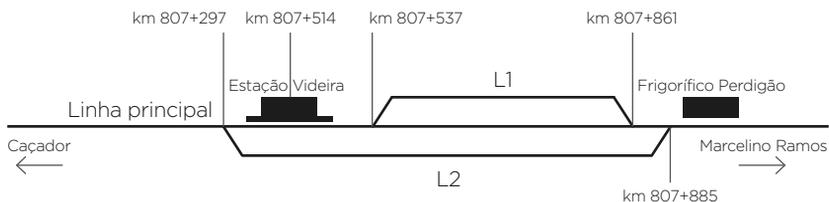
O emprego de cada tipo de trilho depende do tráfego que utiliza cada linha. Para trens pesados de minério, com tráfego intenso, são utilizados os trilhos TR-57 e TR-68. Para uma linha de trens de carga geral, transportados em contêineres e vagões especializados, é normal a utilização de trilhos TR-45. Para linhas secundárias, ramais e desvios, é normal a utilização de trilhos usados. Os trilhos mais leves, abaixo do TR-45, são utilizados em minas, indústrias e pontes rolantes.

Os trilhos TR-32 e TR-37 permitem a circulação de locomotivas e vagões com a carga máxima de 16 e 18 t/eixo. O TR-45 e o TR-57 admitem 20 t/eixo e 25 t/eixo, respectivamente. As ferrovias modernas, para trens longos e pesados para o transporte de minério e grãos, utilizam os trilhos TR-68, que permitem a circulação de material rodante com 30 toneladas por eixo.

Outros fatores limitantes da capacidade dos trens são as características geométricas da linha, isto é, a inclinação das rampas (subidas e descidas), os raios das curvas e os desvios de cruzamento de trens.

Quanto mais fortes são as rampas, inclinações de 1,5 % a 2,0%, menos vagões a locomotiva poderá tracionar. Da mesma maneira, curvas fortes, abaixo de 300 m, também limitam o número de vagões que a locomotiva poderá puxar. Como grande parte de nossa malha ferroviária é antiga, construída antes de 1950, é comum encontrar linhas com raio de 100 m e rampas maiores que 2,0 %, o que torna o transporte ferroviário pouco econômico, pois uma locomotiva tem a potência de tração de apenas 10 vagões nessas condições, sendo necessária a utilização de tração múltipla, isto é, 2 ou mais locomotivas. Ao contrário das ferrovias modernas, com rampas menores de 1,0 % e raios maiores que 500 m, as locomotivas modernas podem deslocar até 100 vagões.

Finalmente, o comprimento dos trens é limitado pelos desvios de cruzamento, quando se trata de uma linha singela, isto é, quando a mesma linha é utilizada para o tráfego nos 2 sentidos. O cruzamento entre os trens que circulam em sentido contrário ocorre sempre nesses desvios, ficando o comprimento do trem limitado à extensão do menor desvio de cruzamento da linha que está sendo percorrida.



LINHA	COMPRIMENTO TOTAL (M)	COMPRIMENTO ÚTIL (M)	AMV 32	AMV 37
Principal	-	-	4	-
L1	324,00	223,00	-	-
L2	588,00	469,00	-	-
<b>Total</b>	<b>912,00</b>	<b>692,00</b>	<b>4</b>	<b>-</b>

Fonte: SR-5 RFFSA - 1995 | Desenho: Víctor Thives dos Santos

Assim, no dimensionamento de um trem que circula em uma determinada linha, além da limitação do peso por eixo do próprio vagão e da locomotiva, em função das obras de arte e dos trilhos, existe também a limitação do número de vagões em função da potência da locomotiva com relação às condições da geometria da linha, rampas e curvas, finalizando com a determinação do comprimento máximo do trem que pode circular nessa linha.



AMV - APARELHO DE MUDANÇA DE VIA - FERROVIA TEREZA CRISTINA - SC  
*Foto: Milton Ostetto - 2011*

O AMV é um aparelho que permite ao trem passar de uma via para outra. Ele é composto por duas lâminas móveis, as agulhas ou chaves, as quais podem se deslocar entre os dois trilhos da via. Quando as rodas do truque ferroviário entram no AMV, elas são direcionadas para frente ou para o desvio, em função da posição das lâminas. Como as agulhas do AMV são as únicas peças móveis da linha ferroviária, elas sofrem grandes esforços. Eles são construídos com aços resistentes compostos de ligas especiais de manganês. Quando o AMV é acessado pelo lado das lâminas, diz-se que ele é pego pela ponta, caso contrário,

pelo salto ou calcanhar. Segundo sua disposição geométrica, o AMV pode ter designações diferentes, como curvo, paralelo ou de travessia, quando localizado numa interseção de várias vias.

O ângulo de desvio das agulhas é função de sua utilização. Se utilizado em linhas de manobras, o raio de curvatura deve atender a 180 m para um ângulo de 1°. Em vias livres, para o AMV permitir o tráfego de trens de alta velocidade em posição de desvio, o raio de curvatura deve ter 3.000 m para um ângulo de 0° 18'. Certos aparelhos permitem que em manobras pelo desvio (salto) as próprias rodas acionem as agulhas no AMV.

### **DE ACORDO COM SUA GEOMETRIA, OS APARELHOS DE MUDANÇA DE VIA PODEM SER CLASSIFICADOS EM:**

- *Simétricos – quando as duas linhas são desviadas com o mesmo ângulo. Essa conformação mostra-se vantajosa nos casos em que não existe uma ascendência marcante de uma linha sobre outra. Por proporcionar menor desgaste dos elementos, deve sempre ser almejada;*
- *Laterais – ocorre quando apenas uma linha é desviada, mantendo a outra seu traçado original. Essa conformação é a mais utilizada, por sua facilidade de implantação;*
- *Assimétricos – ocorre quando as duas linhas são desviadas com ângulos diferentes. Essa conformação mostra-se mais usual em situações que exijam limitação do espaço ou imposição de traçado.*

CORAÇÃO E  
CONTRA-  
TRILHOS  
DO AMV -  
FERROVIA  
TEREZA  
CRISTINA - SC

Foto: Milton Ostetto  
- 2011



Os principais componentes de um AMV são agulhas, aparelhos de manobra, jacaré ou coração, calços, coxins e contratrilhos.

As agulhas, duas por AMV em bitola larga ou métrica, ou três em bitola mista, marcam o início dos desvios, determinando se a composição será ou não desviada. São acionadas de forma manual ou por comando elétrico, possuindo dois estágios: posição que permita que a composição continue a trajetória da via principal; ou posição que permita a entrada ou saída do desvio. As agulhas são peças móveis e invariavelmente paralelas entre si, sendo conectadas ao aparelho de manobra por meio de barras metálicas denominadas tirante das agulhas. Seu comprimento pode variar de 3,65 a 9,14 metros, de acordo com as normas técnicas brasileiras.

O aparelho de manobra é o conjunto de todos os componentes responsáveis pelo movimento das agulhas.

### **É COMPOSTO, NORMALMENTE, PELAS SEGUINTE PEÇAS:**

- *Tirante de ligação;*
- *Trela (peça que liga a ponta das duas agulhas);*
- *Contrapeso (peça que auxilia o movimento da alavanca de manobra);*
- *Alavanca de manobra.*



AGULHA E  
ALAVANCA  
DO AMV -  
FERROVIA  
TEREZA  
CRISTINA - SC  
*Foto: Milton Ostetto  
- 2011*



O jacaré, ou coração, tem por função direcionar o rodeiro apoiado pelo contratrilho para que a composição cruze o trilho da via principal, alcançando a linha de desvio. Os jacarés podem ser constituídos por trilhos comuns cortados e cravados a uma chapa de aço assentada sobre o lastro ou por uma peça única de aço fundido. Em virtude de sua robustez e maior resistência ao desgaste mecânico, os jacarés feitos com aço-manganês têm sido preferencialmente empregados. As linhas do TGV (Trem de Grande Velocidade) da França têm coração móvel.

Calços são peças de ferro fundido utilizados para manter invariável a distância entre os trilhos e contratrilhos. Coxins são chapas colocadas sob as agulhas e mantidas sempre lubrificadas, pois sobre elas deslizam as agulhas.

Contratrilhos têm importância vital em desvio, por garantir a bitola em um trecho crítico do aparelho de mudança de via, devido, principalmente, à passagem do rodeiro na região da garganta até a ponta do jacaré. Pode ser fornecido fixo, em trilho usinado e espaçado de blocos fundidos ou ajustável, em perfil especial laminado, sendo ajustado conforme o desgaste das placas especiais de apoio.



SEQUÊNCIA DE AMVS - ESTAÇÃO DA LUZ - SP - LINHAS DA MRS

Foto: *Sílvia dos Santos - 2010*

A condição para a segurança da circulação é o AMV ter as agulhas na posição fechada, ou seja, permitir a circulação na linha principal. A maioria dos descarrilamentos ocorre quando as agulhas não estão fechadas. Para minimizar essa situação, foram inventados diferentes dispositivos. No início da era das ferrovias, um manobrador ficava a postos na via para manter as lâminas na posição correta. Posteriormente, foram utilizados contrapesos, que, sob ação da gravidade, mantinham as agulhas na posição correta. Esses equipamentos eram comandados de pontos de controle por meio de cabos e roldanas. Hoje, os Centros de Controle Operacional (CCO) operam os aparelhos de mudança de vias através de centenas de pequenos servo-motores elétricos.

O AMV é, particularmente, vulnerável à neve e ao gelo, que podem bloquear o livre movimento das agulhas. Para minimizar esse inconveniente, é utilizado o aquecimento do AMV por meio de aquecedores elétricos ou a gás. Por isso, é comum ver, durante o inverno, dezenas de botijões de gás, semelhantes aos usados nos fogões domésticos, ao longo das linhas e estações da Europa.



MÁQUINA DE MANUTENÇÃO DA VIA PERMANENTE DA FERROVIA - LINHA DUBLIN - CORK - IRLANDA

Foto: Raphael Colello dos Santos - 2008

Em função da utilização desses diversos componentes, que devem estar sempre ajustados, a execução de uma ferrovia é onerosa e necessita de manutenção permanente, para que todos os componentes possam trabalhar adequadamente.

Por exemplo, se em uma rodovia ocorrer um pequeno recalque, devido a um problema de adensamento de solo, o conjunto do pavimento acompanha esse recalque, formando uma depressão, e o rodado do caminhão também acompanha a nova conformação da pista de rolamento. Na ferrovia, esse pequeno recalque provocaria um descarrilamento, pois todo o conjunto desde os trilhos, fixações e dormentes, ficaria desalinhado e deixaria de guiar as rodas do trem.

Em função dessas características, acrescidas da pequena inclinação longitudinal, rampa de até 1%, assim como raios amplos, maiores que 500 metros (que os trens longos e pesados necessitam), o custo de implantação de uma ferrovia (trens de carga com locomotivas a diesel) é, em média, de 4 a 5 vezes o de uma rodovia de pista simples. Entretanto, deve-se lembrar que o custo operacional de uma ferrovia moderna é da ordem de US\$ 20,00/1.000 tku (tonelada x quilômetro útil), enquanto o da rodovia supera US\$ 35,00/1.000 tku.

O desempenho das locomotivas varia em diferentes relevos e com diversas condições de traçado. A carga total, mercadorias mais tara, que uma locomotiva pode transportar depende do raio das curvas horizontais e também das inclinações verticais da geometria da linha, a qual depende da topografia de cada trecho ferroviário.

# PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DOS TRECHOS DA ALL EM SANTA CATARINA

ITEM	MAFRA - SFS	MAFRA - M.RAMOS	MAFRA - LAGES
Inauguração	1913	1910	1363
Trilho	TR-37	TR-37	TR-57
Dormente	Madeira	Madeira	Madeira / Concreto
Fixação	Rígida	Rígida	Rígida / Elástica
Rampa máx.	3%	1,80%	1,30%
Raio mínimo	101m	97m	306m
Desvio mín.	355m	270m	1.145m
Lotação	2.400tb 3xG22U	760tb 2x G12	3.810 3x GT 22CUM
Vel. máx. aut.	35km/h	Sem operação	50km/h
Vel. raio mín.	36km/h	35km/h	62km/h
Sinalização	GPS	-	GPS

Fonte: Secretaria de Infraestrutura de Santa Catarina - 2006

A tabela acima apresenta três trechos ferroviários de Santa Catarina segundo diversos aspectos: inauguração, trilho, dormente, fixação, rampa máxima, raio mínimo, desvio de cruzamento de trens, lotação das locomotivas, velocidades máximas autorizadas, velocidade com o raio mínimo e tipo de sinalização.

Os trechos antigos construídos no início do século XX, com características técnicas restritas, raios mínimos da ordem de 100 metros e rampas fortes de até 1,80 % e 3,0 % no trecho da Serra do Mar, resultaram em valores pequenos de lotações das locomotivas, como mostra a tabela acima referida. Para a obtenção desses valores, foram utilizadas as seguintes trações múltiplas: tripla, três locomotivas G22U, na Serra do Mar, para o trecho entre Mafra e São Francisco do Sul; e tração du-

pla, duas locomotivas G12, no trecho entre Mafra e Marcelino Ramos, na divisa com o Rio Grande do Sul.

No trecho mais moderno, entre Mafra e Lages, de 1963, os raios maiores, 300 metros, e as rampas menores, 1,3 %, resultaram em uma lotação maior, atingindo 3.810 toneladas brutas (tara mais carga), para uma tração tripla, GT22CUM, isto é, usando três locomotivas para puxar o trem.

Considerando cada vagão com 60 toneladas de carga e 20 toneladas de tara, nos diversos trechos o número de vagões tracionados por locomotivas está apresentado na tabela abaixo:

<b>LOTAÇÃO TOTAL (TONELADAS BRUTAS)</b>	<b>TRECHO</b>	<b>LOTAÇÃO/LOCOMOTIVA (Nº DE VAGÕES)</b>
2.400	Mafra - SFS	10
760	Mafra - M. Ramos	5
3.810	Mafra - Lages	16

Fonte: Secretaria de Transporte e Obras - SC - 2006

Definição dos trens-tipo para a operação ferroviária, segundo a ANTT, no Caderno de Estudos Operacionais e de Capacidade da FIOLE: Trecho Caetité/BA – Ilhéus/BA – 2020, refere-se ao conjunto de locomotivas e vagões que circulam pela rede e transportam as cargas entre os terminais, definido para cada tipo de carga. A característica da composição é de acordo com o tipo de locomotiva utilizada, a localização das locomotivas no trem, os tipos de vagões e suas configurações de carregamento, além de outras características relacionadas ao material rodante. A definição de trem-tipo consiste na obtenção do trem mais eficiente possível dentro das limitações físicas da via, o que terá como consequência a diminuição da quantidade de trens e cruzamentos, bem como a melhora da velocidade comercial. Seu comprimento é a soma do comprimento dos vagões e locomotivas, limitado pelo comprimento dos pátios, capacidade de carga nos engates, força tratora

das locomotivas e capacidade de os trens reiniciarem seu movimento em aclave.

É importante diferenciar o trem-tipo para a operação ferroviária do trem-tipo utilizado no dimensionamento dos projetos estruturais das obras de arte especiais de uma ferrovia. A NBR 7189 “Cargas móveis para projeto estrutural de obras ferroviárias” fixa as condições exigíveis na definição dos trens-tipo brasileiros ferroviários (TB) que representam a carga móvel vertical a ser considerada nos projetos estruturais de obras novas, bem como na verificação e no reforço de obras existentes.

Os esforços resultantes da circulação do “trem-tipo operacional devem ser menores, ou iguais, aos do trem-tipo previstos nos projetos estruturais.

Em ferrovias modernas, com rampas menores de 1,0% e raios maiores que 600 metros, uma locomotiva moderna pode tracionar até 50 vagões de 100 toneladas brutas, resultando em um custo operacional bem menor quando comparado às ferrovias antigas.

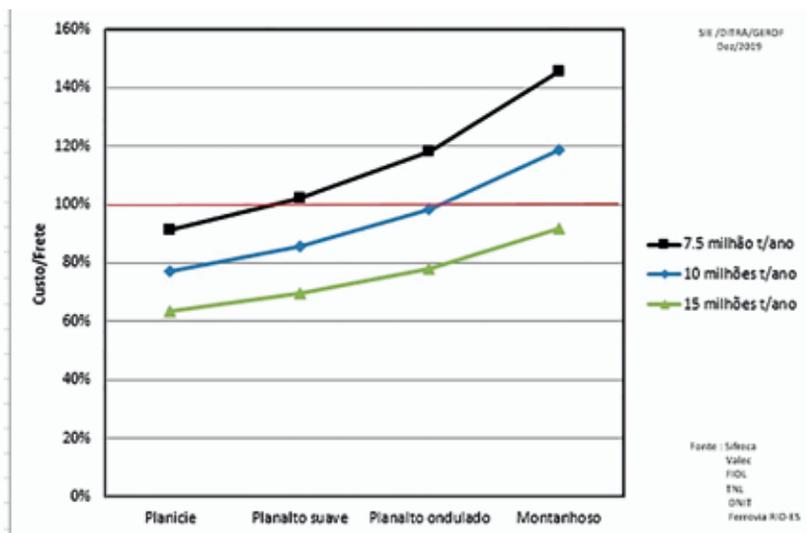
Entretanto, para se construir uma ferrovia com essas características, o custo da infraestrutura, que corresponde à terraplenagem, drenagem e às obras de pontes, viadutos e túneis, representa até 60% dos custos totais, estimados em R\$ 25 milhões por quilômetro, valores de 2019, segundo a Valec.

## ESTUDO DE VIABILIDADE: FERROVIA LESTE-OESTE SC

ALTERNATIVAS	VALOR TOTAL ESTIMADO	EXTENSÃO	CUSTO/KM
Alternativa Itajaí	R\$ 16.949.524.482,27	702,3	R\$ 24.134.307,96
Alternativa “Y”	R\$ 20.972.200.961,12	835,3	R\$ 25.107.387,72

Fonte: Valec | Valores abril de 2019

Uma ferrovia moderna, com raio de 600 metros e rampa de 1,0%, quando construída em região com relevo ondulado ou montanhoso, exige grandes volumes de terraplenagem. Essa quantidade maior de movimentação de terra, frequentemente, torna-se inviável, devido a aterros altos, os quais exigiriam viadutos extensos, com altos pilares e cortes altos, muitas vezes em regiões de geologia instável, obrigando a construção de túneis, encarecendo ainda mais as obras ferroviárias.



#### CUSTO/FRETE X DEMANDA X RELEVO PARA FERROVIAS

O gráfico acima mostra que, para relevos montanhosos, o transporte de volumes de soja é da ordem de 7,5 milhões de t/ano; durante 30 anos, o custo total (custos de investimentos na obra e material rodante e custo operacional) torna a relação Custo/Frete maior que 100%, ou seja, o frete não cobre o custo total.

Com demandas maiores ou cargas que permitem um frete maior, essa condição não ocorreria.

# Os terminais de carga

Décadas atrás, uma simples estação de estrada de ferro conseguia captar uma parcela razoável de mercadorias. As cargas eram embarcadas diretamente da estação no vagão, com o auxílio e o esforço físico de um carregador com um pequeno carrinho de mão. Atualmente, a forte concorrência das rodovias tirou da ferrovia essa posição cômoda por meio da agilidade e do serviço porta-a-porta que é oferecido aos clientes.

Ao contrário do modal rodoviário, que tem a possibilidade garantida para a execução do transporte completo até o cliente final, os outros modais necessitam de terminais de transbordo para captar um volume de carga, pois apenas uma parcela pequena das indústrias possui ramais ferroviários ou está localizada às margens de uma hidrovia, ou próxima a um porto ou aeroporto que possibilite o embarque/desembarque diretamente, sem necessitar da “ponta rodoviária”.

---

FEIXE DE  
LINHAS  
FERROVIÁRIAS  
- TERMINAL  
DE GRÃOS  
AGRÍCOLAS  
- PORTO DE  
ROUEN -  
FRANÇA

*Foto: Sílvio dos  
Santos - 1991*



---

FEIXE DE  
LINHAS  
FERROVIÁRIAS  
- TERMINAL DE  
CARGA GERAL  
- PORTO DE  
HAMBURGO -  
ALEMANHA

*Foto: Sílvio dos  
Santos - 1991*



TORRE DE CONTROLE DO PÁTIO DE DESCARGA DE MINÉRIO DE FERRO – PORTO DE TUBARÃO – ES – CIA. VALE DO RIO DOCE

*Foto: Sílvio dos Santos - 1984*

## **POR ESSE MOTIVO, OS TRANSBORDOS DEVEM SER REALIZADOS EM TERMINAIS QUE PERMITAM O TRANSPORTE DE CARGA COM AS SEGUINTE CARACTERÍSTICAS:**

- *Tempo reduzido;*
- *Operação com trens unitários, com um só tipo de carga;*
- *Não desmembramento dos vagões do trem;*
- *Alta capacidade de recepção/expedição;*
- *Capacidade de armazenagem;*
- *Bons acessos ferroviários e rodoviários;*
- *Possibilidade de manobra de composições ferroviárias;*
- *Manutenção da qualidade do produto;*
- *Informações de todos os procedimentos;*
- *Confiabilidade do serviço;*
- *Custo competitivo para usuários e provedores do serviço;*

- *Visibilidade da carga e dos veículos em todas as etapas e momentos do processo;*
- *Precisão e portabilidade documental;*
- *Abrangência global.*

Essas são as condições para se conseguir, simultaneamente, os seis fundamentos da multimodalidade: existência de terminais especializados, utilização de contêineres, responsável único, menor custo total, tempo de deslocamento razoável e fluxo de informação eficiente.

O principal desafio no transporte multimodal é garantir a eficiência do sistema como um todo, adotando uma abordagem integrada. A aplicação da multimodalidade não objetiva o favorecimento de um modal específico, mas, sim, garantir a utilização do máximo desempenho de cada um dos modais disponíveis. Para lidar com os desafios apresentados, torna-se necessário abandonar a visão segmentada do problema e adotar uma abordagem global.

Para se conseguir todas essas características, os terminais de transbordo têm que ser concebidos de modo planejado, para evitar as improvisações que determinam suas ineficiências.

### **A CONCEPÇÃO DE CADA TERMINAL DEVERIA OBEDECER AOS SEGUINTE CRITÉRIOS:**

- *Escolha adequada quanto à localização e área;*
- *Elaboração de layout funcional, que permitirá uma boa operação multimodal;*
- *Capacidade de armazenamento que desvincule os fluxos modais, reduzindo os tempos de espera;*
- *Equipamentos de movimentação que atendam à capacidade de embarque/desembarque projetada e permitam uma operação econômica para cada tipo de mercadoria;*
- *Instalações que permitam manter a qualidade de cada produto movi-*

*mentado, evitando perdas por avaria ou deterioração;*

- *Sistemas de informação eficientes.*



VIBRADOR PARA AGILIZAR A DESCARGA DE FARELOS E PELLETS DE SOJA E MILHO - BATTON ROUGE - LUISIÂNIA - EUA

*Foto: Sílvio dos Santos - 1993*



RAMAL FERROVIÁRIO DE ACESSO AO SILO VERTICAL DE GRÃOS - EX-FEPASA - UBERLÂNDIA - MG

*Foto: Sílvio dos Santos - 1984*



RAMAL FERROVIÁRIO DE ACESSO AO SILO VERTICAL DE GRÃOS - EX -  
RFFSA - VIDEIRA - SC

*Foto: Sílvio dos Santos - 1995*



CARREGAMENTO DE GRÃOS DE UM VAGÃO ISOLADAMENTE - FERROVIA  
ALL MESOPOTÂNICA - POSSADAS - ARGENTINA

*Foto: Sílvio dos Santos - 1996*

## O LAYOUT DE UM BOM TERMINAL DE INTEGRAÇÃO DEVERIA TER AS SEGUINTE ÁREAS:

- *Recepção*
- *Estacionamento rodoviário*
- *Área de armazenamento de contêineres*
- *Transbordo rodovia-ferrovia*
- *Feixe ferroviário*
- *Expedição*



TERMINAL DE MOVIMENTAÇÃO DE CONTÊINERES - FEIXE DE LINHAS FERROVIÁRIAS E ACESSO RODOVIÁRIO - TERMINAL EUROPA - PORTO DE ROTERDÃ - HOLANDA

*Foto: Sílvio dos Santos - 2010*

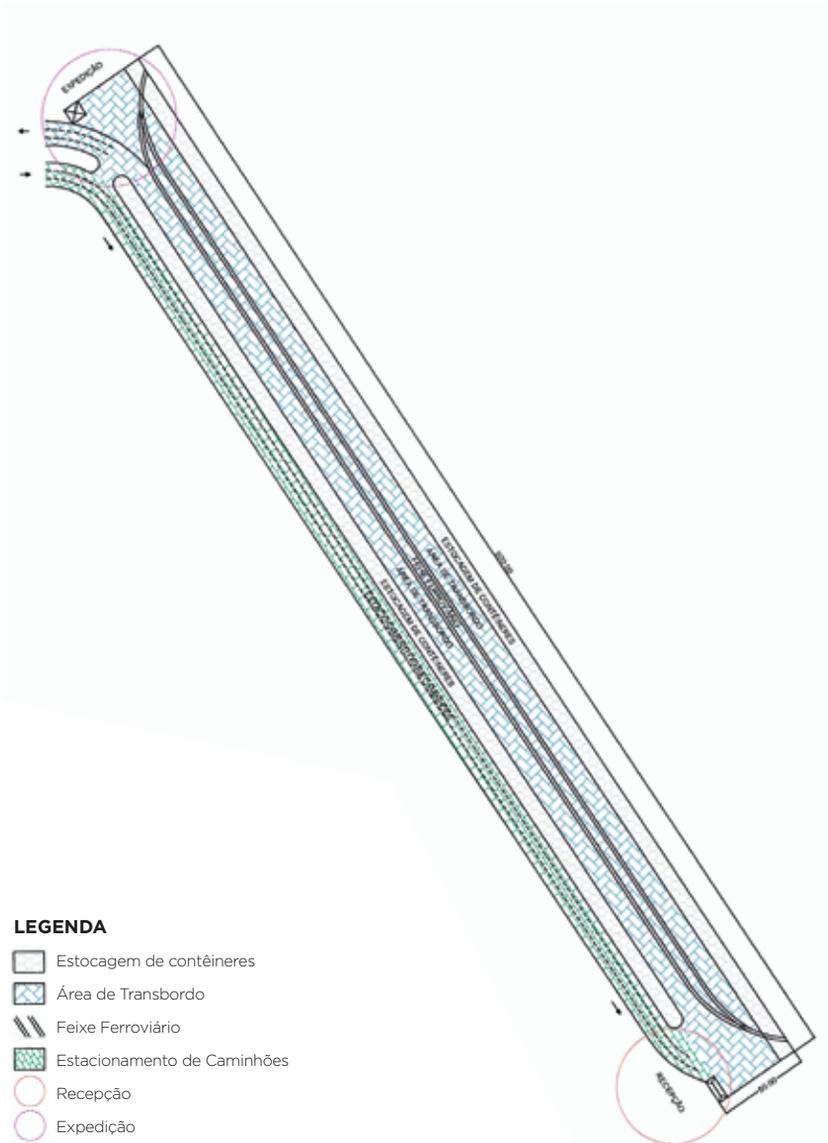
Infelizmente, as ferrovias brasileiras ainda dispõem de uma pequena quantidade de terminais de transbordo limitando a capacidade de integração. Essa carência tem limitado o fluxo ferroviário de contêineres no Brasil, sendo que a maioria desses terminais foi construída após a concessão das ferrovias à iniciativa privada, fato que tem permitido uma

integração modal.

Um bom exemplo também ocorreu em Cambé, no norte do Paraná, onde a Brado instalou um pequeno terminal junto à ferrovia Rumo Malha Sul. Após a implantação inicial, com o crescimento de área e linha ferroviária, o volume de carga chegou a  $558,4 \times 10^3$  t.

## TERMINAL DE CAMBÉ - PR - BRADO - RUMO MALHA SUL

ANO	ÁREA (M <sup>2</sup> )	EXTENSÃO (M)	CARGA 10 <sup>3</sup> T	DESCARGA 10 <sup>3</sup> T
2006	8.850	400	21,7	21,7
2012	32.324	400	220,9	220,9
2013	48.400	770	351,0	351,0
2018	48.400	770	558,4	558,4



**LEGENDA**

-  Estocagem de contêineres
-  Área de Transbordo
-  Feixe Ferroviário
-  Estacionamento de Caminhões
-  Recepção
-  Expedição

EXEMPLO DE TERMINAL FERROVIÁRIO PARA EMBARQUE DE PEQUENOS VOLUMES DE CONTÊINERES - *LAYOUT* TERMINAL FERROVIÁRIO

Fonte: *elaboração própria*

Outro exemplo de sucesso é o Terminal de Rondonópolis - MT, da Rumo Malha Norte, inaugurado em setembro de 2013, que carregou 18 milhões de toneladas em 2020, sendo 1 milhão em contêineres, 0,5 em combustíveis e 16,5 em soja e milho. Esse ótimo desempenho tornou o Porto de Santos o principal exportador de grãos do Brasil.



TERMINAL RODOFERROVIÁRIO DE RONDONÓPOLIS - MT - RUMO MALHA NORTE

Foto: ANTF

A ferrovia chega onde seus trilhos terminam, por isso necessita de combinação com o caminhão para realizar o transporte porta-a-porta que o cliente deseja. Essa integração só pode ser realizada em terminais dentro dos pátios ferroviários, em que, com instalações e equipamentos adequados, os produtos e mercadorias possam ser transferidos com rapidez, qualidade e um baixo custo.

Como a estação ferroviária não é um terminal de transbordo, as concessionárias devem utilizar os espaços disponíveis ao longo das linhas para conseguir captar parte da carga para o transporte ferroviário, por meio da construção de terminais de transbordo especializados

para cada tipo de mercadoria.

Como o número de terminais integrados à ferrovia é muito reduzido, as concessionárias deverão investir em parceria com seus clientes para aumentar essa quantidade, entretanto os investimentos realizados nos primeiros 10 anos de concessão não deram prioridade aos terminais.

Na Europa, Portugal tem utilizado a integração para aumentar a captação de carga para a ferrovia utilizando o conceito de “shuttle”, isto é, a ferrovia atendendo ao eixo principal. Na França, as estações ferroviárias foram transformadas em terminais de carga com a instalação de equipamentos de transbordo.

Outro fator positivo do transporte integrado é a transferência de tecnologia (sistema de informação, controle de armazenagem, *cross-docking*, canais de distribuição, atendimento pós-venda etc.), muito presente nos operadores logísticos que poderão migrar para o setor ferroviário.

A ferrovia americana criou a conexão ferroviária entre a Costa Leste e a Costa Oeste como alternativa ao fluxo congestionado do Canal do Panamá utilizando terminais e equipamentos adequados. O serviço ferroviário permite atender aos portos e às grandes cidades americanas com trens expressos de contêineres, equipados com vagões “double stack”, com grande escala de transporte, o que reduz significativamente as tarifas e o tempo de viagem.

A ferrovia americana é bem integrada, enquanto o número de terminais da ferrovia brasileira com os outros modos de transportes está na ordem 3 a 4 centenas; os números das ferrovias americanas somam milhares de terminais.

Outro conceito importante para a integração do modal é a parceria com as transportadoras rodoviárias, a exemplo da ex- ALL-Delara, pois essa associação resultou em atendimento coordenado e comprometimento entre os serviços oferecidos individualmente pelos transportadores em cooperação. Isto é, as mesmas características de custo e desempenho entre os transportadores participantes.

A integração com operadores rodoviários é importante, pois a ferrovia não tem sempre os trilhos conectados a todos os clientes, por isso elabora acordos recíprocos dos transbordos com outras estradas de ferro e empresas rodoviárias que servem a esses pontos.

Enquanto, no Brasil, a carga geral é pouco transportada pela ferrovia, devido à falta de terminais de transbordo e de contêineres domésticos (os contêineres marítimos estão vinculados à armadora), a Europa, que possui o modelo estatal para as ferrovias, optou pela oferta apenas da tração das composições de carga, ficando o serviço de terminais e a aquisição dos vagões por conta das operadoras de transporte de carga.

Ballou (2001), em “Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos”, afirma que o importante para as ferrovias é tracionar cargas volumosas e em grandes distâncias, pois dessa maneira estará distribuindo para custos fixos elevados, característicos das ferrovias, diminuindo os custos unitários, trabalhando com os parâmetros com os quais a ferrovia foi dimensionada.

Complementando, Ballou (2001) ressalta a importância da integração modal para a ferrovia atender aos clientes distantes da ferrovia, por meio de acordos com empresas rodoviárias e mesmo com outras ferrovias.

Lambert, Stock e Vantine (1998) também ressaltam a importância da integração entre os modos de transportes, descrevendo exemplos de associação de ferrovias com empresas rodoviárias, fazendo o serviço porta-a-porta entre a Califórnia e o Meio-Oeste americano.

No Brasil, a falta de um único responsável pelo transporte intermodal retardou a prática do transporte integrado, devido à não regulamentação dessa atividade. Somente em dezembro de 2003, a regulamentação foi editada pela ANTT, que possibilitou, finalmente, o transporte multimodal, com a criação da figura do Operador de Transporte Multimodal (OTM).

A carga geral em contêiner praticamente não existia na ferrovia brasileira. Durante o ano de 2004, foram transportados 150 mil TEU

(unidade equivalente ao contêiner de 20 pés), e em 2007 superou-se a marca de 250 mil TEU nos diversos serviços de trens expressos que são oferecidos pelas concessionárias, de acordo com as estatísticas da ANTT. Em 2010, foram transportadas 313.800 TEU, chegando a 470.042 TEU em 2019.

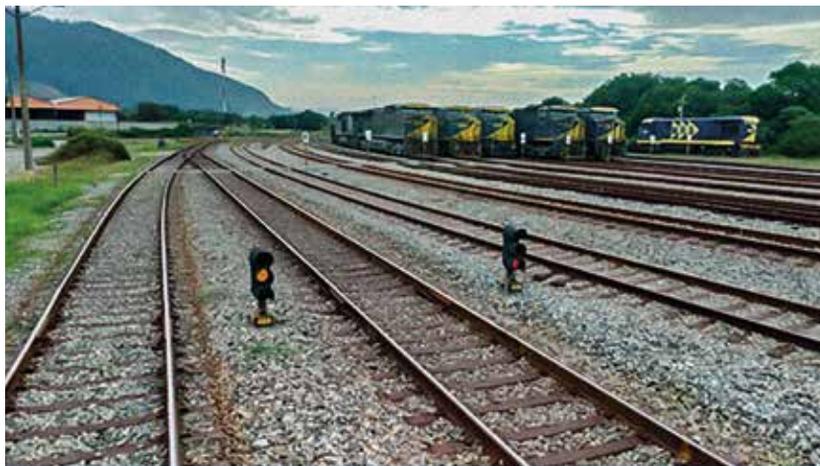


PÁTIO PARA MOVIMENTAÇÃO DE CONTÊINERES - ACESSO DAS LINHAS FERROVIÁRIAS - PORTO DE ROTERDÃ - HOLANDA

*Foto: Sílvio dos Santos - 2010*

A principal dificuldade para o serviço intermodal (vários responsáveis) ou multimodal (um só responsável) é a ausência de terminais de integração entre os modos de transporte. Segundo a Revista Ferroviária, na época, em maio de 2003, 123 novos terminais tinham sido construídos pelas concessionárias desde a privatização e, de acordo com informações da Agência Nacional de Transportes Terrestres, os terminais ferroviários ainda não totalizavam 1.000 unidades em 2007, números modestos quando comparados com a Europa ou os Estados Unidos da América, que somavam mais de 10.000 unidades, como já mencionado anteriormente.

Finalmente, outro fator que inibe a integração modal é a falta de contêineres para uso doméstico, pois os contêineres disponíveis estão vinculados ao transporte internacional de exportação e importação.



FEIXE DE LINHAS - PÁTIO FERROVIÁRIO DA MRS

*Foto: ANTF*

# Os trens de carga das ferrovias brasileiras

A primeira ação para a modernização da ferrovia brasileira, a opção pelo modelo americano, está relatada em “150 Anos de Ferrovia no Brasil”, edição especial da Revista Ferroviária em abril de 2004, da Associação Nacional de Transportadores Ferroviários, quando, em 1952, Vargas incluiu o sistema ferroviário na pauta da Comissão Mista Brasil-Estados Unidos.

A criação da Rede Ferroviária Federal S. A. também tem origem no segundo governo de Vargas, entre 1950 e 1954, segundo a Associação Nacional de Transportadores Ferroviários (2004).

### **APÓS OS ESTUDOS DA COMISSÃO MISTA BRASIL - ESTADOS UNIDOS, A FERROVIA BRASILEIRA COMEÇOU A MUDAR, ADOTANDO:**

- *Tração diesel-elétrica em substituição à tração a vapor;*
- *Truque de 2 eixos com 20 toneladas/eixo;*
- *Trilhos pesados;*
- *Engates do tipo americano, em substituição ao tipo europeu;*
- *Freios com ar comprimido, em substituição a vácuo;*
- *Erradicação dos ramais deficitários;*
- *Prioridade para o transporte de carga;*
- *Trens unitários;*
- *Trens longos.*

Com essas modificações, a ferrovia brasileira adotou o padrão americano, o qual se tornou seu principal fornecedor de material rodante, vagões e locomotivas, e material ferroso: trilhos, fixações e aparelhos de mudança de via. Posteriormente, com a industrialização do Brasil, essa fabricação ocorreu aqui, inclusive das locomotivas.

Entretanto, a mudança para o padrão americano não recuperou as ferrovias brasileiras, pois, ao contrário dos Estados Unidos, a administração e operação das ferrovias brasileiras estava sob o regime estatal.

No regime estatal, começa o declínio operacional; novas linhas não são construídas. Apesar de optar pelo modelo americano e ter a mesma área territorial, a malha brasileira é praticamente 10 vezes menor, fator que limita a participação da ferrovia na matriz de transporte. A extensão da ferrovia brasileira, de 35 mil quilômetros, foi diminuída com a erradicação dos ramais antieconômicos, durante as décadas de 1960 e 1970.

## **NOVAS LINHAS SOMENTE FORAM CONSTRUÍDAS A PARTIR DO FINAL DA DÉCADA DE 1980 COM AS FERROVIAS:**

- *Estrada de Ferro Carajás – 996,7 km – Maranhão e Pará;*
- *Ferroeste – Paraná – 248,1 km;*
- *Ferronorte – Mato Grosso do Sul e Mato Grosso – 735,3 km;*
- *Ferrovias Norte Sul – Tramo Norte – 744,5 km – Maranhão e Tocantins;*
- *Ferrovias Norte Sul – Tramo Sul – 1537,0 km – Tocantins, Goiás, Minas Gerais e São Paulo.*

Nos anos 2000, foram construídas as complementações da FNS tramo norte, de Açailândia/MA a Porto Nacional/TO, e o tramo sul, de Porto Nacional/TO à Estrela D'Oeste/SP. A Ferronorte de Alto Araguaia chegou a Rondonópolis.

As obras da Ferrovia Transnordestina e da Ferrovia de Integração Leste Oeste na Bahia estavam paralisadas e foram retomadas em 2021.

A privatização da RFFSA foi incluída no Plano Nacional de Desestatização por meio do decreto nº 473, de março de 1992, e o BNDES ficou responsável pela gestão do plano. O BNDES, por meio de licitação pública, contratou a elaboração dos estudos e avaliações preliminares, com o objetivo de estabelecer o preço mínimo e definir o modelo de concessão mais adequado. O modelo aprovado consistiu basicamente na divisão da RFFSA em seis malhas e propôs a concessão da operação à iniciativa privada por um prazo de 30 anos, com arrendamento dos ativos operacionais. O modelo de concessão também estabeleceu metas para a redução de acidentes e o aumento da produção ferroviária.

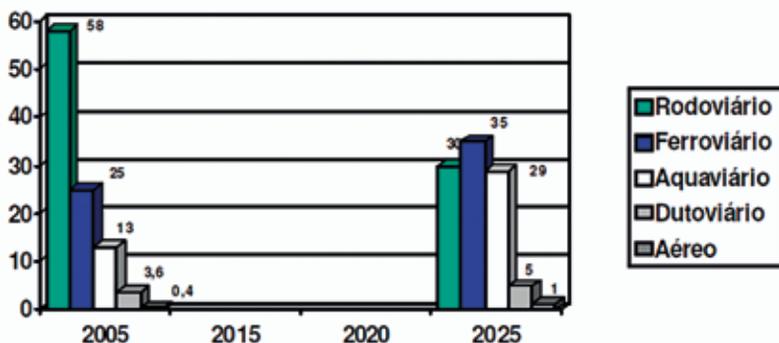
As concessionárias receberam a malha da RFFSA e seus equipamentos em mau estado de conservação. A frota de locomotivas com idade média elevada não recebia o suporte financeiro para a manutenção adequada, a qual dependia de peças de reposição importadas. As consequências foram graves e desencadearam um processo de cannibalização (utilização de peças de locomotivas paralisadas) e atrasos nos programas de manutenção preventiva. Praticamente, o mesmo

ocorreu com a frota de vagões, porém sem dependência de peças de reposição do mercado externo.

Como resultado dessa situação, a ferrovia, antes da privatização, participava com 20 % da matriz de transportes de carga no Brasil, deslocando principalmente minério de ferro, combustíveis e grãos agrícolas, mas muito pouco de carga geral.

Após a privatização, houve um aumento da produção ferroviária, e a participação da ferrovia subiu para 25 % em 2005, valor questionado por muitos, mas utilizado no PNL - Plano Nacional de Logística e Transportes. Entretanto, como houve o crescimento de todo o mercado de cargas, os resultados da privatização são modestos; a ferrovia ainda transporta pouca carga geral, e o uso de contêineres é muito pequeno.

A eficiência ferroviária, em transporte de grandes quantidades a grandes distâncias, adequada aos países de dimensões continentais como o Brasil, não está presente em toda a malha ferroviária brasileira, restringindo-se aos fluxos de minério de ferro e do complexo da soja, e este último não atende plenamente. As composições de minério de ferro, da concessionária Vale na Estrada de Ferro Carajás, circulam com 330 vagões.



MATRIZES DE TRANSPORTE DE CARGA - EXISTENTE EM 2005 E PROPOSTA PARA 2025

Fonte: PNL - 2009

A maior parte da malha opera em condições deficientes, em que as vantagens da ferrovia não prevalecem sobre a rodovia. A densidade ferroviária baixa mostra que o transporte sobre trilhos está historicamente restrito aos corredores de exportação, e o pequeno fluxo entre as concessionárias indica que a impedância ao transporte em longa distância é grande.

A privatização não resolveu as principais ineficiências da ferrovia, as viagens são curtas, as velocidades são baixas e a integração modal é pequena.

Com a privatização ocorrida na segunda metade da década de 1990, a ferrovia brasileira começou uma recuperação. De acordo com a Superintendência de Serviços de Transporte de Cargas da Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT), o transporte ferroviário no país, em 2009, representava 25% do total em relação à matriz de transportes.

Ajustes e adequações foram necessários para que a ferrovia pudesse realmente cumprir seu papel importante no transporte de carga no Brasil e atingir a meta prevista pelo PNL T para 2025, com o equilíbrio entre os três modais:

## MATRIZ DE TRANSPORTES BRASILEIRA SIMULADA EM 2 CENÁRIOS

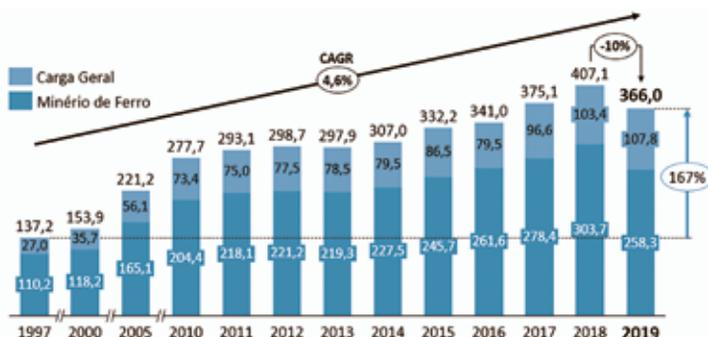
MODO	CENÁRIO 1 - PROJETOS EM ANDAMENTO		CENÁRIO 2 - EMPREENHIMENTOS PREVISTOS	
	TKU (BILHÕES)	PERCENTUAL DA MATRIZ	TKU (BILHÕES)	PERCENTUAL DA MATRIZ
Aeroviário	1,74	0,06%	1,74	0,06%
Cabotagem	260,93	8,52%	253,00	8,11%
Dutoviário	46,75	1,53%	46,75	1,50%
Ferrovário	1005,30	32,84%	1124,45	36,05%
Hidroviário	39,87	1,30%	42,73	1,37%
Rodoviário	1706,54	55,75%	1650,05	52,91%
<b>Total</b>	<b>3.061,13</b>		<b>3.118,72</b>	

Fonte: EPL (2021)

O PNL – Plano Nacional de Logística, em elaboração pela EPL – Empresa de Planejamento e Logística, prevê que no Cenário 1, com a conclusão das obras de andamento, a meta prevista para a ferrovia de 32,84% seria atingida em 2035, e no Cenário 2 com outros empreendimentos previstos, poderia chegar a 36,05%.

Previsões otimistas de 40% poderão ocorrer em função dos novos projetos, devido ao marco legal das ferrovias, aprovado em dezembro de 2021.

Os números da ANTF – Associação Nacional de Transportadores Ferroviários registraram uma produção de transportes de 132,7 milhões de Toneladas por Quilômetro Útil (TKU) em 1997. Em 2018, o valor recorde foi de 407,1 milhões de Toneladas por Quilômetro Útil (TKU), caindo para 366,0, o que representa uma taxa de crescimento anual composto de 4,6% (CAGR) de 1997 a 2019.



#### PRODUÇÃO DO TRANSPORTE FERROVIÁRIO (BILHÕES DE TKU)

Fonte: ANTT, Compilação ANTF

CAGR = Taxa de Crescimento Anual Composta

TU = Toneladas Úteis | TKU = Tonelada Quilômetro Útil Transportada

As principais cargas transportadas pelo modal ferroviário, segundo a ANTT, são minério de ferro, com 70 %, produtos siderúrgicos, soja e farelo, e demais cargas representam 30 %.

Apesar de o Brasil não contar com trens de alta velocidade para

passageiros, algumas ferrovias são adequadas ao transporte de grandes quantidades de cargas a granel a baixo custo, o que permite a viabilidade de exploração e venda de matéria-prima de baixo valor agregado, como o minério de ferro.

A ferrovia moderna é utilizada no transporte de carga para operar com fretes competitivos, como a Estrada de Ferro Vitória Minas – EFVM e a Estrada de Ferro Carajás – EFC que têm as seguintes características:

- *Trens longos, de 120 a 330 vagões pesados além de grandes distâncias, pois a ferrovia, com custo fixo alto e custo variável baixo, deve diluir o custo fixo em longas distâncias e grandes lotes de carga;*
- *Geometria composta por raios grandes, mais de 300 metros, e rampas pequenas, até 1,0 %, para obter o máximo da capacidade do material rodante;*
- *Trens unitários, isto é, um só produto. Esse é um procedimento que facilita a carga e descarga e atende diretamente aos pares definidos de origem e destino;*
- *Trens expressos diretos, sem paradas intermediárias, pois estas aumentam os custos e a variabilidade do tempo, sem agregar valor ao serviço prestado;*
- *Vagões de até 100 toneladas de carga adequados às mercadorias transportadas, objetivando aumentar o aproveitamento, proteger a mercadoria com carga e descarga rápidas;*
- *Terminais de transbordo e terminais portuários em locais com boas condições de acesso e equipamentos de carga e descarga ágeis para diminuir o tempo parado das composições, o qual também não agrega valor ao serviço prestado;*
- *Sistema de sinalização moderno, que permita uma operação veloz, segura e barata;*
- *Sistema de informação moderno, que permita ao operador e aos clientes informações instantâneas da localização do lote de mercadorias e de vagões.*

Além de todas essas condições básicas, a ferrovia deve ter na linha: via permanente, obras de arte especiais e instalações complementares em bom estado de conservação e manutenção. Também deve ter locomotivas, vagões e demais equipamentos em boas condições de manutenção, para permitir índices de disponibilidade satisfatórios.



VAGÕES CARREGADOS COM MINÉRIO DE FERRO - EFVM - MG  
*Foto: ANTF*

As ferrovias da Companhia Vale do Rio Doce – CVRD, atualmente denominada apenas Vale, a Estrada de Ferro Vitória Minas - EFVM e a Estrada de Ferro Carajás – EFC, por exemplo, têm padrão internacional de desempenho.

A Estrada de Ferro Vitória Minas tem ótima produtividade por quilômetro. O índice maior, de 70,0 tku/milhão km, nos 894,2 quilômetros de linha de bitola métrica, supera as principais ferrovias do mundo no transporte de minério, as quais operam com bitolas maiores, e em mais de cinco vezes as ferrovias americanas Burlington e Union Pacific, que transportam grãos e carga geral em contêiner.

Igualmente, a Estrada de Ferro Carajás também tem grande produtividade, com o índice maior de 80 tku/milhão km. Nos seus 996,7 quilômetros de linha de bitola de 1,60m, operam trens de mais de 300 vagões, os quais utilizam a totalidade da capacidade da via singela. As obras de duplicação da via já foram iniciadas. A EFC supera suas concorrentes internacionais no transporte de minério de ferro.

A MRS Logística, concessionária que atende à região sudeste do Brasil, tem a bitola larga de 1,60 m e também possui características operacionais excelentes no transporte de minério e carvão.

Finalmente, a Ferronorte – Ferrovias Norte Brasil, projetada no final dos anos 80 e construída a partir de 1992, tinha por objetivo ser uma ferrovia para o transporte de soja da região Centro-Oeste, utilizando as mesmas características acima descritas. Apesar das diversas mudanças de direção e da dificuldade do tráfego nas antigas linhas da Fepasa, a Ferronorte tem transportado uma parcela importante da produção agrícola brasileira.

Infelizmente, além das ferrovias que são especializadas no transporte de grandes quantidades de cargas a granel de minério de ferro e grãos agrícolas, nossas demais ferrovias, de um modo geral, têm uma velocidade baixa. O gargalo é resultado da má conservação da via permanente.

Como a linha ferroviária está assentada sobre uma estrutura composta por vários elementos, como lastro, dormentes, fixações, trilhos etc., a falta de manutenção desses elementos resulta imediatamente em uma diminuição de velocidade do trem.

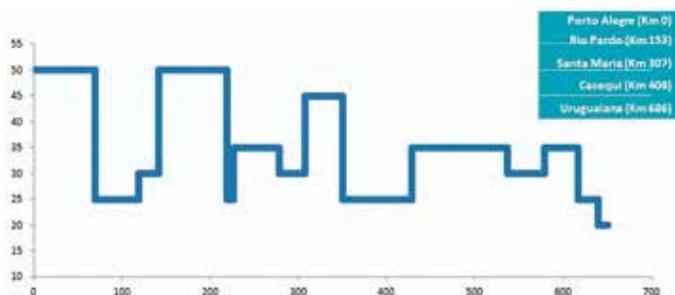
No gráfico abaixo, nota-se a velocidade máxima permitida de uma típica ferrovia brasileira com manutenção postergada, na qual ocorreu uma variação de 20 a 50 km/h. Os números são extremamente baixos, resultado da limitação de velocidade, com a finalidade de evitar acidentes.

Essa situação foi fruto do grande período de abandono das ferrovias, ocorrido anteriormente à privatização do setor, em que as concessionárias estão tentando minimizar os investimentos na via perma-

nente e na sinalização. Entretanto, diversos trechos ferroviários não receberam melhorias e, lamentavelmente, outros estão abandonados.

Outro problema mostrado pelo gráfico é a não padronização dos desvios de cruzamento de trens, fato que resulta em trens de tamanhos diferentes, os quais necessitam de remanejamentos, com a inclusão e a retirada de vagões, resultando em manobras e custos adicionais.

Velocidade Máxima Trecho Porto Alegre e Uruguaiana



TRAÇÃO	DUPLA G22UC	TRIPLA G22UC	TRIPLA G12	TRIPLA G12
Nº de vagões	55 vagões	78 vagões	55 vagões	35 vagões
Desvio Cruzamento	825m	1170m	825m	525m
Carga útil	3960t	5616t	3960t	2520tu

#### FERROVIA ANTIECONÔMICA

Fonte: *Sílvio dos Santos - 2011*

Se numa primeira etapa as concessionárias investiram em vagões e locomotivas, o investimento na via permanente é inadiável, pois sem a devida manutenção a tendência será de velocidades mais baixas, diminuindo as vantagens da ferrovia.

A troca de trilhos e dormentes, a utilização de fixação elástica e

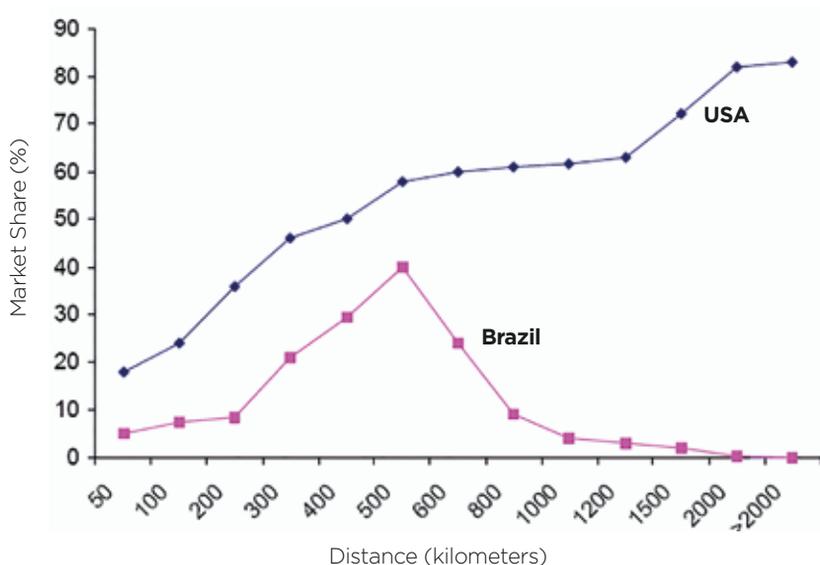
trilhos soldados, somados à recuperação do lastro, permitirão fazer o realinhamento da linha, que resultará em velocidades maiores, além de um tráfego mais seguro, com menos acidentes.

A velocidade média comercial anual representa a velocidade desenvolvida pelo trem entre sua formação e encerramento, seja na chegada à estação de destino, seja na passagem por estação de intercâmbio, considerando todos os tempos de parada, exceto os tempos excessivos (anormais), os quais são expurgados.

<b>CONCESSIONÁRIAS</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>
América Latina Logística Malha Norte S.A.	24,28	23,86
América Latina Logística Malha Oeste S.A.	17,99	18,18
América Latina Logística Malha Paulista S.A.	26,15	23,83
América Latina Logística Malha Sul S.A.	21,48	20,91
Estrada de Ferro Carajás	24,28	29,27
Estrada de Ferro Paraná Oeste - Ferroeste	22,22	22,62
Estrada de Ferro Vitória a Minas	22,55	23,87
Ferrovias Centro-Atlântica S.A.	15,07	14,99
Ferrovias Norte Sul	25,50	28,72
Ferrovias Tereza Cristina S.A.	18,94	18,58
MRS Logística S.A.	17,54	17,17
Transnordestina Logística S.A.	11,66	11,30
<b>Média Total</b>	<b>20,61</b>	<b>21,11</b>

Fonte: Velocidade média comercial ANTT - 2010

Enquanto nos Estados Unidos as ferrovias ganham mercado em distâncias maiores que 500 km, no Brasil deixam de competir com a rodovia após esses 500 km, segundo estudo da ALL e Harvard, de 2004.



**MARKET SHARE FERROVIÁRIO (1999-2001) SEGUNDO A DISTÂNCIA DE TRANSPORTE - BRASIL E ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA**

Fonte: ALL - Harvard Business School, 2004

Os fluxos ferroviários são restringidos pelos limites das fronteiras geográficas das empresas que detêm as concessões, pois não têm vantagens econômicas de circular nas linhas das concorrentes.

Segundo Newton de Castro (2002), a distância média de transporte, pós-desestatização, permaneceu praticamente inalterada de 1995 a 1999. Esse fato permite uma análise importante na evolução das áreas de abrangência das concessionárias, e pode-se concluir que: como a distância média cresceu pouco, o transporte ferroviário está restrito a cada concessionária e justifica a média geral de 555 km em 2003, segundo a ANTT.

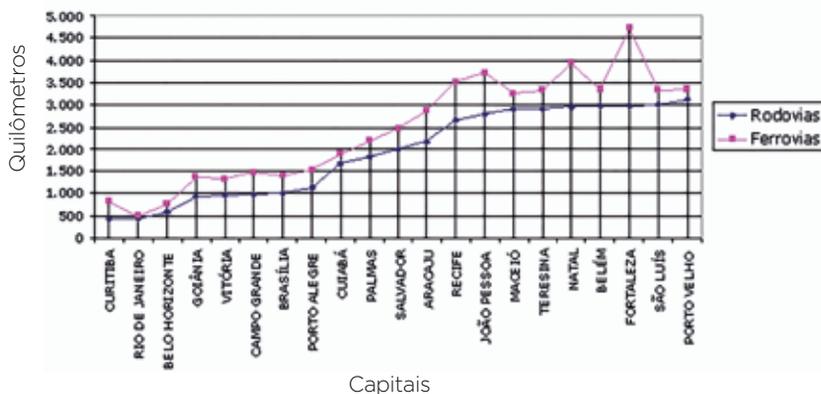
## AS BARREIRAS AO AUMENTO DA DISTÂNCIA DE TRANSPORTE TÊM BASICAMENTE QUATRO ORIGENS:

- *A diferença entre as distâncias ferroviárias e rodoviárias cresce para as grandes viagens.*
- *Dificuldades para a circulação ferroviária nos grandes centros urbanos.*
- *Restrições impostas pelos acordos de tráfego mútuo e direito de passagem.*
- *Diferenças de bitola.*

Entretanto, na última década, com as novas ferrovias em operação, a distância média de transporte nas concessionárias tem aumentado, atingindo 741 km em 2019. Em 2021, com o início da operação do trecho sul da Ferrovia Norte Sul, denominada Malha Central, da Rumo Logística, será permitido o tráfego em bitola larga, desde o porto de Santos/SP até o Porto de Itaqui/MA, dando a possibilidade de transporte ferroviário tanto para *comodities* agrícolas como para carga geral industrializada. Essa nova alternativa de transporte a longa distância irá permitir o aumento da distância média de transporte, fato que já ocorre na Rumo Malha Norte, ex-Ferronorte, cuja distância média de transporte é da ordem de 1.500 km.

A MRS, utilizando as regras do tráfego mútuo e direito de passagem, tem operado trens na Malha Paulista da Rumo Logística com destino ao Porto de Santos.

O gráfico a seguir indica que a distância ferroviária é maior que a distância rodoviária das capitais brasileiras até São Paulo. Essa diferença aumenta para os percursos mais longos. Pode-se observar que para as capitais do Nordeste a diferença é significativa – em alguns casos, até de 40%, devido à geometria antiga da malha ferroviária.



### DISTÂNCIAS ATÉ SÃO PAULO

*Para a elaboração do gráfico nas capitais sem ferrovia, foi considerado o transporte combinado ferrovia-rodovia | Fonte: Labtrans/UFSC - 2005*

Em relação aos grandes centros urbanos, São Paulo, Rio de Janeiro e Belo Horizonte, o serviço de transporte urbano de passageiros ocupa as mesmas linhas do transporte de carga, fato que gera severas restrições de capacidade ao tráfego de composições de carga.



### TREM DE CARGA DA MRS TRAFEGANDO PELA ESTAÇÃO DA LUZ - SÃO PAULO - SP

*Foto: Sílvio dos Santos - 2021*

A prioridade ao transporte de passageiro nos horários de pico obriga os trens de carga a circularem apenas nas janelas de tempo, durante o pico do horário de almoço e no período pós-pico noturno até a madrugada. Este último também comprometido pela manutenção da via permanente.

Também as dificuldades originadas pelas regras de tráfego mútuo e direito de passagem, com acréscimos tarifários, intercâmbio de material rodante, restrições de abastecimento, manutenção e troca de equipagem, influenciam negativamente o fluxo entre as concessionárias.

Finalmente, as diferentes bitolas também dificultam a interpenetração das concessionárias, a exemplo do fluxo de bitola métrica da FCA, de Salvador para São Paulo, o qual necessita cruzar Minas Gerais via Uberaba, pois a linha mais direta da MRS é de bitola larga (1,60m).

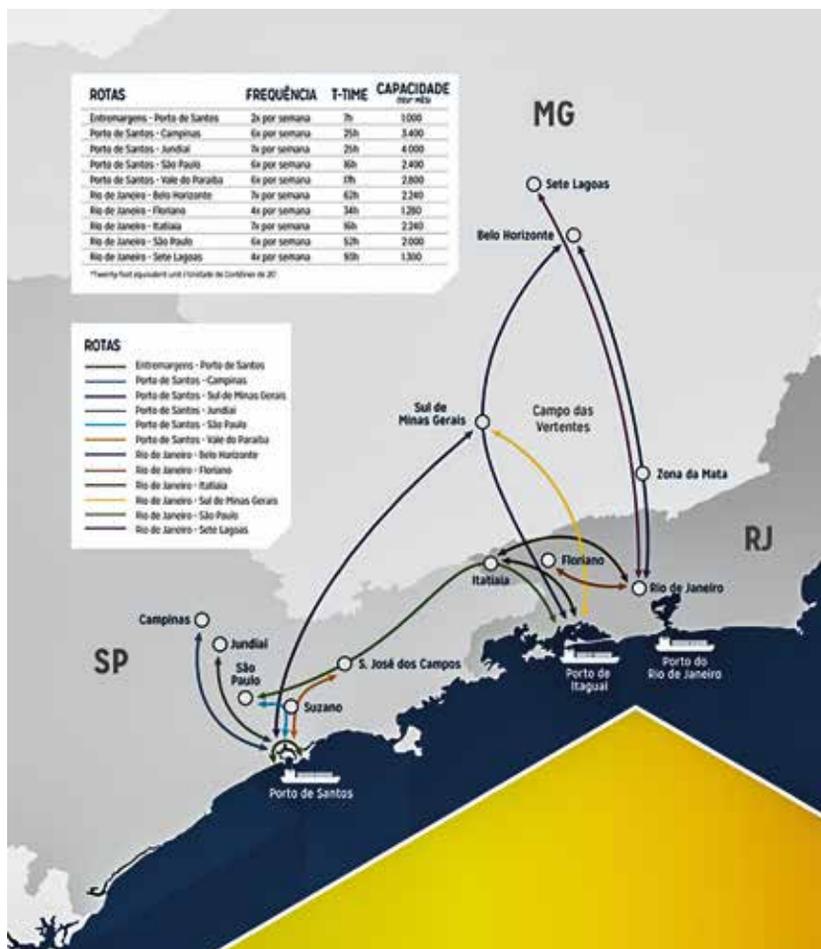
A carga geral em contêiner praticamente não existia na ferrovia brasileira até os anos de 1990. Menos de 3,5 mil TEU (unidade equivalente ao contêiner de 20 pés) foram transportados durante o ano de 1997, o primeiro da privatização da operação ferroviária.

ROTAS	TRANSIT TIME	FREQUÊNCIA	CAPACIDADE
Baixada Santista / Jundiáí	10h	Seg. a sex.	70 TEU's / sentido
Baixada Santista / Campinas	14h	Seg. a sex.	70 TEU's / sentido
Baixada Santista / Paulínia	18h	Seg. a sex.	70 TEU's / sentido
Baixada Santista / Caçapava	14h	Dom. a qua.	80 TEU's / sentido
Baixada Santista / Caçapava Guaratinguetá	20h	Dom. a qua	80 TEU's / sentido
Rio de Janeiro / Juiz de Fora	12,5h	Seg. a sex.	44 TEU's
Rio / Juiz de Fora / Belo Horizonte	27h	Seg. a sex.	30 TEU's

TRENS EXPRESSOS DE CONTÊINERES NA MRS, EM 2003

Fonte: MRS

Durante os primeiros 10 anos de concessão, vários serviços de trens expressos de contêineres começaram a circular nas diversas operadoras e, de acordo com as estatísticas da Revista Ferroviária, em 2002, ultrapassaram a marca de 100 mil unidades de 20 pés.



ROTAS DOS SERVIÇOS DE CONTÊINERES DA MRS - 2020

Em 2020, o serviço de contêineres tornou-se mais abrangente, com maior capacidade de transporte, atendendo também às regiões tradicionalmente agrícolas, como o Terminal de Rondonópolis/MT, inclusive com vagões *double-stack*.



#### TRANSPORTE DE CONTÊINERES (TEU'S)

Fonte: ANTF

Em 1997, de acordo com as estatísticas da Associação Nacional dos Transportadores Ferroviários (ANTF), o volume de contêineres foi apenas de 3.459 TEU's e atingiu, em 2019, o total de 470.042 TEU's, representando uma taxa de crescimento anual composta de 25 % (CAGR) de 1997 a 2019.

Entretanto, a carga transportada por contêineres ainda é pequena e representou aproximadamente 1 % do total movimentado pelas ferrovias brasileiras em 2019.

A interiorização do contêiner e o uso doméstico no transporte integrado esbarra na escassez de contêiner tanto no comércio internacional como na cabotagem. A expansão comercial da China, os fluxos desbalanceados entre exportação e importação e a posição geográfica no Brasil, fora das grandes rotas de navegação, são os principais fatores da falta de contêineres no país, já relatava em 2004 Ildelfonso Cortês, em sua apresentação "Indústria de Construção Naval Brasileira", no BNDES.

# RESULTADOS DAS FERROVIAS BRASILEIRAS EM 2019

PRODUÇÃO FERROVIÁRIA 2019 - ANTT

CONCESSÃO	TU	TKU	KM
EFC	193.571.861	174.485.955.761	901
EFPO	686.526	360.833.618	526
EFVM	92.617.231	51.105.653.247	552
FCA	29.775.450	22.972.499.251	772
FNSTN	9.274.222	8.863.520.828	956
FTC	2.986.261	233.472.410	78
FTL	2.282.030	574.724.753	252
MRS	106.010.135	48.088.216.135	454
RMN	25.632.214	38.495.572.375	1.502
RMO	3.509.920	819.509.581	233
RMP	5.818.185	6.283.108.279	1.080
RMS	22.328.706	14.124.565.446	633
<b>Total</b>	<b>494.492.741</b>	<b>366.407.631.684</b>	<b>741</b>

# RESULTADOS DAS FERROVIAS BRASILEIRAS EM 2020

PRODUÇÃO FERROVIÁRIA 2020 - ANTT

CONCESSÃO	TU	TKU	KM
EFC	195.737.931	177.376.810.397	906
EFPO	300.004	118.970.444	397
EFVM	70.460.106	39.170.197.357	556
FCA	33.308.694	23.512.291.882	706
FNSTN	9.956.411	9.570.273.755	961
FTC	3.042.205	235.555.795	77
FTL	2.732.370	632.093.716	231
MRS	115.249.230	52.574.369.774	456
RMN	26.194.944	39.208.920.461	1.497
RMO	2.459.901	468.508.213	190
RMP	8.097.876	8.414.334.133	1.039
RMS	22.079.339	13.962.434.985	632
<b>Total</b>	<b>489.619.011</b>	<b>365.244.760.912</b>	<b>746</b>

A queda de aproximadamente 1 % na tonelagem total transportada foi decorrente da diminuição das atividades econômicas, devido à pandemia da Covid-19.

TREM DE  
CARGA GERAL  
- VAGÕES  
DE CIMENTO  
E VAGÕES  
FECHADOS -  
MRS

*Foto: ANTF*



O mesmo problema, de desbalanceamento dos fluxos de cargas, ocorre entre as regiões do Brasil. Para produtos de alto valor agregado, 3 a cada 4 toneladas transportadas (75 %), circulam entre as regiões Sudeste e Sul, segundo estudos da Universidade Federal de Santa Catarina. As outras regiões, Centro-oeste, Norte e Nordeste, respondem apenas por 25%.

No Brasil, a falta de um único responsável pelo transporte multimodal também retardou a prática do transporte integrado, devido à não regulamentação dessa atividade. Somente em dezembro de 2003 a regulamentação foi editada pela ANTT, que possibilitou, finalmente, o transporte multimodal, com a criação da figura do Operador de Transporte Multimodal (OTM), como já mencionado anteriormente.

Se a experiência brasileira com trens de contêineres estava apenas no início em 1997, o transporte por ferrovia de granéis, minérios e grãos agrícolas já estava historicamente bem desenvolvido, desde a implantação da EFVM, na década de 1940, ampliada com a EFC, na década de 1990, e consolidada na década de 1990 com a Ferronorte, atual Rumo Malha Norte, com

a FNS, atingindo quase meio bilhão de toneladas transportadas em 2019.

**MENCIONANDO A CANADIAN PACIFIC CONSULTING, EM “FERRONORTE – PERFIL DO EMPREENDIMENTO” (1992). UMA FERROVIA MODERNA UTILIZADA NO TRANSPORTE DE CARGA, PARA OPERAR COM FRETES COMPETITIVOS, DEVE TER AS SEGUINTE CARACTERÍSTICAS:**

- *Trens longos, pesados e grandes distâncias, pois a ferrovia com custo fixo alto e custo variável baixo deve diluir o custo fixo em longas distâncias e grandes lotes de carga;*
- *Geometria composta por raios grandes e rampas pequenas, para obter o máximo da capacidade do material rodante;*
- *Trens unitários, procedimento que facilita a carga e descarga, e atende diretamente aos pares definidos de origem e destino;*
- *Trens expressos diretos (sem paradas intermediárias), pois as paradas aumentam os custos e a variabilidade do tempo, sem agregar valor ao serviço prestado;*
- *Vagões adequados às mercadorias transportadas, visando aumentar o aproveitamento e proteger a mercadoria com carga e descarga rápidas;*
- *Terminais de transbordo e terminais portuários em locais com boas condições de acesso e equipamentos de carga e descarga ágeis, para diminuir o tempo parado das composições, o qual também não agrega valor ao serviço prestado;*
- *Sistema de sinalização moderno, que permita uma operação veloz, segura e barata;*
- *Sistema de informação moderno, que permita ao operador e aos clientes informações instantâneas da localização do lote de mercadorias e de vagões.*

Além de todas essas condições básicas, reafirmando o que foi descrito anteriormente, a ferrovia deve ter linha, via permanente, obras de arte

especiais e instalações complementares em bom estado de conservação e manutenção. Analogamente, também deve dispor de locomotivas, vagões e demais equipamentos em boas condições de manutenção, para permitir índices de disponibilidade satisfatórios, pois a ferrovia somente poderá usufruir de suas características principais, e de transporte barato para grandes volumes a grandes distâncias se todo o sistema estiver trabalhando harmoniosamente.

Exemplos de ferrovias modernas são as das seguintes empresas: Union Pacific Railroad, Burlington Northern and Santa Fé Railway Co. – BNSF Railway, CSX – Corporation, Canadian Pacific Railroads – CP Rail, Ferrovias Norte Brasil S.A. – Ferronorte, Estrada de Ferro Vitória Minas e Estrada de Ferro Carajás.

A Ferronorte – Ferrovias Norte Brasil, hoje parte integrante da Rumo Malha Norte, idealizada no final dos anos de 1980, projetada no início dos anos de 1990 com consultoria da Canadian Pacific Consulting, e construída a partir de 1992, teve por objetivo ser uma ferrovia para o transporte de soja da região Centro-Oeste, utilizando as mesmas características acima descritas. Em 2009, oitavo ano de operação, a Ferronorte transportou mais de 10,3 milhões de toneladas de carga, principalmente grãos, pellets e farelos de soja, chegando, em 2019, a 25,6 milhões de toneladas, com distância de transporte de 1502 km, a maior das ferrovias brasileiras.

TREM UNITÁRIO  
DE SOJA -  
RUMO MALHA  
NORTE -  
TRECHO ALTO  
ARAGUAIA A  
RONDONÓPOLIS  
- MT

Foto: ANTF



# O transporte ferroviário de carga na América do Norte

A construção dos canais de navegação fluvial foi praticamente interrompida pelo surgimento da ferrovia na década de 1830 do século XIX. A extensão total das vias navegáveis atingiu um total de 26.000 milhas, o correspondente a 41.600 quilômetros, valores expressivos para a época.

A partir da metade do século XIX, as ferrovias americanas foram o meio de transporte mais utilizado até a II Guerra Mundial, praticamente no meio do século XX. A partir dessa data, os caminhões começaram a evoluir na mecânica (motor e transmissão) e, principalmente, na tonelage transportada, ultrapassando as cinco toneladas, medida padrão desses veículos no período pré-guerra.

As ferrovias, por sua vez, atingiram a extensão de 450.000 quilômetros em seu apogeu, somadas às linhas principais, as chamadas transcontinentais, e aos pequenos ramais, denominados “shortlines”. Uma verdadeira rede capilar que atingia a totalidade das áreas produtivas do país.

Nos anos de 1970, a concorrência rodoviária exigiu a desregulamentação das ferrovias. Desde o Ato Staggers, de 1980, as ferrovias têm recebido centenas de bilhões de dólares em equipamentos e infraestrutura, melhorando dramaticamente a segurança, o volume de serviço e a eficiência. Ao mesmo tempo, as tarifas caíram substancialmente, tornando os fretes americanos os mais efetivos do mundo para o serviço ferroviário. Simultaneamente, o Ato Staggers erradicou os ramais antieconômicos e deu prioridade para a operação dos grandes eixos ferroviários. Essa ação diminuiu a extensão ferroviária americana para os atuais 264.200 quilômetros.

A nascente indústria automobilística das primeiras décadas do século XX se firmou como meio de transporte de carga após a II Guerra Mundial. A evolução dos veículos cuja capacidade atingiu 50 toneladas foi acompanhada de uma fantástica construção de rodovias, principalmente as autoestradas, chamadas de *highways*, com pistas duplas com interseções e trevos em níveis separados. Na década de 1960, sua extensão somava mais de 3.500.000 milhas o equivalente a aproximadamente 5.800.000 quilômetros, ultrapassando 4.000.000 de milhas na virada do século XXI.

Finalmente, os oleodutos seguiram a mesma tendência da diminuição das ferrovias, agora utilizados para atender principalmente a ligação das refinarias aos grandes centros de distribuição, tendo ocorrido

uma redução de extensão total de 400.000, em 1960, para 255.000 quilômetros em 2005.

Entretanto, a evolução da rede de gasodutos foi fenomenal, atingindo taxas de crescimento maiores do que as ocorridas nas rodovias, principalmente devido ao intensivo uso industrial e residencial do gás natural, cuja rede de distribuição com capilaridade abastece diretamente esses consumidores.

A ferrovia sofreu a concorrência do automóvel e do caminhão praticamente em todo o mundo. O fenômeno foi mais intenso nos países subdesenvolvidos, que não investiam adequadamente nos sistemas ferroviários, devido aos altos custos, e de modo menos intenso nos países socialistas, nos quais a política de transporte centralizada era pouco adaptada à liberdade do sistema rodoviário. A Índia, por herança dos ingleses, manteve sua grande malha ferroviária em operação e sofreu uma concorrência menor da rodovia.

A América, berço do automobilismo, foi onde a ferrovia começou a sofrer uma forte concorrência e perder mercado não só para o automóvel e para o caminhão, mas também para o avião e o oleoduto.

A ferrovia americana começou a perder mercado na década de 1920. A recuperação ocorreu somente nos anos de 1960, quando houve uma modernização operacional e de equipamentos, de acordo com a *American Association of Railroads*.

A utilização da tração diesel-elétrica em substituição ao vapor, via permanente com suporte para o tráfego de trens longos e pesados, compostos por vagões de grande tonelagem, percorrendo grandes distâncias no território americano, permitiu que a ferrovia americana recuperasse o mercado perdido para os concorrentes.

A concorrência do avião, para grandes distâncias, e a de ônibus e automóveis, para médias e pequenas distâncias, exigiu uma grande redução no número de trens de passageiros. Hoje, a Amtrack, a única operadora estatal da ferrovia americana, oferece serviço de trens de passageiros utilizando as linhas das outras ferrovias, circulando com velocidade média de 80 km/h, com exceção do eixo Washington–New

York–Boston, no qual utiliza linha exclusiva, operando com alta velocidade. A ferrovia transporta menos que 5% do total de passageiros.

## CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DAS FERROVIAS NOS EUA

Trens longos	100 a 150 vagões
Vagões grandes	80 a 100 toneladas
Trens pesados	5.000 a 10.000 toneladas
Velocidade baixa	80 a 100 km/h
Tração	diesel-elétrica
Médias e longas distâncias	1.000 a 4.000 km
Trens de passageiros	nº reduzido
Administração	privada

Fonte: *Sílvia dos Santos - UFSC 2005*

Outro marco importante na recuperação da ferrovia americana foi a desregulamentação realizada na década de 1980, a qual contribuiu para a reestruturação e modernização da operação. Isso também resultou na recuperação de parte do mercado perdido, devido à importante redução dos fretes ferroviários.

As ações para a recuperação das ferrovias americanas, como já mencionado, começaram com o “Ato Staggers”, segundo Lambert, Stock e Vantine (1998), em “Administração Estratégica da Logística”. A desregulamentação reduziu a malha, a frota e o número de funcionários, o que resultou no aumento da produtividade das grandes ferrovias americanas. A reforma das tarifas também possibilitou melhores condições financeiras para as ferrovias americanas.

### ATO STAGGERS 1980

- *A produção aumentou 33%;*
- *As linhas diminuiram 30%;*
- *O número de vagões diminuiu 25%;*

- *Os funcionários diminuíram 49%;*
- *Os fretes diminuíram 50%.*

Em termos de TKU, a ferrovia representa o principal meio de transporte, deslocando 43 % das cargas. A hidrovia (15 %), somada aos dutos (15 %), também tem estruturado o modelo econômico da matriz de transporte de carga, pois utiliza os meios cujos custos e impactos ambientais e urbanos são menores. A rodovia, com os 26,5 % tem a função de integrar os modais, fazendo as pontas rodoviárias, inclusive do transporte aéreo. Finalmente, o transporte aéreo é importante para o transporte de produtos de alto valor agregado a grandes distâncias, apesar de representar apenas 0,5 % da matriz de transporte.

Esse desempenho, da ferrovia e da hidrovia, é obtido pelo uso intenso dos grandes eixos de transporte com equipamentos, trens e comboios de barcas de grande capacidade, transportando em longas distâncias. É comum a utilização de vagões especializados de alta tonelagem e trens pesados, os quais atingem mais de 10.000 toneladas. Na hidrovia, os comboios com múltiplas barcas podem transportar até 30.000 toneladas.

Esse bom aproveitamento das malhas ferroviária e hidroviária, 256.806 quilômetros (incluindo as canadenses CN e CP) e 43.000 quilômetros, respectivamente, resultam em uma alta densidade de carga por quilômetro, 17 milhões de toneladas por ano na ferrovia e 22 milhões na hidrovia, indicando um ótimo aproveitamento dessas malhas.

A matriz de transportes americana apresenta índices que mostram uma utilização dos modais de acordo com suas características funcionais e econômicas. Enquanto o transporte aéreo é utilizado em grandes distâncias, para produtos de alto valor agregado com entregas expressas, a ferrovia é adequada para produtos de grande tonelagem. Por outro lado, a hidrovia fluvial no Rio Mississipi e seus afluentes transporta combustíveis, minerais e grãos agrícolas. O caminhão, por sua vez, tem uma função de distribuição, fazendo a ponte rodoviária do

transporte porta a porta.

PAÍS	TU	EXTENSÃO (KM)	DIST. MÉDIA (KM)
Brasil em 2019	494.492.741	30.268	741
USA em 2018	1.652.970.000	264.200	1.684
USA/Brasil	3,3	8,7	2,3

Fonte: Association of American Railroads | ANTT/SAFF

Apesar da comparação com datas diferentes, as ferrovias americanas transportaram 3,3 mais mercadorias do que o Brasil, numa distância média de transporte 2,3 maior e numa malha ferroviária 8,7 vezes maior. Uma comparação difícil, devido às diferentes características do mercado, à distribuição das linhas e, principalmente, à oferta de transporte. Completando o sistema de transporte americano, a rodovia tem a função coletora/distribuidora, enquanto no Brasil o caminhão atende à extensa área sem ferrovias.

A complementação da ferrovia pela rodovia tem aumentado muito em função dos terminais multimodais e da utilização de veículos tipo *roadrailer*, os quais têm o rodado de pneus e o truque ferroviário.

Em relação aos tipos de mercadorias transportadas, os produtos de alto valor agregado (veículos e peças, eletroeletrônicos, maquinaria e produtos farmacêuticos, entre outros) registram uma alta distância média de transporte, mostrando a utilização de contêineres na ferrovia. Por outro lado, o transporte de granéis, que têm sua distância média de transporte diminuída, indica que as usinas e plantas industriais têm procurado se implantar perto das jazidas de matéria-prima.

Nos Estados Unidos, após a desregulamentação do setor ferroviário, as ferrovias têm melhorado muito a integração modal. Os trens operam de acordo com horários, mas as partidas dos trens têm menor frequência que os transportadores rodoviários. O uso de equipamentos multimodais pode neutralizar essa desvantagem. O serviço de reboque-sobre-vagão (TOFC – *trailer on flat car, piggy-back*, auto-trem)

ou contêiner-sobre-vagão (COFC- *container on flatcar*) pode oferecer a economia do transporte ferroviário combinada com a flexibilidade do caminhão.

Além do serviço expresso doméstico, a ferrovia americana faz também a ligação dos portos da Costa Leste com a Costa Oeste, transportando os contêineres da rota Europa-Ásia como uma alternativa às diversas rotas marítimas via Canal do Panamá, América do Sul ou África.

Se o modelo brasileiro optou pela regionalização das malhas, o modelo americano, apesar de também ser regionalizado, permitiu a construção de linhas ferroviárias paralelas com diversas concessionárias competindo em uma mesma região, inclusive com a participação de ferrovias canadenses, como a Canadian Pacific e a Canadian National.

Nos Grandes Lagos, na região de Chicago, Detroit, Cleveland e Toronto, a malha ferroviária é composta por diversas ferrovias “Classe I”, eixos principais e complementadas pelas *shortlines*, isto é, linhas curtas integradas aos eixos principais, que concorrem lado a lado, tornando o serviço ferroviário eficiente e barato.

## **ABAIXO, A LISTA DESSAS FERROVIAS:**

- *CSX Transportation*
- *NS Norfolk Southern*
- *CN Canadian Nacional*
- *CP Canadian Pacific*
- *KCS Kansas City Southern*
- *BNSF Burlington Northern Santa Fe*
- *UPR Union Pacific Railroad*

A concorrência entre as ferrovias Classe I ocorre em toda a Costa Leste e no Meio-Oeste, no Vale do Mississipi, onde outras grandes ferrovias também disputam o mercado de carga, sempre integradas com as dezenas de *shortlines*, como a IC (Illinois Central) e a MSTR.

A concorrência entre a BNSF e a Union Pacific se estende até a Califórnia, na Costa Leste, onde também disputam o mercado de cargas, igualmente integradas a dezenas de *shortlines*.

A conexão ferroviária entre a Costa Leste e a Costa Oeste permite ao serviço ferroviário atender também às grandes cidades americanas com trens expressos de contêineres, equipados com vagões *double stack*, com grande escala de transporte, que reduz significativamente as tarifas.

Segundo a American Association Railroads (AAR) aproximadamente 40% das cargas entre as principais cidades americanas são transportadas em uma malha ferroviária atendida por um serviço de transporte combinado, em que os contêineres carregam toda sorte de mercadoria, de eletrônicas a móveis, de sucos de laranja a ferramentas de jardinagem, além de deslocar 2/3 do carvão que produzem, metade da energia elétrica americana e 40% dos grãos.

A integração modal nas ferrovias americanas e canadenses é um processo histórico. A execução dos canais no século XVIII, assim como a implantação das ferrovias no início do século XIX, sempre teve a preocupação de integrar os modos de transporte com a produção de grãos nas pradarias americanas e canadenses.

As construções dos primeiros silos mecanizados, popularmente chamados de *elevators*, por possuírem elevadores para facilitar o carregamento das embarcações e trens, tinham a preocupação de escolher locais nos quais fosse possível concentrar a produção junto aos meios de transporte.

Esse princípio fundamental de reunir em um só ponto todas as facilidades de transporte, como vias de acesso, armazenagem e equipamentos de transbordo, moldou toda a infraestrutura de transporte e terminais da América do Norte, pois os Estados Unidos e o Canadá sempre adotaram uma política unificada dentro desse conceito, inclusive com companhias canadenses operando dentro dos Estados Unidos, e vice-versa.

Esse conceito é utilizado também nos dias atuais, como o acordo

da Autoridade Portuária do Rio Fraser, no Canadá, com a Canadian Pacific e a Canadian Pacific Elevators, empresa que opera os terminais. Ele possibilita colocar uma parcela importante da produção de trigo canadense nos portos asiáticos com fretes totais competitivos, devido à boa integração de toda a cadeia de transporte do Gateway Pacific, conforme planejamento realizado até 2020.

Além do uso de vagões especializados para os grãos, o serviço ferroviário integrado permite atender aos portos e às grandes cidades americanas com trens expressos de contêineres, transportando todo tipo de carga geral, integrado com as empresas que fazem as pontas rodoviárias utilizando caminhões.

Mais uma vez, deve ser destacada a importância da integração com operadores rodoviários, e, como já dito, a ferrovia não tem sempre os trilhos conectados a todos os clientes, por isso elabora acordos recíprocos dos transbordos com outras estradas de ferro e empresas rodoviárias que servem a esses pontos.

Outro aspecto importante para a integração do modal é a parceria com as transportadoras rodoviárias, pois essa associação resulta em atendimento coordenado e em um comprometimento entre os serviços oferecidos individualmente pelos transportadores em cooperação. Isto é, as mesmas características de custo e desempenho entre os transportadores participantes.

Além da competitividade dos fretes e da eficiência operacional, as ferrovias oferecem outros enormes benefícios públicos. Elas têm grandes vantagens em matéria de eficiência energética em detrimento do modo rodoviário. Em média, as ferrovias são de duas até três vezes mais eficientes que os caminhões em termos de consumo de combustível. Essa eficiência, inclusive, tem sido melhorada ao longo do tempo. Segundo a AAR, desde 1980 as ferrovias americanas têm melhorado o desempenho da carga transportada por galão de combustível.

Além disso, ferrovias são menos agressivas ao meio ambiente. Os órgãos de controle ambiental americanos estimam que, para cada tonelada-milha, um típico caminhão emite cerca de três vezes mais óxi-

dos de azoto e partículas que uma locomotiva. Outros estudos indicam que os caminhões emitem até 10 vezes mais poluentes por tonelada-milha que as ferrovias, dependendo do poluente analisado. Ferrovias também têm uma clara vantagem em termos de gases do efeito de estufa. Segundo um desses órgãos, as ferrovias representam em média 10 % do total das emissões de NOx relacionadas ao transporte e 5 % das emissões de partículas sólidas, mesmo que sejam responsáveis por 43 % dos deslocamentos das cargas da nação americana.

O transporte ferroviário pode, ainda, aliviar significativamente o congestionamento das rodovias. Um único trem intermodal pode retirar até 280 caminhões das pistas ao longo das rodovias; um trem que transporta outros tipos de mercadoria pode substituir até 500 caminhões que deixaram de rodar nas autoestradas. As superlotadas rodovias são agentes ineficientes da economia que limitam seriamente o crescimento econômico do país. As ferrovias de carga ajudam a aliviar essa restrição, reduzindo engarrafamentos, aumentando a mobilidade e diminuindo a pressão para a construção das onerosas rodovias.

O quarto motivo aqui listado passa pelo fato de as ferrovias terem grandes vantagens sobre a rodovia quando se trata de segurança. Por exemplo: o transporte ferroviário é a forma mais segura de deslocamento de materiais perigosos. Para um mesmo transporte em toneladas x quilometragem, os caminhões têm mais chances de ocorrência de acidentes que as ferrovias.

Finalmente, a redução do número de acidentes nos cruzamentos, no mesmo nível, com as rodovias tem tornado as ferrovias mais seguras, cujos acidentes fatais, segundo a AAR, caíram de mais de 2.300, em 1968, para aproximadamente 1.000 em 1998. Esse resultado foi obtido devido à intervenção no cruzamento com sinalização sonora e cancela, e foi independente do número de funcionários das ferrovias, o qual se manteve estável no período de análise.

# As companhias ferroviárias da América do Norte

O sistema ferroviário dos Estados Unidos e do Canadá é composto pelas grandes ferrovias denominadas Classe I, com cinco linhas nos Estados Unidos e duas no Canadá; Classe II, com 36 ferrovias regionais; e Classe III, com 320 ferrovias locais. As ferrovias das classes II e III são denominadas *shortlines*.

CLASSE I	EXTENSÃO EM KM
Union Pacific	52.800
Burlington Northern Santa Fe	51.500
CSX Transportation	37.000
Norfolk Southern	34.600
Canadian Nation	32.000
Canadian Pacific	22.400
Kansas City Southern	5.200
<b>Total</b>	<b>235.500</b>

Fonte: AAR - 2009

A estatística da American Association of Railroads indica que circularam, em 2018, 26.086 locomotivas na malha das ferrovias Classe I, que totalizam 256.806 quilômetros, quantidade 9 % maior que em 2009. Nos últimos anos, de 2009 a 2018, a frota de locomotivas cresceu aproximadamente 10%.

Nesses números, não está considerada a frota das ferrovias *shortlines*, estimada em mais de 2.000 locomotivas. A frota de vagões, segundo a AAR, era de 1.695.049 vagões em 2018. Entretanto, considerando os 500 mil vagões das *shortlines*, o número total de vagões em circulação é da ordem 2,2 milhões de unidades, os quais circulam em todas as classes de ferrovias: I, II *as regionais* e III *as locais*. Desse total, 60% representa a frota própria dos clientes e das empresas de locação e arrendamento de vagões.

## DESEMPENHO DAS FERROVIAS AMERICANAS E CANADENSES - AAR 2018

ÍNDICES	VALORES	UNIDADES
Vagões	2.200.000	Unidades
Locomotivas	26.086	Unidades
Tonelagem anual	1.652.970.000	TU
Toneladas x km	2,78E+12	TKU
Distância de transporte	1.684	KM

Fonte: AAR

O desempenho das ferrovias da América do Norte mostra números importantes, com 1,65 bilhão de toneladas embarcadas e 2,78 trilhões de TKU (toneladas quilômetro útil), com a distância média de transporte de 1.684 quilômetros.

A estatística do número de vagões embarcados da American Association of Railway mostra, historicamente, que as duas grandes ferrovias americanas, Burlington Northern Santa Fe – BNSF e a Union Pacific – se igualam e respondem por 46 %, ambas atendendo aos estados do Meio-Oeste e Oeste americano.

A CSX Transportation e a Norfolk Southern – NS servem os estados da Costa Leste e respondem por 1/3 dos embarques de vagões, e as canadenses, por 1/5.

## ORIGENS DOS CARREGAMENTOS DE VAGÕES (VALORES MÉDIOS)

FERROVIAS CLASSE I	
EMPRESA	%
CSX Transportation	18
Norfolk Southern	15
BNSF Railway	23
Union Pacific	23
KCS	2
Canadian National	13
Canadian Pacific	6
<b>Total</b>	<b>100</b>

Fonte: AAR

Em relação ao total do carregamento de vagões, incluindo também as *shortlines*, a divisão do mercado mostra uma boa participação dessas pequenas ferrovias que embarcam praticamente ¼ dos vagões de carga, segundo a AAR.

## FERROVIAS CLASSE I - CARREGAMENTOS MÉDIOS DE VAGÕES EM %

PRODUTOS	USA	CANADÁ
Grãos	7	3
Minério de ferro	1	3
Carvão	35	2
Agregados	5	0,5
Minérios	2	0,5
Farinhas	2	0,5
Alimentos	3	0,5
Madeiras	1	1
Papel	2	1
Químicos	7	4
Petróleo	2	0,5
Pedras	2	0,5
Metais	4	1
Autopeças	4	1,5
Sucatas	3	0,5
<b>Total</b>	<b>80</b>	<b>20</b>

Nos Estados Unidos da América, o carvão continua sendo o produto mais embarcado nas ferrovias, seguido dos produtos químicos e dos grãos.

No Canadá, o minério de ferro, os produtos químicos e os grãos agrícolas são os três produtos mais movimentados pelas ferrovias. Finalmente, é interessante observar que o embarque de petróleo é muito pequeno nos Estados Unidos e menor ainda no Canadá, devido à grande utilização dos oleodutos.

A economia americana depende de uma ferrovia eficiente e ambientalmente sadia, agora e no futuro. As ferrovias transportam mais

cargas do que qualquer outro modo de transporte e permitem aos Estados Unidos se manterem na vanguarda da economia mundial.

As ferrovias de carga americanas são as mais produtivas e as de menores custos operacionais do mundo. Elas entregam praticamente tudo o que os americanos necessitam e usam a cada dia – sapatos, automóveis, alimentos e roupas. Tudo de forma rápida, com segurança e economia.

Essas empresas ferroviárias de cargas também são vitais para manter milhões de empregos americanos, conectando fazendas, minas e manufaturas no país e no mundo.

Após o Ato Staggers, as ferrovias americanas trilharam uma história de sucesso. Escolhas sensatas e recursos de investimentos sadios representam hoje mais opções de produtos que os americanos necessitam e usam a um preço justo.

As ferrovias americanas realizaram grandes investimentos desde 1980 para manter e melhorar suas linhas como pontes, túneis, locomotivas, vagões de carga e outros equipamentos e infraestrutura.

## **SEGUEM ABAIXO ALGUNS DADOS DO SETOR:**

- *As tarifas médias das ferrovias caíram mais da metade desde 1981, significando bilhões de dólares economizados para os consumidores a cada ano.*
- *A produção triplicou no mesmo período. Hoje uma importante parcela do tráfego entre as regiões norte-americanas é realizada pelas ferrovias, incluindo do carvão e dos grãos.*
- *De acordo com a American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), responsável pelas malhas rodoviárias estaduais, o custo do frete para os consumidores americanos seria crescido de 70 bilhões de dólares anuais se toda a carga ferroviária fosse deslocada para as rodovias.*

As ferrovias também serão essenciais no futuro. O Departamento

de Transportes americano prevê que a demanda irá duplicar até 2035. E a ferrovia é o modal mais sensível para atender a essa forte demanda.

Ao mesmo tempo, os norte-americanos têm a expectativa de soluções de transporte limpas, seguras, saudáveis e mais eficientes, o que significa uma maior utilização da ferrovia. A extensa malha de ferrovias é uma garantia de economia de energia, além de céu limpo, menos poluição e menos tráfego nas estradas de rodagem.

A malha de autoestradas representa para a nação um custo estimado de 78 bilhões de dólares em tempo de viagem perdido em congestionamentos (4,2 bilhões de horas) e um desperdício de 2,9 bilhões de galões de combustível.

A saúde da economia americana caminha nos trilhos da ferrovia, e o investimento nela fortalece a economia da nação. De acordo com dados do Departamento de Comércio, cada dólar aplicado na ferrovia produz 3 dólares na economia, e cada bilhão de dólares de investimentos ferroviários cria 20.000 empregos.

## **BURLINGTON NORTHERN SANTA FE**

A BNSF foi constituída a partir da união das ferrovias Burlington Northern e Santa Fe. Sua malha, de 32.000 milhas, aproximadamente 51.500 quilômetros, equivale a três vezes o tamanho da ferrovia brasileira em operação. Com um parque de locomotivas de 6.300 unidades diesel-elétricas, pode tracionar uma frota de 220.000 vagões especializados para cada tipo de carga, sistema operado pelos seus 40.000 colaboradores.

Atendendo do Meio-Oeste americano até a Costa Oeste no Pacífico, a BNSF é responsável pelo transporte de carvão, que gera 10 % de toda a eletricidade americana. Extraído das minas da bacia do Powder River, nos estados de Wyoming e Montana, é um produto importante transportado pela BNSF.

A BNSF é a ferrovia americana que mais transporta grãos. Seus car-

regamentos anuais equivalem a 58 milhões de toneladas de *comodities* agrícolas, e aproximadamente metade é trigo. O marketing da ferrovia divulga que mais de 900 milhões de pessoas por ano comem o pão feito com o trigo que a BNSF transporta.

Esses grãos são transportados do Corn Belt, área central do Meio-Oeste americano, para os portos do Noroeste, na Costa do Pacífico, Golfo do México, México e Grandes Lagos. Ainda no setor agrícola, a BNSF é responsável pelo transporte de grandes quantidades de fertilizantes.

### **OS PRODUTOS INDUSTRIALIZADOS TAMBÉM SÃO TRANSPORTADOS EM GRANDE ESCALA PELA BNSF. ENTRE OUTROS, PODEMOS DESTACAR:**

- *Produtos florestais – as lâminas de madeira transportadas são suficientes para construir 500.000 casas; o papel de imprensa, para imprimir mais de um bilhão de jornais de grande tiragem; e o, papelão para fabricar mais de 2 bilhões de caixas.*
- *Derivados de petróleo – combustível, gás, lubrificante e asfalto.*
- *Metais – aço, alumínio e sucata.*
- *Minerais – cimento, gesso, ferro e pedra britada.*
- *Maquinaria – autopeças e parte de aeronaves.*
- *Carga geral – serviço intermodal para a carga geral, que inclui, além de toda a malha da BNSF, a integração com outras ferrovias e rodovias, com conexões para todos os portos e cidades da Costa Leste, por meio do NACS – North American Container Service. Nesse mercado, são utilizados vagões porta-contêineres e piggy back.*

Para cobrir a maior parte do território americano, o serviço intermodal da Burlington Northern Santa Fé (BNSF) implantou 30 bases regionais que podem atender a clientes situados em um raio de 320 quilômetros. Essas bases oferecem ao mercado de transporte dois serviços expressos para contêineres e carretas rodoviárias: o internacio-

nal e o doméstico.

As principais cidades, assim como os principais portos, estão ligados por diversos trens diários, garantindo ao cliente um serviço regular e confiável.

O serviço internacional dispõe de 26 *hubs* (centros concentradores de carga) de origem e destino, enquanto o serviço doméstico tem 20 *hubs*. Esses centros são terminais de integração rodoferroviários que têm áreas, equipamentos e pessoal habilitado para as operações de transbordo.

Os principais fluxos de carga do serviço intermodal da BNSF estão localizados nos eixos que ligam a região de Chicago (Illinois) a Los Angeles e Oakland (Califórnia) via Kansas City, Albuquerque e Phoenix – o denominado eixo sul –, e Chicago a Portland (Oregon) e Seattle (Washington) via Saint Paul, o denominado eixo norte. O total desses fluxos intermodais com a Costa Oeste (Oceano Pacífico) retiram anualmente das rodovias uma importante parcela de contêineres em carretas.

Toda mercadoria que é recepcionada nos terminais de origem passa por um escâner, e as instruções de embarque são confirmadas eletronicamente. Durante todo o trajeto, milha por milha, a carga é monitorada e o cliente é notificado antes de a carga chegar.

Na expedição do terminal de destino, a carga é checada para confirmar se o motorista pegou a unidade correta, e também é feita uma inspeção para a verificação de eventuais danos.

Além de todos os tipos de carga geral que são transportadas nos contêineres e carretas rodoviárias, a BNSF tem se especializado em cargas especiais, de grandes dimensões, que são deslocadas em vagões especiais. Entre os volumes que excedem os gabaritos rodoviários, destacam-se partes de aviões e tubos metálicos.

## CSX TRANSPORTATION

A CSX é uma das maiores ferrovias do leste dos Estados Unidos da

América. Atua em 23 estados americanos, no Distrito de Colúmbia e em duas províncias canadenses. Nos seus 37.000 quilômetros de via férrea, circulam 4.000 locomotivas, que podem tracionar 100.000 vagões especializados para os diversos tipos de carga. Diariamente, são despachados, dos 40 terminais intermodais de carga, mais de 1.700 trens.

A malha da CSX está distribuída a Leste do Rio Mississippi, onde estão concentrados 2/3 da população americana, e tem conexão ferroviária direta com todos os portos da Costa Leste, banhada pelo Oceano Atlântico.

A conexão com os portos da Costa Oeste, Oceano Pacífico com as regiões entre o Meio-Oeste e o Oeste é possível graças à integração ferroviária com as empresas BNSF – Burlington Northern, CN – Canadian National, CP – Canadian Pacific, UP – Union Pacific e também por meio da malha rodoviária expressa.

Além do Canadá, a CSX atende ao México por meio de sua subsidiária CSX de México, uma companhia filiada, estabelecida na Cidade do México, que faz toda a articulação com as ferrovias mexicanas. As operações e serviços requeridos pelos clientes são realizados com equipamentos próprios da CSX de México.

Como a BNSF, a CSX também é responsável pelo transporte do carvão que gera uma parcela importante da eletricidade americana. Os grãos são transportados do Vale do Mississippi e seus afluentes, área central do Meio-Oeste americano, para os portos da Costa do Atlântico, Golfo do México, México e Grandes Lagos.

A CSX tem tirado proveito de sua rede ferroviária estar localizada em regiões de relevo suave e, por meio de uma manutenção primorosa da via permanente, tem conseguido operar com velocidades 10 % maiores que as suas concorrentes ferroviárias. Enquanto a média nacional é de 28 milhas/hora (45 km/h), a da CSX atingiu 30 milhas/hora (48 km/h), ganho que em viagens de 2 a 3 dias representa 5 7 horas a menos.

## **OS PRODUTOS INDUSTRIALIZADOS TAMBÉM SÃO TRANSPORTADOS EM GRANDE ESCALA PELA CSX. ENTRE OUTROS, PODEMOS DESTACAR:**

- *Produtos florestais – madeira, placas e papel.*
- *Derivados de petróleo – combustível, gás, lubrificante e asfalto.*
- *Metais – aço, alumínio e sucata.*
- *Minerais – cimento, gesso, ferro e pedra.*
- *Maquinaria – equipamentos e autopeças.*
- *Carga geral – como na BNSF, o serviço intermodal para a carga geral da CSX inclui, além de toda a malha ferroviária, a integração com outras ferrovias e rodovias, com conexões para todos os portos e cidades da Costa Oeste, Canadá e México, por meio do NACS – North American Container Service. Nesse mercado, são utilizados vagões porta-contêineres e pigg back.*

Em seus mais de 40 terminais de costa a costa, a CSX Intermodal oferece a seus clientes uma frota de contêineres domésticos e carretas rodoviárias que possibilitam embarques com garantia de saída e chegada da carga. Essa programação é escolhida pelo usuário, em função das localizações das origens e destinos de suas mercadorias e das exigências de sua cadeia de suprimentos.

Além dos seus 37.000 quilômetros de via férrea, o serviço intermodal se conecta com o restante da malha ferroviária americana, que soma mais de 250.000 quilômetros, os quais, integrados com a rodovia, oferecem um serviço porta a porta para qualquer tipo de mercadoria. Todos os terminais também dispõem de rampas para o embarque/desembarque das carretas rodoviárias.

Além do serviço doméstico, a CSX Intermodal oferece aos seus clientes um serviço internacional, inclusive um trecho marítimo, com embarcações próprias, como aquelas que servem as Ilhas do Hawaii.

Entretanto, o ponto forte da intermodalidade da CSX é a qualida-

de operacional de seus terminais. Contando com áreas, equipamentos e armazenagens, para recepção e expedição ferroviária e rodoviária, os terminais possibilitam transbordos rápidos, baratos e eficientes. Dentro do conjunto de terminais podem-se destacar os de Chicago (Illinois), Cleveland (Ohio), Atlanta (Georgia) e Cincinnati (Ohio). As principais atividades dos terminais são realizadas pela parceira CSX TransFlo.

O terminal intermodal de Cincinnati, denominado Queensgate Yard, tem 5 milhas de extensão, mais de 8 quilômetros, e a extensão de todas as linhas e feixes ferroviários soma 112 quilômetros. Construído em 1981, o terminal possibilita a triagem e a classificação de vagões por meio do uso da gravidade, por uma rampa inclinada. Todo o controle é feito pelo System Control Computer, que também faz a recepção e expedição dos trens. A manutenção do material rodante, vagões e locomotivas, também é realizada no Queensgate Yard, através do Management Information System, o qual faz o inventário e o controle da programação de manutenção mecânica da frota (com a utilização de escâner e câmeras de vídeo), cujos serviços são realizados nas oficinas (*locomotive e car shops*) localizadas no próprio terminal.

Finalmente, o terminal hidroferroviário de Toledo (Ohio) possibilita a integração das linhas da CSX com a navegação lacustre dos Grandes Lagos por meio do Erie. Projetado para facilitar as manobras ferroviárias e aquaviárias, o Terminal de Toledo tem um *layout* exclusivo.

TERMINAL DE  
TOLEDO - OHIO  
- USA - CSX

Foto: *Sílvia dos  
Santos - 2013*



## UNION PACIFIC

Fundada em 1862, a Union Pacific é uma das sete ferrovias americanas denominadas Classe I. Com 32.832 milhas, 52.800 quilômetros, é a mais extensa das estradas de ferro dos Estados Unidos. Serve 23 estados americanos localizados do Meio-Oeste até a Costa Oeste. Tem um transporte diversificado, que inclui produtos agrícolas, automotivos, químicos, energéticos, industriais e um serviço intermodal integrado com a rodovia e a navegação fluvial e lacustre.

A Union Pacific oferece serviço competitivo de transporte a longa distância, que atinge os principais portos, tanto da Costa Oeste como da Costa Leste, como também do Golfo do México e dos Grandes Lagos. Suas linhas ferroviárias se conectam com as ferrovias canadenses, e é a única ferrovia que serve todos os 6 acessos ao México, o que a torna a principal empresa de negócio ferroviário da América do Norte. A Union Pacific dispõe de parque de locomotivas diesel-elétricas de uma frota de vagões especializados para todo tipo de carga, os quais são operados eficientemente por seus 46.000 colaboradores.

Nos portos atendidos pela Union Pacific, são oferecidos serviços e locações como armazenagem, equipamentos, transbordos, sistemas de informações, além de outras facilidades que visam simplificar a logística de transporte. Em North Platte (Nebraska), está localizado o Bailey Yard, o maior pátio de triagem de vagões do mundo.

O Intermodal Service dispõe de 25 terminais de transferência de carga ferro-rodoviário, entre os quais se destaca o Rochelle, que atende à região industrial e agrícola de Chicago. Com capacidade para expedir 25 trens e 3.000 contêineres por dia, esse terminal tem 10 portões (gates) de acesso, pátio para 7.200 caminhões e pode realizar 720.000 movimentos de embarque/desembarque.

Para dar suporte ao serviço intermodal, a Union Pacific tem parceria com as ferrovias Norfolk Southern, Canadian Pacific e Kansas City Southern, na EMP, empresa de locação de contêineres domésticos e carretas rodoviárias. A EMP dispõe de uma frota de aproximadamente

30.000 dessas unidades, as quais podem estar alocadas em um carregamento dedicado ou em um transporte individual livre. Entre os diversos serviços oferecidos, alguns concorrem diretamente com o caminhão, os quais têm um deslocamento de até 800 quilômetros por dia.

A Union Pacific tem um sistema de controle do peso máximo permitido em cada vagão, assim como a altitude das diversas linhas que compõem sua malha. Esse sistema permite determinar a rota, visando à melhor conservação da via permanente, evitando que vagões de alto peso por eixo trafeguem em linhas não adequadas, assim como desviando cargas perecíveis para as baixas temperaturas de rotas em relevos altos.

Finalizando, é interessante lembrar que a BNSF concorre diretamente com a Union Pacific, disputando os seus clientes na mesma área de influência.

## NORFOLK SOUTHERN

A Norfolk Southern foi criada em 1982 por meio da união entre a Norfolk and Western Railway e a Southern Railway Company, duas rentáveis ferrovias, fundadas em 1870 e 1883, respectivamente. Em 1953, foi a primeira companhia ferroviária a converter completamente sua frota de locomotivas em diesel-elétrica, e há poucos anos incorporou a Conrail, a oitava. ferrovia Classe I.

A Norfolk Southern tem suas linhas ferroviárias no Leste dos Estados Unidos da América. Atua em 22 estados americanos, no Distrito de Colúmbia e em Ontario, província canadense. Nos seus 34.600 quilômetros de vias férreas, o produto mais transportado é o carvão extraído das minas de Kentucky, Pensilvânia, Tennessee, Virgínia e Oeste Virgínia. Entretanto, o serviço intermodal é a principal atividade da Norfolk Southern.

A malha da Norfolk Southern - NS também está distribuída a Leste do Rio Mississippi, onde estão concentrados 2/3 da população america-

na, a mesma região servida pela CSX, com a qual concorre diretamente.

A NS, como as outras operadoras ferroviárias americanas, tem investido muito em terminais de cargas integrados com a malha rodoviária, como o Terminal Rickenbacker Intermodal, em Columbus, no Estado de Ohio.

### **ESSE TERMINAL ESTÁ LOCALIZADO DENTRO DO RICKENBACKER GLOBAL LOGISTICS PARK, EMPREENDIMENTO QUE OFERECE SERVIÇOS DIFERENCIADOS PARA SEUS CLIENTES:**

- *Trens diretos de Norfolk e Chicago para a Costa Oeste*
- *Sistema de expedição automático*
- *Grandes pátios de armazenamento de contêineres*
- *Amplios estacionamentos de caminhões*
- *Proximidade com os principais portos da Costa Leste*

O Rickenbacker é o primeiro dos três terminais que estão conectados ao Heartland Corridor, um projeto que teve por objetivo melhorar o traçado ferroviário da NS, encurtar a distância entre Norfolk e Chicago e também aumentar a velocidade dos trens, elevando, assim, a capacidade de transporte.

O Corredor Heartland atravessa os Montes Apalaches, substituindo o antigo sinuoso e composto de muitos túneis de pequeno gabarito. Esses túneis não permitem a passagem dos vagões *double-stack*, que acomodam 2 contêineres sobrepostos.

A obra encurtou a distância entre Chicago e Norfolk em 200 milhas, aproximadamente 322 quilômetros. O custo foi de US\$ 150.000.000,00, sendo que US\$ 95.000.000,00 foram bancados pelo Governo Federal, e US\$ 55.000.000,00, pela própria Norfolk Southern, em parceria.

O aumento do gabarito dos túneis, 21 pés (6,40 m), permite a circulação de 2 contêineres de 9 ½ com os pés sobrepostos. Houve a remodelação dos túneis, ponte, viadutos e passarelas que obstruíam a

passagem dos vagões *double-stack*, assim como a remoção de árvores foram removidas.

O problema de gabarito ferroviário não é só das ferrovias brasileiras, entretanto desde 1980 as ferrovias americanas vêm enfrentando essa dificuldade, e boa parte da malha ferroviária já foi modificada para o novo gabarito. Em trechos antigos, onde o teto dos túneis foi construído em alvenaria, sempre que possível é feito o rebaixamento do piso, com o intuito de preservar o patrimônio ferroviário.

Outras ferrovias também têm aumentado o gabarito ferroviário, mas diversos obstáculos ainda existem, como túnel da CSX, em Baltimore, e o túnel da Canadian Pacific, entre Detroit e Windsor, no Canadá. O exemplo do Heartland Corridor tem incentivado diversos estados, como Vermont, a investirem no aumento do gabarito ferroviário, o qual traz um bom retorno econômico e uma grande redução do tráfego rodoviário de caminhões pesados.

## CANADIAN PACIFIC RAILWAY

A Canadian Pacific Railway foi constituída em 1881, na época em que o Canadá ainda era uma jovem nação. Sua conclusão, em 1885, veio concretizar a unificação do país e permitir o estabelecimento dos colonos imigrantes na parte oeste canadense.

As vilas e indústrias prosperaram junto à nova linha ferroviária ao longo da fronteira com os Estados Unidos, e a Canadian Pacific Railway, além do transporte de passageiros e mercadorias, foi responsável pelo desenvolvimento turístico do país. Numa época em que o turismo não era usual, a Canadian Pacific Railway construiu vários hotéis nos bonitos recantos do país, desde Quebec, no Rio São Lourenço, até as encostas nevadas das Montanhas Rochosas.

Os trens de passageiros de empresas de turismo circulam pelas linhas da Canadian Pacific Railway e permitem o desfrute das lindas paisagens e dos clássicos e luxuosos hotéis do século passado.

Atualmente, a Canadian Pacific Railway somente se dedica ao transporte de carga. Opera uma rede de 13.900 milhas, aproximadamente 22.400 quilômetros, com um efetivo de 15.840 colaboradores, 1.548 locomotivas, 46.400 vagões e 22 terminais intermodais, onde circulam trens com a tonelagem média de 5.500 toneladas.

Os produtos agrícolas e o carvão correspondem a 46 % do tráfego ferroviário; produtos florestais e de origem natural, a 31 %; e o serviço intermodal, produtos industrializados e autopeças, a 23 %. Vale destacar que a Canadian Pacific Railway é uma das maiores transportadoras ferroviárias de grãos agrícolas, destacando-se o trigo embarcado nos tradicionais *elevators*, isto é, silos verticais.

### **ALÉM DO TRANSPORTE FERROVIÁRIO, A CANADIAN PACIFIC RAILWAY OFERECE AOS SEUS CLIENTES TAMBÉM UMA SOLUÇÃO DE LOGÍSTICA QUE ABRANGE AS SEGUINTE ATIVIDADES:**

- *Operação das instalações (armazéns, pátios e silos)*
- *Planejamento de transporte*
- *Contato com os fornecedores*
- *Concepção e simulação de redes de transporte*
- *Gestão da cadeia de suprimentos*
- *Gestão de estoques*
- *Processos de operação*
- *Tecnologia da informação*
- *Gestão de carga e descarga*

A rede da Canadian Pacific Railway, no Canadá, é composta pela linha principal de maior tráfego, de Montreal a Vancouver, alimentada por diversos ramais de integração. Nos Estados Unidos, suas linhas têm as denominações de Soo Line, no Meio-Oeste americano, e Delaware and Hudson Railway, nos centros industriais do Nordeste americano. Essas vias férreas permitem oferecer um serviço sem interrupção com

destino aos mercados-chave, como os de Chicago e Nova York.

Graças aos oitos pontos de passagem fronteiriços entre o Canadá e os Estados Unidos e à aliança de interesses com as ferrovias parceiras americanas, a Canadian Pacific Railway atende a toda a zona continental americana, assim como ao México.

Vale destacar que a Canadian Pacific Railway atuou no Brasil, entre o final dos anos 1980 e princípio dos 1990, por meio de sua consultoria técnica nos projetos da Ferroeste, no Paraná, e da Ferronorte, no Centro-Oeste.

## CANADIAN NATIONAL

A Canadian National é a única ferrovia da América do Norte que realmente é transcontinental, serve ao Canadá e a 14 estados americanos. Suas linhas principais, em forma de Y, ligam o Porto de Halifax, no Oceano Atlântico, ao Porto de Prince Rupert, no Oceano Pacífico, como também o Porto de New Orleans, no Golfo do México.

### **A CANADIAN NATIONAL TRANSPORTA DESDE MERCADORIAS A GRANEL, PRODUTOS INDUSTRIAIS ATÉ BENS DE CONSUMO. AS PRINCIPAIS CARGAS SÃO:**

- *Carvão e coque de petróleo;*
- *Derivados de petróleo e produtos químicos;*
- *Minerais e material de construção;*
- *Aço e metais não ferrosos;*
- *Fertilizantes e adubos;*
- *Grãos agrícolas principalmente o trigo;*
- *Produtos florestais (papel, pasta de papel e madeira);*
- *Produtos manufaturados;*
- *Autos-peças e veículos;*

- *Produtos e materiais perigosos;*
- *Energia renovável (etanol, biodiesel, pastilhas de madeira).*

A condição de única ferrovia transcontinental permite à Canadian National oferecer um serviço direto e expresso entre os 3 portos-chave do transporte ferroviário: Halifax, Vancouver e New Orleans. Igualmente, a CN tem acesso aos portos do Rio São Lourenço, Montreal e Quebec; dos Grandes Lagos, Chicago, Detroit e Toronto; e do Golfo do México, notadamente Móbile, Pascagoula e Gulfport.

O Porto Prince Rupert, servido pela Canadian National, é a instalação portuária mais próxima da Ásia. A travessia do Oceano Pacífico necessita de 58 horas de navegação, menor que todos os portos americanos. Com instalações para granéis e contêineres, o porto Prince Rupert pode receber navios super-post-panamax de 12.500 TEU em seus cais de 17 metros de profundidade.

Além do transporte ferroviário, a Canadian National oferece aos seus clientes um serviço intermodal integrado ao sistema rodoviário, assim como transporte internacional de contêineres, por meio da CN - Worlwide Pacific, em seus escritórios na Europa, Ásia e América do Sul.

## **KANSAS CITY SOUTHERN**

A Kansas City Southern foi fundada em 1887 – é a menor e a segunda mais antiga ferrovia americana, denominada Classe I, cujas linhas têm a extensão de 3.226 milhas, 5.200 quilômetros. Ela atende a 10 estados centrais dos Estados Unidos e também é proprietária da Kansas City Southern, do México, com 2.645 milhas, 4.259 quilômetros, e da Panamá Canal Railway Company, com 47,6 milhas, 76,6 quilômetros. A Kansas City Southern também administra pequenas linhas no Texas, entre Corpus Christi e Laredo, com 157 milhas, 253 quilômetros, e entre Beaumont e Robstown, com 400 milhas, 644 quilômetros.

## **A KANSAS CITY SOUTHERN TRANSPORTA DIVERSOS TIPOS DE MERCADORIA:**

- *Gases industriais;*
- *Produtos de petróleo;*
- *Materiais de construção;*
- *Resíduos e sucatas de metais;*
- *Fertilizantes e adubos químicos;*
- *Polpa e chapas de madeira;*
- *Papel e pasta de papel;*
- *Equipamentos militares;*
- *Peças de automóveis no processo just in time;*
- *Plásticos;*
- *Produtos químicos orgânicos e inorgânicos.*

A condição de circular no México em suas próprias linhas permite à Kansas City Southern atender aos portos do Golfo do México, desde Móbile, no Estado do Alabama, até Corpus Christi, no Estado do Texas, como também aos portos mexicanos de Tampico, Vera Cruz e Coatzacoalcas. Além do transporte ferroviário, a KCS oferece aos seus clientes um serviço intermodal integrado ao sistema rodoviário.

## **CONRAIL**

Nos anos anteriores a 1973, o sistema ferroviário de carga dos Estados Unidos estava em colapso. Mesmo depois da criação da Amtrak, em 1971, empresa que assumiu o transporte ferroviário de passageiros, as companhias ferroviárias continuaram a perder dinheiro, devido à excessiva regulamentação governamental e à competição de outros modais de transporte, entre outros fatores.

A importante ferrovia Penn Central Railroad, criada com a fusão da New York Central Railroad com a Pennsylvania Railroad, foi a bancar-

rota em 1970, apenas três anos após sua fundação. Em 1972, até o furacão Agnes contribuiu para aumentar a crise ferroviária, danificando seriamente diversas linhas do Nordeste americano já ameaçadas pela insolvência financeira.

O Congresso Nacional rapidamente veio em socorro para nacionalizar essas ferrovias. Entretanto, a Associação Americana de Ferrovias era contrária à nacionalização e submeteu ao Congresso uma alternativa: fundar uma nova companhia privada. Em 1973, o Ato de Reorganização Regional permitiu e autorizou a aplicação de fundos do governo local para a criação da Consolidated Rail Corporation, posteriormente designada Conrail.

A nova companhia teve a permissão de não operar as linhas não rentáveis, assim como contou com o direito de passagem nas linhas de transporte de passageiros nas principais regiões metropolitanas de regiões como Boston, New Jersey, Philadelphia e Maryland.

Com o sucesso na intervenção, as duas ferrovias concorrentes do leste norte-americano adquiriram a Conrail, em 1997. A Norfolk Southern ficou com 58%, correspondente a 6.000 milhas de linha (9.660 quilômetros), e a CSX Transportation, com 42% e 3.600 milhas (5.800 quilômetros). A sucessora da Conrail, responsável pela administração do patrimônio da ferrovia, ainda opera três terminais de transbordo intermodal.

## ***SHORTLINES***

Além das grandes ferrovias denominadas Classe I – cinco linhas nos Estados Unidos e duas no Canadá –, 36 ferrovias regionais operam na América do Norte, as de Classe II, e 320 ferrovias locais, de Classe III.

As ferrovias Classe II têm uma atuação regional e extensão de até 500 milhas (805 km), como a Alaska Railroad e a Bessemer & Lake Erie Railroad, que possuem 139 milhas (224 km). Elas têm a função de

atender a uma região, Estado ou província e são integradas às grandes ferrovias, operando como *feeder*.

As ferrovias Classe III têm uma atuação local e são de pequena extensão. A pequena MSTR tem apenas 5 milhas (8 km) e está conectada à grande ferrovia CSXT, em Massena. Essas pequenas ferrovias têm a função de ligar uma mina ou uma indústria a grandes ferrovias.

Para a conexão com as grandes ferrovias, as *shortlines* dispõem de 311 terminais de integração. Eventualmente, utilizando o direito de passagem, essas ferrovias trafegam nas linhas das ferrovias de Classe I.

As *shortlines* possuem algumas vantagens que as tornam competitivas nos pequenos percursos. Por serem empresas familiares, não estão sujeitas às obrigações impostas pelos fortes sindicatos dos ferroviários. Além desse fator, a utilização de equipamentos antigos é compensada pela vigilância permanente do próprio maquinista, que também é o mecânico e proprietário. Essas condições resultam em custos operacionais baixos e serviços exclusivos, às vezes, para um único cliente.



TERMINAL DA ASGROW ATENDIDO POR FERROVIA *SHORTLINE*  
CONECTADA À CSX - HAMILTON - MICHIGAN - USA

Foto: *Sílvia dos Santos - 2013*

As *shortlines* estão organizadas em associações como a Rail América Inc., cujas linhas de seus membros somam 7,8 mil milhas (12,6 mil km), e à Railway Association do Canadá, com 10 mil milhas (16,1 mil km).

As *shortlines* representam uma parcela importante do sistema ferroviário da América do Norte, cujas ferrovias de Classe I, como já mencionado, totalizam 235,5 mil quilômetros, sendo 181,1 mil quilômetros nos Estados Unidos e 54,4 mil quilômetros no Canadá.

Para a manutenção das linhas, as *shortlines* utilizam a American Railway Engineering and Maintenance-of-Way Association (AREMA). Apesar dos bons serviços prestados pelas *shortlines*, diversos ramais ferroviários foram abandonados, devido à inviabilidade econômica.



TERMINAL DE FERROVIA *SHORTLINE* CONECTADA À CSX - HAMILTON - MICHIGAN - USA

Foto: *Sílvia dos Santos* - 2013

# Os trens de carga nas ferrovias europeias

Menos intensamente do que nos Estados Unidos da América, a Europa também sofreu a concorrência dos outros modais de transportes, principalmente a Europa Ocidental, uma vez que nos países da “cortina de ferro”, na Europa Oriental, a política centralizada dos governos comunistas protegeu as ferrovias.

Do outro lado do Atlântico, a ferrovia também sofria concorrência, relata Allen (1981) em “Les Chemins de Fer”, ao afirmar que a provável morte da ferrovia seria causada pelo automóvel, caminhão, avião a jato e pelas teletransmissões: a reação aconteceu com a crise do petróleo, que favoreceu os transportes mais econômicos, como a ferrovia. Paralelamente, começaram os testes com os trens de alta velocidade, que foi a marca da ferrovia europeia nas décadas finais do século XX, relata Allen (1981).

## CARACTERÍSTICAS DAS FERROVIAS EUROPEIAS

Trens curtos	20 a 30 vagões
Vagões pequenos	60 toneladas
Trens leves	1.000 a 2.000 toneladas
Alta velocidade	150 km/h
Tração	elétrica multivoltagem
Curtas e médias distâncias	500 a 1.000 km
Trens de passageiros	nº elevado
Administração	Pública

Fonte: *Sílvio dos Santos - UFSC 2005*

As ferrovias europeias expandiram as linhas do TGV francês, do ICE alemão e do AVE espanhol, cobrindo praticamente toda a Europa, inclusive a Inglaterra, com o EuroStar sob o Canal da Mancha.

A ferrovia europeia, apoiada em alta tecnologia, exigiu grandes investimentos, os quais foram bancados pelos próprios governos que as administram. A experiência da iniciativa privada no Eurotúnel não foi bem-sucedida, acumulando déficits sucessivos.

Apesar da preferência pelo transporte de passageiros, o serviço de carga europeu também evoluiu, transportando um volume crescente de carga geral, devido, principalmente, à velocidade dos trens, na faixa dos 150 km/h, e aos congestionamentos nos acessos rodoviários das grandes capitais. A terceirização do serviço de carga para empresas

privadas, ficando para as empresas estatais apenas a tração dos trens, também tornou ágil e moderna a circulação de mercadorias na Europa.

Na França, metade da tonelage de mercadorias transportadas pela SNCF é encaminhada por trens completos e diretos, e a outra metade é constituída por vagões isolados ou pequenos grupos destes, o que caracteriza o lote de carga das médias e pequenas empresas.

A boa operação ferroviária europeia está baseada em pátios de triagem nos principais entroncamentos ferroviários, de modo que as esperas sejam reduzidas, aumentando assim a velocidade de deslocamento. Nos grandes pátios de triagem, podem-se encontrar mais de 100 quilômetros de linhas ferroviárias, abrigando mais de 5.000 vagões que formam centenas de trens diariamente.

De acordo com o “Rapport sur le transport combiné”, do Conseil National des Transports, desde 2005 a Novatrans e a CNC – Compagnie Nouvelle de Conteneurs, empresas francesas, são arrendatárias das instalações de carga junto às estações ferroviárias e operam como empresas rodoviárias na coleta e distribuição das mercadorias, concentrando os grandes volumes nos terminais ferroviários por meio do transporte combinado, utilizando o contêiner doméstico, lá denominado caixa móvel. O contêiner marítimo é utilizado quando o tráfego é de exportação ou importação. O transporte combinado também utiliza vagões para o transporte de carretas, as quais são embarcadas com o emprego de pórticos com pinças.

A SNCF, empresa estatal ferroviária da França, efetua apenas a tração das composições, as quais têm horários fixos de partida e chegada, trafegando a velocidade de 150 Km, em trens leves e curtos.

As duas operadoras, CNC e Novatrans, disputam o mercado francês, trabalhando lado a lado, com seus trens circulando nas mesmas linhas, condições que resultam em serviços eficientes, voltados às necessidades dos clientes, com tarifas menores que as rodoviárias.

O serviço de alta velocidade e com hora marcada permite abastecer o mercado parisiense com produtos hortifrutigranjeiros e pescados frescos, embarcados nas regiões produtoras do Mediterrâneo.

Na Europa, também segundo o Conseil National des Transports, o serviço de carga tem as mesmas características; e outras operadoras, além da Novatrans e da CNC, também oferecem serviços que atendem à França, Alemanha, Bélgica, Itália, Suíça, Holanda e Europa Oriental.

O serviço de carga na França e em toda Europa Ocidental dispõe de material rodante especializado, utilizando vagões especializados para todos os tipos de carga, tracionados por locomotivas elétricas potentes, multivoltagem, condição que permite a circulação em diversos países, atingindo altas velocidades.

A recuperação da ferrovia, tanto na Europa como nos Estados Unidos da América, foi resultado de uma nova gestão operacional, somada à utilização de equipamentos adequados aos fluxos e às cargas transportadas. Essas ações possibilitaram a integração entre os diversos modos de transportes, cada um em sua melhor performance.

Em 2005, houve uma mudança de paradigma: trens de carga operados pela iniciativa privada passaram a circular nas linhas ferroviárias europeias de propriedade de diversos países da União Europeia. A soma das experiências em três especialidades diferentes, como operação ferroviária, administração de terminais de carga e gerenciamento da cadeia logística, foi a chave da criação da RailLink Europe, empresa privada que oferece serviço de transporte multimodal utilizando as linhas das empresas estatais ferroviárias europeias. Isso mesmo, um trem privado circula nas linhas ferroviárias do Estado.

Fundada em 2005, a RailLink Europe é uma associação da operadora ferroviária Veolia Transport, que possui locomotivas e vagões, com empresas de transporte, terminais de carga, operadoras de equipamentos e portos de diversos países. A Veolia, empresa multinacional, tem subsidiárias na França, Alemanha, Holanda e Itália. Também compõem a RailLink Europe os portos de Marselha e Le Havre, ambos na França, de Zeebrugge, na Bélgica, os terminais hidroferro-rodoviários KTL Kombi-Terminal, no porto de Ludwigshafen, no Rio Reno, na Alemanha, Lyon Terminal, no Rio Ródano, Dourges Conteneurs Terminal, no Porto de Lille, no Rio Deule, e o Terminal Porte Océane, no Porto

de Le Havre.

Completam a associação a armadora CMA CGM e as transportadoras multimodais Combipass e GNTC, além da operadora de terminais Transagruue.

O primeiro trem de carga da Veolia Cargo France circulou em 13 de junho de 2005 entre o departamento de La Meuse, na França, e a região de La Sarre, na Alemanha. Em julho de 2006, foi o primeiro operador ferroviário privado a aproveitar a abertura do mercado doméstico francês com a parceria de um fabricante de vidro para o transporte do Norte ao Leste da França.

Dezenas de trens da RailLink Europe atravessam a França a cada semana, com uma pontualidade de 30 minutos para 95 % deles, uma mudança importante no modelo tradicional, em que o operador ferroviário sempre foi o governo, como proprietário da linha.

A Veolia Transport criou um polo inteiramente dedicado ao transporte ferroviário de carga, para melhor atender às necessidades de seus clientes que desejavam se comunicar com um único interlocutor. Com um agrupamento de filiais na França, Alemanha, Holanda e Itália, a Veolia Cargo pode oferecer um atendimento próximo, que é o desejo de seus clientes.

A rede ferroviária servida pela Veolia se estende por toda a Europa graças às parcerias estratégicas em diversos países. Essa estrutura a permite se posicionar como um grande operador de frete ferroviário, com uma larga gama de prestação de serviços que vão do transporte à logística ferroviária, por meio de uma organização próxima dos mercados. Seus trens próprios na França e Alemanha se conectam através do Terminal de Ludwigshafen com a Bélgica, Holanda, Itália, Áustria, Polônia e Hungria, oferecendo ao cliente um serviço porta a porta por meio dos parceiros da RailLink Europa.

Os investimentos em uma frota moderna, com multipropósitos, permitem à Veolia Cargo operar em linhas principais da França e Alemanha com horários fixos de circulação.

A Veolia Cargo tem locomotivas elétricas de baixo impacto ambien-

tal, que seleciona automaticamente a tensão da catenária de alimentação de energia, como também locomotivas diesel, que possibilitam uma operação autônoma e flexível entre a linha principal e os desvios dos terminais privados.

A frota é composta de 200 locomotivas e 1.600 vagões, além de locotratores e unidades *rail-road* para operações em terminais de carga. Qualquer que seja o tipo de mercadoria e de seu acondicionamento, a Veolia propõe uma solução logística que vai da simples tração ferroviária à organização de um transporte integrado.

Hoje, a Veolia opera trens de médias e grandes distâncias, assim como faz a gestão de ramais em unidades industriais e da rede ferroviária, local.

Os números iniciais de 2006 atingiram cifras de 100 milhões de € (euros) em 35 milhões de toneladas transportadas, empregando 850 assalariados.

A extensão total das ferrovias dos países integrantes da União Europeia totalizou 241.028 km de linhas férreas em 2019, cabendo à Alemanha a rede mais longa, com 38.394 km, seguida da França, responsável por 27.483 km. De um modo geral, os países componentes da ex-União Soviética, e também os países Nórdicos, utilizam mais o transporte ferroviário do que os países da Europa Ocidental. Isso acontece devido a razões culturais, apesar de a rede ferroviária ser de menor extensão que em países da Europa Ocidental. Convém salientar que a rede total da Comunidade Europeia é menor do que a da América do Norte, que totaliza 264.200 km, incluindo a Classe I e as *shortlines*.

Em relação à quantidade total transportada pelas ferrovias da União Europeia, o valor ultrapassou a cifra de 1.591.131.000 toneladas em 2016 (último ano com estatísticas da Eurostat), valor menor que os 1.639.099.000 em 2015. Em 2007, esse total foi de 1.601.656.000 toneladas, sem contar com a Suíça e dados não disponíveis de outros países integrantes da União Europeia, mostrando uma estabilidade da participação ferroviária. A divisão modal nos últimos anos, segundo a Eurostat, é de 17,5 % na ferrovia, 6,0 % na hidrovía e 76,5 % na rodovia.

O momento de transporte, isto é, a quantidade deslocada vezes a distância percorrida, nos últimos 7 anos (2010 a 2016), chegou a 430 bilhões de tku (toneladas úteis quilômetros). Mais uma vez, a Alemanha se destaca participando com praticamente um quarto da movimentação total.

Pelas características dos países integrantes da União Europeia, pequenos e de média extensão, a distância de transporte da ferrovia europeia também resulta em valores pequenos. A média é de 290 km, cabendo à Espanha e à Turquia (445 km e 485 km, respectivamente) os maiores valores, devido às suas maiores áreas territoriais.

Essas características do sistema ferroviário europeu fazem com que a divisão das cargas entre os diversos modos de transporte não favoreça a ferrovia, pois o valor médio atinge apenas 17,5 %. Mais uma vez, são nos países do Leste Europeu que têm uma participação alta da ferrovia: 65 % na Estônia, 61 % na Letônia e 42 % na Lituânia. Na Alemanha, a principal economia da União Europeia, esse índice chega apenas a 22 %; na França, alcança 16 %; na Itália, 10 %; e na Espanha, 5 %, marcando uma forte presença do caminhão nos países da Europa Ocidental.

# EXTENSÃO FERROVIÁRIA

PAÍS	KM
Belgium	3.578
Bulgaria	4.030
Czechia	9.562
Denmark	2.042
Germany	38.394
Estonia	1.167
Ireland	2.045
Greece	2.280
Spain	15.626
France	27.483
Croatia	2.617
Italy	16.779
Latvia	1.860
Lithuania	1.911
Luxembourg	271
Hungary	7.743
Netherlands	3.220
Austria	5.615
Poland	19.398
Portugal	2.526
Romania	10.759
Slovenia	1.209
Slovakia	3.629
Finland	5.923
Sweden	10.899
Norway	3.890
Switzerland	5.215
United Kingdom	16.289
North Macedonia	683
Serbia	3.764
Turkey	10.378
Kosovo	343
<b>Total</b>	<b>241.028</b>

Fonte: Eurostat - 2019

# Conceitos do transporte intermodal

O transporte intermodal de mercadorias tornou-se um importante setor da indústria de transportes atual. Essa evolução foi acompanhada de um aumento da pesquisa acadêmica do transporte intermodal de carga em diversas universidades, principalmente na Europa.

A academia começa a investigação, ainda emergente, de um novo campo de aplicação de transporte: a intermodalidade na fase pré-paradigmática.

Esse é o começo da jornada para criar um novo campo de pesquisa independente, de forma a amadurecer os conceitos relativos ao tema, pois o transporte intermodal, rodovia-ferrovia, é um sistema complexo, com características que o distinguem dos outros meios de transporte.

### **AS PESQUISAS ACADÊMICAS NA FASE PRÉ-PARADIGMÁTICA CONVIVEM COM POUCAS INFORMAÇÕES, COMO DESCRITO PELO FILÓSOFO KUHN (KONINGSVELD, 1987):**

- *(A) Várias pequenas comunidades de investigação que pesquisam seus próprios problemas;*
- *(B) Poucas referências para outros pesquisadores (ou apenas dentro do próprio grupo de investigação);*
- *(C) Falta de definições para os problemas comuns, como hipóteses e conceitos.*

De acordo com a Conferência Europeia dos Ministros dos Transportes, ocorrida em 1997, o transporte intermodal é a circulação de mercadorias em uma unidade de carregamento por sucessivos modos de transporte, sem o manuseio dessas mercadorias quando da troca de modo de transporte.

Ao analisar o transporte intermodal de mercadorias, segundo a Delft University of Technology, da Holanda, e a Vrije Universiteit Brussel, da Bélgica, pode-se observar o seguinte:

Em primeiro lugar, na prática, o transporte intermodal é considerado um modo concorrente e pode ser usado como alternativa ao transporte unimodal. Sua existência depende de uma indústria específica de equipamentos e serviços.

Em segundo lugar, entre 1980 e 1990 a intermodalidade, de um modo geral, tornou-se uma questão política importante. A necessidade de uma política de transportes correta tem sido fortemente defendida por causa de preocupações ambientais, das razões de eficiência global e dos benefícios gerados pela coordenação dos modos que poderão

atender à demanda crescente dos fluxos de transporte (OECD, 1997).

Para ilustrar isso, a União Europeia financiou uma boa parte das pesquisas sobre o transporte intermodal nos últimos 20 anos.

Em terceiro lugar, manuais e textos de referência sobre o transporte intermodal têm sido publicados separadamente dos outros modos, tais como rodoviário, ferroviário, aéreo, marítimo e de transporte (ver, por exemplo, Coyle et al., 2000; Button, 1994). Diversos manuais especificamente abordando questões de transporte intermodal já foram publicados (ver, por exemplo, Mahoney, 1985; Muller, 1995; Hayuth, 1987, McKenzie et al., 1989; DeBoer, 1992).

Finalmente, a partir de 1990, um número considerável de publicações analíticas, que visavam especificamente ao transporte intermodal, foi publicado. Apesar desse avanço, vários autores afirmavam ainda que os problemas de pesquisa intermodal são diferentes de outros modos e mencionavam a falta de estudos analíticos relacionados a essa área de estudo (ver, por exemplo, Feo e Gonzalez-Velarde, 1995; Yan et al., 1995; Morlok e Spasovic, 1994; Nozick and Morlok, 1997; Powell and Carvalho, 1998; Loureiro, 1994; Newman and Yano, 2000 a,b).

Ainda, segundo a Delft University of Technology, da Holanda, e a Vrije Universiteit Brussel, da Bélgica, a situação somente melhoraria para o campo de investigação intermodal e para os formuladores de políticas de transporte quando existisse uma comunidade de pesquisa distinta. Então, ocorrerá um consenso sobre as definições, conceitos e metodologias para os problemas a serem investigados. Kuhn chama esse período de “ciência normal”, em que a pesquisa é realizada no âmbito de um hipotético paradigma.

Uma visão abrangente e a classificação da situação existente em 2004, em matéria de pesquisa do transporte intermodal e a identificação dos países segundo o número de pesquisadores, publicações e o número de países em que as pesquisas foram aplicadas estão mostradas na tabela a seguir. Essas pesquisas foram realizadas quase na sua totalidade na América do Norte e na Europa, principalmente nos Estados Unidos, seguidos de longe pela Holanda, Canadá e Inglaterra.

Os países em desenvolvimento tiveram pouca participação.

## DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DAS PUBLICAÇÕES - 2004

CONTINENTE	PESQUISADORES	PUBLICAÇÕES	PAÍSES PESQUISADOS
América do Norte	88	52	52
Europa	47	42	18
Oceania	4	4	3
América Latina	1	1	1
Ásia	1	1	1

Fonte: Y.M. Bontekoning , C. Macharis b, J.J. Trip

Ao analisar o transporte intermodal de mercadorias, a Delft University of Technology, da Holanda, e a Vrije Universiteit Brussel, da Bélgica, decidiram concentrar-se na integração do trilho com o trem, a rodovia, o caminhão, principalmente por razões geográficas. Na maioria dos países, todos os embarcadores têm acesso à via férrea, fato que pode não ocorrer nos países que não têm litorais, e poucos países têm transporte fluvial.

### NA OPINIÃO DESSAS UNIVERSIDADES, EM RELAÇÃO AO TRANSPORTE INTERMODAL CAMINHÃO-TREM:

- *É necessária a divisão de tarefas entre os modos, com respeito à curta e à longa distância na cadeia de transporte. O transporte intermodal, ferroviário e rodoviário não é simplesmente a combinação de dois modos. Essa integração inclui a divisão de tarefas entre a curta distância realizada pelo caminhão e a longa distância percorrida pelo trem, bem como a sincronização dos horários. Ao transporte rodoviário são atribuídas a recolha e a distribuição de mercadorias, enquanto ao transporte ferroviário é atribuído o deslocamento de longa distância na*

*cadeia de transporte intermodal.*

- *O transporte ferroviário envolve grandes unidades de carga, que exigem a agregação dos fluxos de mercadorias, com a finalidade de reduzir custos de transporte, que é um dos objetivos do transporte intermodal.*
- *Os horários devem ser sincronizados e uniformes entre os diferentes modos. A sincronização de calendários implica o não armazenamento e manuseio da carga durante o seu percurso, desde a origem ao destino, ou seja, uma viagem perfeita, que é o objetivo a ser alcançado.*
- *A utilização de unidades de carga padronizadas aumenta a eficiência da cadeia de transporte intermodal. Muitas commodities podem ser manipuladas e transbordadas com equipamentos padronizados, condição que pode facilmente alternar o uso entre qualquer sequência de modos. Em contrapartida, os diferentes tipos de carga a granel podem exigir um equipamento exclusivo dedicado somente àquela operação. Por exemplo, grão e óleo requerem diferentes tipos de equipamentos, instalações e material rodante.*
- *O transbordo da carga entre as unidades de cada modo é inerente à divisão de tarefas entre o transporte de curta distância e de longa distância. No entanto, o transbordo intermodal distingue-se pela manutenção da qualidade e quantidade de mercadoria dentro de um custo adequado no transporte intermodal. Além disso, ele envolve a transferência de um modo para outro, o qual desempenha um papel crucial para manter um calendário sincronizado e, muitas vezes, apertado.*
- *O transporte intermodal necessita de uma gestão com multiatores. O nível de complexidade é maior no transporte intermodal, pois este envolve diversas organizações; cada uma delas deve organizar e controlar uma parte da cadeia do transporte integrado. Poderíamos chamar isso de controle descentralizado, o qual deve ter uma coordenação central, que deve fazer o contato permanente com o cliente.*

Ao estudar as pesquisas sobre o transporte intermodal de mer-

cadorias, a Delft University of Technology, da Holanda, e a Vrije Universiteit Brussel, da Bélgica, decidiram também fazer uma análise das diversas categorias dessas pesquisas.

A literatura revista cobriu uma variedade de assuntos, baseados em características típicas de transporte intermodal de mercadorias: (1) ponta rodoviária; (2) transporte ferroviário; (3) transbordo; (4) padronização; (5) gestão e controle da cadeia de múltiplos participantes; (6) escolha do modo e das estratégias de preços; (7) política de transporte intermodal e planejamento; e, finalmente, uma oitava categoria, definida como: (8) “diversas”.

A análise mostrou que a participação de cientistas norte-americanos e europeus não é uniformemente distribuída ao longo das categorias de pesquisa descritas acima. Devido a diferentes zonas geográficas e às condições da trajetória do desenvolvimento do transporte intermodal de mercadorias na América do Norte e Europa, o foco da investigação era diferente. Enquanto os pesquisadores norte-americanos dominavam a investigação nas categorias da ponta rodoviária, escolha do modo de transporte, variação de preços e transporte ferroviário em relação aos temas de gestão operacional, na investigação europeia predominava a categoria de pesquisa do transporte ferroviário em termos estratégicos e táticos, bem como as categorias de transbordo. Nas demais categorias de pesquisa, não havia uma nítida distinção entre os norte-americanos e europeus.

A Delft University of Technology e a Vrije Universiteit Brussel consideravam que as pesquisas sobre a intermodalidade, entre o trem e o caminhão, no transporte de carga, estavam no final da fase pré-paradigmática. Essa fase era caracterizada pela atuação de grupos de estudiosos independentes, cujos conceitos básicos ainda não tinham uma definição padrão, que antecede uma etapa mais madura.

Nessa segunda etapa, a pesquisa sobre a intermodalidade no transporte de mercadorias já tinha seu próprio campo de pesquisa, no qual os estudiosos, agora integrados em comunidades, atuavam dentro de uma larga variedade de pesquisas especializadas, que justificavam in-

vestigações em campos ou áreas separadas.

A troca de informações entre as diversas comunidades de pesquisadores, assim como a universalização dos conceitos, suscitava problemas que começavam a ser estudados, e a literatura começava a se relacionar com os métodos e as técnicas aplicadas. Esse estágio permitiu estabelecer uma agenda para a pesquisa sobre a intermodalidade no transporte de mercadorias.

## **A ESTRUTURA DA AGENDA DE PESQUISA ESTABELECEU 8 CAMPOS ESPECÍFICOS DE INVESTIGAÇÃO:**

- *Integração com a ponta rodoviária*
- *Transporte ferroviário de grande capacidade*
- *Transbordo entre os modos de transporte*
- *Padronização de equipamentos e de gestão das atividades*
- *Controle e gerenciamento com multiatores*
- *Escolha modal e estratégias de fretes*
- *Políticas e planejamento do transporte intermodal*
- *Outros aspectos da intermodalidade*

A Delft University of Technology, e a Vrije Universiteit Brussel, consideram que nas pesquisas sobre a intermodalidade, entre o trem e o caminhão, no transporte de carga, os estudos da ponta rodoviária são de fundamental importância.

Nesse artigo, serão mencionados os estudos relacionados com a participação do caminhão no transporte intermodal. The Drayage é o nome utilizado em inglês para as operações que utilizam o caminhão da produção (indústria, mina, armazém ou fazenda) até o terminal ferroviário na origem, ou do consumo do terminal no destino até os centros de distribuição, portos e aeroportos.

Segundo Y. M. Bontekoning et al., as pesquisas de transporte intermodal sobre o tema “ponta rodoviária” apresentam diversas caracte-

rísticas, que variam de uma simples coleta de mercadorias, “pick up,” até a entrega a domicílio, o cômodo “delivery”, os quais completam os transportes ferroviários e rodoviários de longa distância.

Apesar da distância relativamente curta do trajeto dos caminhões, em comparação com a distância da linha ferroviária, os valores dos fretes correspondem a uma grande parcela (entre 25% e 40%) do total das despesas do transporte entre a origem e o destino das cargas.

O grande peso da ponta rodoviária nos custos do transporte pode afetar seriamente a rentabilidade do serviço intermodal e também limitar os mercados em que o transporte intermodal teria condições de competir com o transporte rodoviário, como relatam diversos pesquisadores da academia (ver, por exemplo, Morlok et al., 1995; Morlok e Spasovic, 1994; Spasovic e Morlok, 1993; Höltingen, 1996; Fowkes et al., 1991; Niérat, 1997).

Por conseguinte, uma ponta rodoviária deficiente afeta a competitividade do transporte intermodal, mostrando que operações alternativas precisam ser desenvolvidas. Andador (1992), Spasovic e Morlok (ver Spasovic, 1990; Morlok et al., 1995; Morlok e Spasovic, 1994; Spasovic e Morlok, 1993) desenvolveram ferramentas para estudar o comportamento das operações de coleta e distribuição de cargas no transporte intermodal.

Esses estudos mostraram que economias substanciais de custos poderiam ser obtidas com um planejamento centralizado da operação das pontas rodoviárias, em que viagens poderiam ser combinadas de uma maneira mais eficiente, minimizando os retornos com os veículos vazios.

Como o peso da ponta rodoviária tem influência grande sobre os custos globais de transporte intermodal, seria de se esperar muito mais pesquisas nessa categoria. Spasovic e Morlok contribuíram, em grande parte, para novos estudos sobre o comportamento das operações de ponta rodoviária. Entretanto, mais pesquisas nessa área são necessárias, a fim de obter uma validação do modelo em comparação com outros modelos e resultados já realizados. Além disso, o modelo

poderia ainda ser estendido, por exemplo, com a inclusão de outros elos da cadeia intermodal, ou mediante a incorporação de objetivos múltiplos ou outras restrições. De acordo com os estudos levantados pela Delft University of Technology e pela Vrije Universiteit Brussel, a ponta rodoviária nunca é citada ou referida nos estudos sobre os demais temas do transporte intermodal.

Segundo Y.M. Bontekoning A., C. Macharis B., J.J. Trip (2002), a ponta rodoviária, no transporte intermodal, é responsável por uma grande parcela (entre 25% e 40%) do total das despesas do transporte entre a origem e o destino das cargas, apesar da distância relativamente pequena do trajeto dos caminhões em comparação com a distância do transporte ferroviário.

Dentro da óptica da cadeia produtiva, Novaes (2001) analisou a evolução dos operadores logísticos em “Logística e Gerenciamento da Cadeia de Distribuição” e concluiu que o abandono do paradigma da verticalização nas modernas cadeias de suprimento cria demandas que são, em grande parte, supridas por outros agentes econômicos. Alguns desses agentes surgiram da redefinição ou diversificação de seus antigos negócios (as empresas transportadoras, por exemplo), dando origem aos prestadores de serviços logísticos. Essas empresas terceirizadas podem oferecer a ponta rodoviária com grande eficiência.

Uma experiência bem-sucedida de intermodalidade foi a parceria que começou no final de 1989 entre a Santa Fe Railway e a J. B. Hunt Transportation Services, relatam Douglas M. Lambert, James R. Stock e Jose G. Vantine (1998) em “Administração Estratégica da Logística”. Essa combinação de uma grande empresa ferroviária com uma grande empresa de transporte rodoviário nacional proporcionou aos embarcadores serviços intermodais porta a porta entre a Califórnia e o Meio-Oeste. O atendimento conjunto, chamado Quantum, oferecia o serviço porta a porta, que utilizava um sistema unificado de comunicação e faturamento, tornando mais rápidos os procedimentos, os quais reduziram o tempo de entrega da carga.

Exemplo similar no Brasil foi a parceria da ALL com o setor rodo-

viário, porém o caminhão também opera no transporte de longa distância.

Segundo Y.M. Bontekoning A., C. Macharis B., J.J. Trip (2002), a ferrovia responde pelo segmento terminal-terminal da viagem porta a porta do transporte intermodal. Há uma vasta literatura sobre modelagem ferroviária (ver, por exemplo, Assad, 1980; Crainic, 1999), mas o transporte ferroviário, no transporte intermodal, distingue-se do tradicional ferroviário em quatro áreas.

Em primeiro lugar, no transporte intermodal são usados horários fixos, essencialmente sem classificação entre origem e destino, enquanto nas redes do tradicional transporte ferroviário os trens partem normalmente quando estiverem lotados, com várias escalas intermediárias no trajeto.

Em segundo lugar, as questões de gestão da frota do transporte intermodal são mais complexas, por conta da separação da unidade de transporte, do vagão ferroviário tipo plataforma, denominado *flatcar*, assim como da unidade de carga, contêiner, reboque ou carreta. Outro aspecto do problema de gestão dos vagões é a enorme variedade de vagões plataforma, incluindo também os *double stack*, isto é, com dois níveis de carregamento de contêineres, juntamente com a grande variedade de carretas e reboques. Em contraste, no transporte ferroviário tradicional, vagões padrão por tipo de mercadoria são muito utilizados.

Em terceiro lugar, porque a unidade de transporte pode ser separada da unidade de carga nos terminais de transbordo ferroviário, dispensando os tradicionais pátios ferroviários intermediários de classificação.

Em quarto lugar, as decisões de localização do terminal ferro-rodoviário para intermodalidade são diferentes dos pátios ferroviários tradicionais; estes possuem necessidades específicas para cada tipo de mercadoria, cada uma exigindo instalações e equipamentos de transbordo diferentes.

O objetivo principal da pesquisa do transporte intermodal da Delft

University of Technology e da Vrije Universiteit Brussel é encontrar soluções para o problema da organização, para transporte ferroviário, de uma forma eficiente, rentável e competitiva.

Pode-se distinguir três níveis de planejamento e de tomada de decisão no que diz respeito à organização do segmento ferroviário: estratégico, tático e operacional.

No nível estratégico, a configuração da rede de serviços é determinada. Isso inclui decisões sobre quais ligações ferroviárias serão utilizadas, quais serão as regiões origem e destino para servir, quais terminais serão utilizados e onde localizar os novos terminais.

A análise mostra que não é evidente responder ao que seria mais eficiente: um pequeno número de grandes terminais, ou muitos terminais pequenos. Argumentos diversos são utilizados pelas duas estratégias, e as ações foram controversas:

Slack, em 1990, constatou que, a fim de realizar economias de escala, um grande número de terminais foi fechado, e o tráfego foi concentrado em alguns corredores e centros de transbordo. Nove anos mais tarde Slack (1999) propõe a introdução de facilidades de comunicação via satélite para substituir algumas funções de terminal a partir dos terminais muito congestionados. Howard (1983) opõe-se à racionalização da rede intermodal. Ele argumenta que os terminais maiores não levam a economias de escala. Ele sugeriu uma expansão da cobertura de terminais intermodais por meio de uma rede mais densa de terminais menores.

Além do número de terminais na rede de transporte, é preciso ainda decidir sobre sua localização. O problema geral na busca de uma ótima localização é a escolha de quais objetivos se pretende atingir. Exemplos desses objetivos são: minimizar os custos de transporte, maximizar a rentabilidade do terminal, maximizar a transferência do transporte rodoviário para o intermodal, minimizar os custos de transporte total.

Além disso, o problema pode ser dividido na busca de uma localização ideal em toda a rede de transporte ou na seleção de uma locali-

zação ótima entre um discreto número de possibilidades.

Entre cinco estudos analisados pela Delft e pela Vrije, relacionados com a localização dos terminais rodoferroviários, quatro focaram na localização otimizada em uma análise de uma rede de terminais. O último estudo analisou um discreto número de possibilidades. Segundo Rutten (1995), o objetivo era encontrar locais que pudessem atrair carga suficiente para operar trens diários entre esses terminais. Foi estudado também o efeito da adição de terminais à rede de transporte em relação ao desempenho dos terminais existentes.

Van Duin e Van Ham (1998) identificaram locais ideais, incorporando as perspectivas e os objetivos dos embarcadores, operadores de terminais, agentes consignatários e transportadores. Para cada nível, um adequado modelo pode ser desenvolvido. No nível estratégico, um modelo de programação linear pode procurar os melhores locais para os terminais intermodais. Esse modelo leva em conta os terminais existentes numa região, no caso, a Holanda, e pode ser usado para encontrar alguns novos locais interessantes.

Em outro nível, uma localização concreta na área de interesse poderá ser encontrada por meio da utilização de uma análise financeira. Também a localização de grandes clientes em potencial poderá ser um dos fatores mais decisivos. No nível operacional, um modelo de simulação discreto de eventos do terminal dará a possibilidade de simular o seu funcionamento. Esse modelo pode ser usado ainda para tomar decisões sobre o montante de guindastes, a quantidade de empregados, além de outras necessidades.

Meinert et al. (1998) investigaram a localização de um novo terminal ferroviário em uma região específica em que três terminais ferroviários já tenham sido implantados. O modelo analisou especificamente o impacto da localização do novo terminal em relação à distância e o tempo da ponta rodoviária.

Arnold e Thomas (1999) minimizaram os custos totais de transporte com a finalidade de encontrar os locais ideais para os terminais intermodais ferrorodoviário, na Bélgica. Groothedde e Tavasszy

(1999) minimizaram os custos generalizados e externos também com a finalidade de encontrar uma boa localização para os terminais intermodais rodoferroviários.

O nível operacional de um terminal intermodal envolve decisões do dia a dia sobre o carregamento dos trens, a redistribuição dos vagões e das unidades de carga, a organização dos contêineres e reboques, para uma gestão eficiente da frota.

## **A LITERATURA REVISADA PELAS UNIVERSIDADES APRESENTOU OS SEGUINTE TEMAS:**

### **O DESENVOLVIMENTO DE APLICAÇÕES DE SUPORTE À DECISÃO PARA APOIAR A GESTÃO CORRENTE. OS PROBLEMAS ABORDADOS FORAM:**

- *O planejamento do reposicionamento dos reboques e contêineres vazios (Chih e Van Dyke, 1987);*
- *O encaminhamento dos contêineres até o dimensionamento dos trens e a distribuição otimizada dos vagões double stack (Chih et al., 1990);*
- *A alocação dos reboques e contêineres aos vagões disponíveis (Feo e Gonz Alez-Velarde, 1995; Powell e Carvalho, 1998);*
- *O desenvolvimento de um eficiente método heurístico para resolver problemas mais complexos de planejamento (Nozick e Morlok, 1997);*
- *A minimização da transferência, determinando o carregamento ideal dos trens em um terminal intermediário com o transbordo ferrovia-ferrovia (Bostel e Dejax, 1998).*

A revisão dos estudos mostrou a necessidade de aprofundar o conhecimento sobre as configurações de redes de serviço:

Em primeiro lugar, não é evidente que seria mais eficiente um pequeno número de grandes terminais, ou de muitos pequenos terminais.

Em segundo lugar, a pesquisa em modelagem, para determinar uma ótima localização poderia ser realizada posteriormente. Os modelos poderiam ser melhorados no sentido de representar com maior precisão o mundo real. De outro lado, os modelos poderiam ser melhorados tomando, por exemplo, o problema de equilibrar os fluxos de entrada e de saída, assim como outros modelos capazes de incorporar os objetivos de múltiplos participantes. Na área de terminais intermodais hidroviários, alguns modelos de análise multicritérios já foram desenvolvidos (ver Declercq e Verbeke, 1997, 1999; Macharis e Verbeke, 1999). Os três níveis de modelagem de Van Duin e Van Ham (1998) levaram em consideração explicitamente os objetivos das diferentes partes interessadas. Além disso, as universidades chegaram à conclusão de que era necessário pesquisar mais sobre os modelos de localização para os terminais ferrovia-ferrovia.

Os modelos de localização *hub-spoke*, terminais concentradores de carga (ver, Campbell, 1994; Klinkiewicz, 1998), são certamente bastante aplicáveis ao problema da localização dos terminais ferrovia-ferrovia. De acordo com Nagy e Salhi (1998), os modelos de localização de terminais concentradores de carga deveriam estar conectados aos modelos de roteamento, onde as rotas ótimas são encontradas, a fim de obter uma abordagem mais realista do problema.

Em terceiro lugar, a rede intermodal poderia ser estendida, com consolidações mais complexas, ao sistema de produção (industrial e agrícola), de forma a permitir a integração à rede dos fluxos menores. Em consequência, o número de pontos de acesso, ou seja, de terminais de transbordo, poderia ser aumentado.

Segundo a Delft University of Technology e a Vrije Universiteit Brussel a pesquisa sobre a formação de um sistema intermodal ferroviário estava apenas começando em 2004. Ainda muito pouco se sabia sobre as relações entre a frequência, o comprimento dos trens e os custos consolidados em um modelo. Finalmente, no que diz respeito à gestão do dia a dia, os problemas do desafio científico são grandes, pois seria necessário desenvolver técnicas que pudessem lidar com o

problema de planejamento. Também seria preciso desenvolver métodos científicos que levassem a um resultado o mais próximo possível dos problemas de planejamento. Finalmente seria preciso desenvolver rapidamente a heurística para uma aplicação real.

O transbordo nos terminais intermodais rodoferroviários são pontos importantes na cadeia logística, pois, se mal projetados, podem aumentar os custos, os tempos e, eventualmente, a qualidade dos produtos.

Os fabricantes desenvolvem regularmente novas técnicas de transbordo, que depois são avaliadas e comparadas com as atuais pelos operadores e pesquisadores. De acordo com a Delft University of Technology e a Vrije Universiteit Brussel, Héjj (1983) comparou oito novas técnicas de manejo convencional, com transferência por ponte rolante. Ferreira e Sigut (1995) pesquisaram e compararam com os vagões tradicionais o novo conceito do RoadRailer. Woxenius (1998) avaliou 72 tecnologias de transbordo em pequena escala e desenvolveu um método para avaliá-los.

Segundo as universidades, foi identificada a possibilidade de transbordo intermediário na própria ferrovia, no âmbito do transporte ferroviário atual. Tradicionalmente, no transporte ferroviário, o feixe de linhas é usado para a transferência de mercadorias. No entanto, no transporte intermodal, a unidade de carga pode ser separada dos vagões ferroviários. Como resultado, os terminais de transbordo ferrovia-ferrovia podem ser utilizados sem as tradicionais manobras das composições.

O uso de tais terminais ferroviários é um fenômeno novo. Meyer (1998) abordou especificamente o processo de concepção de um *layout* ideal e uma estratégia operacional ideal para um terminal de transbordo ferrovia-ferrovia.

Bontekoning (2000) comparou vários modelos de terminal ferroviário com um terminal convencional. Em outro estudo, Bontekoning (2000) analisou os diferentes desempenhos entre as operações ferrovia-ferrovia, isto é, com transbordo direto, e os terminais que exigiam

a manobra do trem.

Avaliar e comparar as novas técnicas de transbordo com a tecnologia existente requer uma abordagem sistêmica. Ferreira e Kozan (1992), Ferreira e Sigut (1993) e Zografos e Giannouli (1998) sublinharam a ausência de metodologias sistemáticas que poderiam ser utilizadas para quantificar os impactos de mudanças nas operações do terminal intermodal de mercadorias. Em seus estudos, eles se propuseram a utilizar um conjunto padrão de medidas de desempenho e uma estrutura metodológica integrada.

Novos terminais estão sendo desenvolvidos e avaliados, enquanto algumas questões fundamentais no conhecimento do desempenho ainda são escassas. Questões como o impacto da dinâmica de entrada e saída, horários sincronizados, *layout* do terminal e estratégia das operações continuam por resolver.

A avaliação por Bontekoning (2000) mostra desempenhos diferentes para terminais com funções diferentes. Outra questão é o número de objetivos que um terminal deve ter para atender a uma cadeia de multiatores. Os terminais devem atender às demandas dos transportadores, dos caminhoneiros, dos operadores ferroviários, bem como às do operador do próprio terminal. Esses objetivos, muitas vezes, podem ser contraditórios.

A Delft University of Technology e a Vrije Universiteit Brussel não encontraram estudos que se dedicam a esse assunto e mencionaram a necessidade de ter uma ideia mais clara em relação ao impacto da normalização ou à falta dele sobre os custos do terminal e de sua performance.

Apesar de padronização existente, ainda há uma grande variação entre as unidades de carga, vagões ferroviários e chassis de caminhão-reboque. A eficiência na cadeia ainda pode ser melhorada por meio de uma maior padronização.

No entanto, chegar a acordos de normatização entre todos os intervenientes na cadeia intermodal, incluindo transportadores, é difícil. Quais seriam as normas adequadas e como funcionam os processos de

decisão?

Apesar da importância da padronização, os estudos sobre o assunto são escassos. Betak et al. (1998) realizaram um estudo de inventário sobre a harmonização, padronização e interoperabilidade na Europa e na América do Norte. Eles identificaram uma série de questões pendentes relacionadas à normatização do contêiner e à interoperabilidade da tecnologia da informação, que exigem uma investigação mais aprofundada.

Um dos problemas com a padronização das unidades de carga é que ainda existem demasiados tipos e tamanhos. No entanto, um estudo realizado por Johnston e Marshall (1993), que analisou as percepções de transportadores intermodais para os tipos de equipamento, mostra que os transportadores tendem a favorecer contêineres intermodais e *trailers*, semi-reboques, embarcados em vagões plataformas e RoadRailer. O RoadRailer é composto por reboques com a possibilidade de serem transportados tanto na estrada de rodagem como no transporte ferroviário. Os reboques ou *trailers* estão ligados uns aos outros por meio de truques destacáveis.

O estudo mostrou que cada tipo de unidade de carga tem suas vantagens típicas, mas os contêineres intermodais têm a melhor pontuação geral. Assim, este estudo empírico apontou que parece haver possibilidades de uma maior padronização da carga unitária.

As pesquisas mais recentes sobre os efeitos da normatização em matéria de eficiência intermodal e o processo de tomada de acordos de padronização são necessárias, pois podem poupar custos em toda a cadeia intermodal. Essas economias de custo serão conseguidas somente quando todos os atores participarem nos acordos. Enquanto um ator continuar a usar equipamento de dimensões próprias, unidades de carga e informações individualizadas, a redução de custo não será aparente.

No processo de padronização, todos os intervenientes devem estar convencidos dos benefícios gerais. Em geral, a redução de custos será alcançada, mas se o ator individual não se beneficiar dela, como ele

pode estar motivado a participar de mudanças? Outra questão é o processo de tomada de decisão sobre a padronização e a fase de implantação dos acordos e como isso deve ocorrer com essa multiplicidade de atores.

Um grande número de agentes é responsável por organizar e controlar cada parte da cadeia de transporte. Juntos, eles têm de assegurar que uma viagem sincronizada e uniforme seja oferecida aos embarcadores.

A gestão da cadeia de controle da cadeia de transporte intermodal está relacionada com a ponta rodoviária, o transporte ferroviário, o transbordo e a padronização dos equipamentos e operações.

O problema geral é orientar todas as atividades da cadeia de transporte, oferecendo para cada um dos participantes informações oportunas, assim como comunicar os fatos certos no momento certo.

Isso está relacionado com a gestão diária das atividades de transporte, mas também com a escolha estratégica, como a padronização ou a utilização de tecnologia da informação.

Outro problema é a responsabilidade. Quem é responsável pelo quê?

A Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) oferece novas possibilidades de apoio à complexa cadeia de coordenação e controle de tarefas.

Hengst-Bruggeling (1999) e Dürr (1994) desenvolveram estudos baseados na TIC para a conceber modelos de gestão com sistemas de auxílio à decisão. Hengst Bruggeling estudou o tema para o nível de coordenação estratégica, e Dürr, para a coordenação operacional.

Woxenius (1994) e Taylor e Jackson (2000) examinaram o papel e poder de mercado de cada um dos atores do sistema intermodal de transporte. Eles argumentaram que, em uma rede líder, o ator com mais poder na cadeia intermodal deve dar a direção de toda a cadeia global.

Ambos os estudos concluíram que no comércio internacional os transportadores marítimos tinham o papel de liderança, mas nos

transportes domésticos tal liderança não ocorre.

Wiegmans et al. (1999) viram a perspectiva do operador do terminal ter essa função de liderança se tiver poder econômico na cadeia intermodal.

Asariotis (1998) e a Comissão Europeia (1999) pesquisaram os problemas com relação ao acordo de responsabilidades.

Qual é o atual quadro jurídico que determina as responsabilidades de um transporte intermodal?

A responsabilidade por atraso, perda ou avaria da mercadoria é composta por um quebra-cabeças confuso das convenções internacionais – estas, destinadas a regular o transporte unimodal, além de diversas leis nacionais e contratos padrão de transporte.

Kindred e Brooks (1997) escreveram um texto abrangente sobre a responsabilidade. Este livro oferece uma visão dos regimes jurídicos complexos que regulam o transporte intermodal. A gestão multiautores da cadeia está relacionada com todos os aspectos da cadeia intermodal e de todas as outras categorias de investigação.

O texto expõe que não cumpre ao único ator o papel de líder da estrutura da cadeia de transporte intermodal. Consequentemente, outros participantes na coordenação são necessários. No entanto, o que é necessário fazer para uma boa gestão ainda precisa ser determinado.

Como são tomadas as decisões sobre questões como as normas de padronização ou a aplicação da TIC?

O que é o melhor para a cadeia não é necessariamente para cada um dos atores individuais?

Como os custos e benefícios das alterações serão redistribuídos quando isso não acontecer automaticamente por meio de mecanismos de mercado?

Quais são as consequências para as organizações individuais sempre que precisam desistir de alguma autonomia em prol dos objetivos da cadeia total?

São perguntas que devem ser respondidas. Delft University of Technology e a Vrije Universiteit Brussel, mostraram que a escolha do modo de

transporte e as estratégias de preços são decisões importantes.

O problema geral do transporte intermodal é a sua competitividade em relação aos outros modos. Nesse sentido, é decisivo saber para quais mercados o transporte intermodal é atraente, como é realizada a comparação com outros modos, como a quota de mercado pode ser aumentada e qual estratégia de preços deve ser adotada.

Existe uma vasta literatura sobre os fatores determinantes na escolha do modo de transporte e da sensibilidade da escolha quando ocorrem as alterações de preço ou qualidade (ver, por exemplo, Winston, 1983; Zlatoper e da Áustria, 1989).

Alguns estudos focaram especificamente na escolha da modalidade e do transporte intermodal, outros, com a identificação dos produtos de alto valor mais suscetíveis a serem transportados em TOFC-COFC (reboque ou contêiner em vagões plataformas), como os realizados nos Estados Unidos por Harper e Evers (1993), Evers et al (1995).

Murphy (1996) e Daley (1998), Ludvigsen (1999) e Tsamboulas e Kapros (2000) avaliaram os embarcadores segundo suas percepções da qualidade e de custos para escolher o transporte ferroviário intermodal, o serviço do caminhão ou outro modo de transporte. Os fatores mais relevantes na percepção global de todos os modos de transportes são pontualidade e disponibilidade.

Parece que, em geral, os embarcadores confiam mais no transporte ferroviário intermodal e na ponta rodoviária feita pelo caminhão do que pelo transporte rodoviário unimodal. Além disso, Tsamboulas e Kapros (2000) mostraram que a maioria decide quase que exclusivamente pelo critério de custo, são usuários intensivos de transporte intermodal, enquanto uma parte menor decide de acordo com critérios de qualidade e custo.

Evers e Emerson (1998) mediram quais os fatores que tinham influência na escolha do modo de transporte e verificaram que, quanto maior for o conhecimento dos serviços prestados pelas empresas de transporte rodoviário, menos provável é a utilização de transporte intermodal, ou seja, o transporte intermodal deve também divulgar e se aproximar dos

futuros clientes.

Além disso, com a conscientização de terceiros, como fornecedores, o uso do transporte intermodal também aumenta.

Os estudos de Harper e Evers (1993) e Murphy e Daley (1998) indicam que os não-usuários do transporte intermodal têm uma percepção menor do seu desempenho que os usuários. Isso sugere que a imagem das características de um modo de transporte é muito relevante no modo de escolha. Os clientes não decidem apenas com argumentos racionais.

Beier e Frick (1978) e Fowkes et al. (1991) investigaram as condições em que as empresas de caminhões utilizariam o transporte *piggy-back*, caminhão em vagão plataforma. Ambos os estudos indicaram que a utilização dos transportes intermodais só seria aceitável por essas empresas quando grandes descontos sobre transporte intermodal fossem concedidos.

Os documentos: “Is a new applied transportation research field emerging? The review of intermodal rail-truck freight transport literature”, da Delft University of Technology e a Vrije Universiteit Brussel, abordaram as estratégias de determinação do preço do transporte intermodal.

Parte do problema de competitividade é a determinação da tarifa ideal para os serviços do transporte intermodal, que é chamada de estratégia de preços. Essa estratégia de preços joga em dois níveis.

Em primeiro lugar, no nível do ator individual da cadeia intermodal em que cada ator deve estimar sua força na negociação de preços. Horn (1981) e Yan et al. (1995) avaliaram várias alternativas de estratégia de preços para o trecho ferroviário. Spasovic e Morlok (1993) investigaram a estratégia de preços dos operadores da ponta rodoviária. Em segundo lugar, uma estratégia de preços também pode ser determinada para o conjunto do serviço porta a porta do transporte intermodal. Tsai et al. (1994) examinaram várias abordagens para tal estratégia de preços.

Estudos de modo de escolha revelaram que os fatores determinantes são aqueles que têm a sensibilidade de avaliar o custo e a qualidade do transporte intermodal. No entanto, os resultados não são de aplicação generalizada, mas específicos para um determinado conjunto de dados, da

população pesquisada e da geográfica da região. É importante saber as diferenças entre esses estudos para poder avaliar e explicar os resultados.

O contexto político nos EUA e na Europa é diferente para o transporte intermodal. Na Europa, o transporte intermodal tem um objetivo político; há muitos anos, o objetivo político nos EUA ainda está no início.

Um problema nos EUA é como integrar a política de transporte intermodal de mercadorias nos três níveis – federal, estadual e local – com os programas governamentais de transporte nos EUA. O crescimento do transporte intermodal de mercadorias tem ocorrido mais no setor privado, mas o setor público está agora também interessado no transporte intermodal como um meio de controlar os custos dos fretes, reduzir a poluição e estimular o emprego local.

Nos países europeus, particularmente aqueles que pertencem à Comunidade Europeia, todos os níveis de governo têm apoiado a política de transporte intermodal de cargas com o planejamento e programa de desenvolvimento implantado há vários anos. Várias políticas e atos de planejamento foram realizados, mas, com a estratégia de pesquisa utilizada, não estão publicados nos trabalhos científicos que tratam da política europeia para o transporte intermodal.

O principal problema da política e planejamento do transporte intermodal é a falta de definição das medidas eficazes. Os estudos analisados são em número limitado nas questões políticas. Em geral, os resultados desses estudos revelaram que as pesquisas não chegaram a medidas eficazes. Muito mais estudos serão necessários, como sobre o efeito do apoio financeiro para melhorar a atratividade do transporte intermodal e o impacto sobre a competitividade do transporte intermodal, ou sobre o impacto das chamadas Rail Freeways na Europa, assim como sobre a análise da influência da infraestrutura ferroviária sobre o desempenho do transporte intermodal.

# Os acordos que recuperaram a ferrovia na Europa

Menos intensamente do que nos Estados Unidos da América, a Europa também sofreu a concorrência dos outros modais de transportes, principalmente a Europa Ocidental, uma vez que nos países da antiga “cortina de ferro”, na Europa Oriental, a política centralizada dos governos comunistas protegeu as ferrovias.

Para se contrapor a essa tendência mundial, em que a versatilidade e a rapidez do caminhão deslocaram uma parte importante do transporte ferroviário, fluvial e de cabotagem, foram feitos diversos acordos internacionais envolvendo as nações e suas empresas ferroviárias.

O primeiro desses acordos conduzido pela ONU – Organização das Nações Unidas, por meio da Comissão Econômica para a Europa, foi debatido em 1991 e implantado em 1992, mesmo ano de início do Mercado Comum Europeu, denominado Comunidade Europeia, composta inicialmente por 12 países.

### **O ACORDO EUROPEU PARA AS GRANDES LINHAS DE TRANSPORTE INTERNACIONAL INTEGRADO E SUAS INSTALAÇÕES CONEXAS ABORDAVA OS SEGUINTE TEMAS:**

- *O desejo de facilitar o transporte internacional de mercadorias;*
- *A certeza de que o transporte internacional de mercadorias deverá aumentar em função do crescimento do comércio exterior;*
- *A consciência das consequências negativas que essa evolução poderá ter sobre o meio ambiente;*
- *A importância do papel do transporte integrado, o qual poderá aliviar a sobrecarga que pesa sobre a rede rodoviária europeia;*
- *A certeza de que é indispensável tornar o transporte integrado eficaz e mais atraente para a clientela propor um arcabouço jurídico, estabelecendo um plano coordenado do desenvolvimento do transporte integrado e de sua infraestrutura necessária para a operação desses serviços sobre uma base de parâmetros e normas de desempenho convencionadas internacionalmente.*

Esse acordo permitiu a realização das primeiras experiências do transporte combinado, termo empregado na Europa, entre diversos países utilizando as redes de transporte disponíveis: ferroviária, rodovia, cabotagem e navegação fluvial.

Apesar da preferência pelo transporte de passageiros, depois desse acordo o serviço de carga europeu também evoluiu e transporta um volume crescente de carga geral, devido, principalmente, à velocidade dos trens, até os 150 km/h, e aos congestionamentos nos acessos

rodoviários das grandes capitais. A terceirização do serviço de carga para empresas privadas, ficando para as empresas estatais apenas a tração dos trens, também tornou ágil e moderna a circulação de mercadorias na Europa.

A boa operação ferroviária europeia está baseada em pátios de triagem e terminais de transbordo, denominados instalações conexas, nos principais entroncamentos ferroviários, de modo que as esperas sejam reduzidas, aumentando assim a velocidade de deslocamento da carga.

Além de todas essas condições básicas, a rede ferroviária deve ter linha, via permanente, obras de arte especiais e instalações complementares em bom estado de conservação e manutenção. Analogamente, também deve dispor de locomotivas, vagões e demais equipamentos em boas condições de manutenção, para permitir índices de disponibilidade satisfatórios para a realização do transporte integrado.

Após o primeiro acordo da Organização das Nações Unidas (ONU), por meio da Comissão Econômica para a Europa, implantado em 1992, o Conselho de Ministros da União Europeia, durante a Conferência dos Ministros de Transportes da Europa, do ano 2000, propôs reformas no regulamento de transporte ferroviário de cargas. O objetivo era contrapor a tendência mundial de utilizar a versatilidade e a rapidez do caminhão e recuperar uma parte desse mercado para o transporte ferroviário, assim como para o fluvial e o de cabotagem.

Esse novo regulamento enfocava as diferenças entre os países componentes da União Europeia e propunha ações distintas com o objetivo de desenvolver o mercado ferroviário de cargas.

## **O SUMÁRIO DAS PRINCIPAIS QUESTÕES DA REFORMA DO REGULAMENTO ESTÁ APRESENTADO A SEGUIR:**

- *Criação de um serviço padrão confiável com qualidade e segurança, essencial para a competitividade da ferrovia;*
- *Competição e consolidação;*

- *Necessidade de regulamentação diversa por mercado;*
- *Preservação da economia em escala;*
- *Substituição das decisões gerenciais referentes às intervenções dos governos pelos códigos regulatórios explícitos;*
- *Mais alianças comerciais da Europa para as obras de infraestrutura ferroviária do que para as modificações de operações ferroviárias;*
- *Definição de rotas adequadas para o tráfego ferroviário internacional;*
- *Necessidade de autoridades e cortes regulatórios para arbitrar os direitos de acesso;*
- *A reciprocidade para prevenir o abuso do direito de acesso até que os serviços ferroviários, de todos os países membros, estejam fortalecidos;*
- *Término dos subsídios cruzados do serviço de carga para o de passageiros dos países do Leste Europeu;*
- *Equivalência de condições para a competição rodovia x ferrovia;*
- *Investimento eficiente na infraestrutura ferroviária, vital para a expansão do tráfego ferroviário internacional de carga dentro da União Europeia;*
- *Transferência de alguma experiência bem-sucedida do modelo ferroviário americano para a Europa;*
- *Abertura da maior parte da rede ferroviária europeia para a competição internacional de frete de carga;*
- *Flexibilidade da ferrovia australiana, pois pode servir de modelo para alguns países da União Europeia;*
- *Necessidade, por parte da Europa, de negócios ferroviários sejam adaptados aos simples mercados emergentes;*
- *Necessidade de consolidação internacional, assim como da competição dos serviços ferroviários;*
- *Exigência de uma política explícita de fusão baseada na lição da associação dos países da União Europeia;*

- *Regulamentação da implantação da infraestrutura, pois as agendas políticas devem manter elevadas as aplicações de investimentos na ampliação dessa infraestrutura.*

Em mesa redonda realizada em 2002, foram discutidas as tendências empíricas do transporte ferroviário de carga na União Europeia. Os participantes do evento discutiram como essas tendências deveriam ser avaliadas e qual o papel da integração para desenvolver a competição dessas ferrovias com o setor rodoviário de cargas.

O crescimento dramático do transporte de carga na Europa não podia ser acomodado pelo sistema rodoviário existente, dado o nível de congestionamento que se estendia por toda a malha. Por outro lado, os volumes de cargas transportados pelas ferrovias se estabilizaram no limite máximo admissível, demonstrando o ponto fraco das estradas de ferro europeias em consequência de uma rede fragmentada pelas fronteiras nacionais.

## **OS SEQUINTE ARGUMENTOS FORAM APRESENTADOS NESSA OPORTUNIDADE:**

### **O DECLÍNIO**

O modal ferroviário estava declinante desde a década de 1970, assim como a navegação fluvial. Ambos perdiam mercado para a rodovia. A ferrovia, que tem a característica forte no transporte de mercadorias pesadas a longa distância, como produtos siderúrgicos e os insumos primários dessa indústria, estava perdendo mercado, apesar do crescimento da demanda e também da distância de transporte. Muitos especialistas apontavam que a rede ferroviária não representava mais do que 5 % do total da rede rodoviária europeia. Entretanto, esse argumento também necessitava ser tratado com cuidado, pois os principais eixos de transporte rodoviário de carga na França representavam

somente 4 % da malha rodoviária. A função do restante de malha era de distribuição e coleta.

## **INTERNALIZAÇÃO DOS CUSTOS EXTERNOS**

A rodovia gerava, e ainda gera, numerosas externalidades negativas, como a poluição do ar, a liberação de gases responsáveis pelo aumento do efeito estufa e um grande índice de acidentes. Todos esses fatores, todavia, não refletiam no preço pago pelos usuários da rodovia. Esse argumento era utilizado pelos defensores da ferrovia que argumentavam que o benefício que a ferrovia gerava não resultava numa tarifa menor para seus clientes e, por isso, propunham um aumento de pelo menos 10% no preço do frete rodoviário para compensar o tráfego ferroviário.

## **SATURAÇÃO DA CAPACIDADE**

Tradicionalmente, as ferrovias europeias argumentavam que suas redes estavam saturadas e não poderiam transportar mais carga adicional. Porém, o volume transportado não era maior do que o realizado na década de 1970. A saturação das linhas e a baixa utilização das locomotivas resultavam em atrasos em 70 % dos trens de carga. Entretanto, as empresas privadas, que tinham outro tipo de administração, começavam a operar essas mesmas rotas com apenas 20 % de atrasos. Os especialistas confirmaram que a saturação da infraestrutura era resultado da inabilidade gerencial, assim como da mudança de procedimentos administrativos e de segurança dos comboios de cargas. Os problemas nas fronteiras com normas operacionais rígidas, como as locomotivas bicorrentes, nas quais cada lado tinha procedimentos técnicos próprios, somados aos investimentos em novas linhas em vez de investimentos específicos em pátios de cruzamentos de trens, eram causas de saturação da rede ferroviária.

## SEPARAÇÃO DA INFRAESTRUTURA E A OPERAÇÃO

Alguns especialistas argumentavam que o declínio do transporte ferroviário era o resultado catastrófico do medíocre serviço oferecido nos últimos 30 anos. Na época, cada empresa tinha seus objetivos claros e, ao mesmo tempo, mais amplos, os quais muitas vezes eram incompatíveis, fazendo elas se concentrarem naqueles em que tinham maior eficiência. Sob esse aspecto, a função dupla, a infraestrutura e a operação pareciam incompatíveis, e o atendimento ao cliente passou a ser o objetivo principal, justificando o emprego do *just-in-time* e a terceirização. Por isso, o argumento dos especialistas era a separação da manutenção e a ampliação da infraestrutura da via férrea da operação do sistema ferroviário.

Em 2006, a Eurostat (Statistical Office of the European Communities), responsável pelas estatísticas oficiais da Comunidade Europeia, analisou a distância de transporte interna de cada país-membro da comunidade denominado transporte nacional.

A média geral mostrou que 60 % das distâncias de transporte estavam na faixa de até 49 km de distância. Os outros 20 % se situavam na faixa de 50 a 149 km, e os 20 % restantes, acima de 150 km.

Essas características são próprias da Comunidade Europeia, formada por países de pequena extensão territorial. São números que registram a preferência pelo modal rodoviário, devido à pequena distância de transporte.

Para o transporte internacional entre os países membros da Comunidade Europeia, o modal ferroviário tem uma participação maior, devido ao aumento da distância de transporte e, principalmente, à densa malha de estradas de ferro que os principais países têm, como Alemanha, França, Áustria, Espanha e Itália, nações que comandam a economia europeia.

A performance do transporte ferroviário de carga na Comunidade Europeia foi de 419 bilhões de tku (toneladas úteis x quilômetros) em 2006, representando um crescimento de 6,8 % se comparado a 2005. Em termos absolutos, o principal crescimento foi da Alemanha, com

um aumento de 11,6 bilhões de tku, resultado da importância econômica e do sistema ferroviário de alto desempenho. Os menores crescimentos foram dos países do Leste Europeu, havendo, inclusive, decréscimo, como ocorreu na Letônia, com menos de 2,9 bilhões de tku.

Em termos comparativos, o transporte ferroviário europeu era 6,8 vezes menor que o da América do Norte, que atingiu a cifra de 2.850,51 bilhões de tku em 2005, e 1,9 vezes maior que o brasileiro, que transportou 221,2 bilhões de tku em 2005, de acordo com a ANTF. Com relação à distância de transporte, as ferrovias europeias têm valores na faixa de 400 km, sendo 412 km para o contêiner. São valores baixos, devido à pequena extensão dos países membros. Na América do Norte, a contagem foi de 1.484,4 km em 2005, segundo a BTS – Bureau of Transportation Statistic, e a brasileira, de 573 km, indicando a má utilização da ferrovia no Brasil.

A média do peso das mercadorias embarcadas nos trens de carga da Comunidade Europeia foi de 516 toneladas/trem, sendo que nos países do Mar Báltico foi de 1.400 toneladas/trem. Os principais produtos transportados foram maquinaria, equipamentos e manufaturados, ao contrário do Brasil, onde a carga ferroviária é essencialmente composta por minérios e grãos agrícolas, aqui transportados por trens de 5 a 10 mil toneladas. Nos Estados Unidos, além dos granéis, o transporte de carga geral em contêineres é bem difundido, utilizando também trens de grande tonelagem, semelhantes aos brasileiros.

O novo regulamento discutido a partir da década de 1990 enfocava as diferenças entre os países componentes da União Europeia e propunha ações distintas com o objetivo de desenvolver o mercado internacional de cargas. Em função disso, no período de 2001 até 2005, houve forte variação na demanda do transporte de carga na Comunidade Europeia, pois, enquanto a Bélgica e a França perderam mercado, os novos países aderentes, Hungria, Eslováquia e Estônia, aumentaram o transporte internacional.

# Modelos de melhorias operacionais

No âmbito da estrutura da promoção dos modos de transporte amigáveis com o meio ambiente, a Comissão Europeia lançou uma série de projetos de pesquisa visando avaliar as inovações técnicas e organizacionais que poderiam melhorar o desempenho das operações de transporte de mercadorias no setor ferroviário. No escopo desse trabalho, foi apresentada uma modelagem de abordagem centrada na avaliação comparativa de equipamentos convencionais e equipamentos modernos para terminais rodoferroviários.

O conjunto dos modelos utilizados consiste em um sistema especializado para o projeto do terminal, um modelo de simulação de operações de terminais e um micromodelo de operação ferroviária, com a atribuição dos fluxos de mercadorias na rede de transportes. Essa abordagem decorreu do fato de que, com a economia de tempo, devido ao desempenho eficiente dos terminais de transbordo, poderia ser alcançada somente uma operação ferroviária avançada.

Nos estudos de Ballis e Golias, as modelagens tinham por objetivo simular as operações e o desempenho das ferrovias e dos terminais de transbordo para o dimensionamento do sistema, diferenciando-se dos tradicionais estudos teóricos sobre a intermodalidade rodoferroviária.

A criação de uma rede europeia de transportes intermodal sempre foi um objetivo de alta prioridade da Comunidade Europeia, para o qual a Comissão Europeia dedicou estudos, legislação específica e recursos consideráveis. O transporte intermodal na Europa registrou uma alta taxa de crescimento por muitos anos, desde o início de sua implantação. Esse crescimento foi suportado por uma sistemática promoção e subsídios recebidos por vários países europeus. Nos anos mais recentes, a tendência de crescimento do passado não foi confirmada, e as tendências para o futuro não são evidentes.

Embora, em nível estratégico, os estados-membros da Comunidade Europeia tenham manifestado sua disponibilidade para uma cooperação mais estreita entre suas organizações ferroviárias nacionais, essa cooperação estava ainda numa fase embrionária. No entanto, como a liberalização do mercado ferroviário tem permitido a participação de operadores privados circulando nas linhas estatais, o foco está gradualmente passando da melhoria das operações das redes nacionais para a gestão da cadeia de transporte internacional.

Em paralelo, a Comissão Europeia tem apoiado diversas pesquisas e iniciativas-piloto que visam à harmonização do projeto de infraestrutura, normas técnicas, regulamentos de segurança, especificações dos equipamentos e procedimentos operacionais tanto para as ligações ferroviárias como para os terminais, pois esses terminais intermodais

são os importantes nós da rede integrada de transportes.

Parâmetros como a localização do terminal em relação à distribuição espacial dos centros de produção e de consumo, a existência de terminais antagônicos e os acessos aos principais eixos ferroviários e rodoviários afetam significativamente os volumes de carga, e as unidades de transporte intermodal que atenderam à área estudada devem ser consideradas.

Outros parâmetros, como os custos da construção e disponibilidade de terreno, também são determinantes, principalmente pelas características e condições dos locais analisados. Somam-se a esses parâmetros aqueles determinados pelo idealizador do terminal e os impostos pelas autoridades locais, como as prefeituras e áreas metropolitanas. Entre esses parâmetros, os equipamentos de movimentação da carga desempenham um papel preponderante, uma vez que orientam o *layout* do terminal e determinam seus limites e produtividade.

Estudos sobre a avaliação comparativa das alternativas de projetos de terminais, com tecnologias convencionais, foram realizados tanto no passado remoto como nos últimos anos. Questões selecionadas, como espaço, otimização de equipamentos etc., têm sido investigadas. Estudos comparativos de avaliação de equipamento inovador com os convencionais foram realizados recentemente por meio de projetos de pesquisa. Atenção especial foi também dada a questões operacionais específicas.

O escopo desses estudos foi apresentar uma modelagem de abordagem centrada na avaliação comparativa entre os equipamentos convencionais e avançados para terminais rodoferroviários. A configuração típica do terminal rodoferroviário e os procedimentos operacionais também foram avaliados.

A produtividade do terminal rodoferroviário é fortemente relacionada com as condições de funcionamento da operação ferroviária.

A análise apoiada por um conjunto de modelos e a descrição de suas inter-relações também são investigadas.

Os terminais rodoferroviários são constituídos por uma vasta

gama de instalações, que vão desde um simples terminal que possibilita a transferência entre dois ou três modos de transporte até amplos centros de transbordo intermodais, que também proporcionam um grande número de serviços relacionados ao transporte, como armazenagem, estufagem e desova de contêineres, assim como sua manutenção, reparação etc.

## **UM TÍPICO TERMINAL RODOFERROVIÁRIO INCLUI OS SEGUINTE ELEMENTOS:**

- *Feixes de linhas ferroviárias, para recepção e expedição, estacionamento do trem e triagem dos vagões, assim como atividades de fiscalização;*
- *Linha para o transbordo da mercadoria, carga ou descarga;*
- *Pátio de armazenamento adjacente à linha de transbordo;*
- *Área de reserva (buffer) para armazenagem;*
- *Área de acesso, estacionamento e carga/descarga de caminhões;*
- *Portarias (gates) e vias de circulação interna;*
- *Áreas administrativas.*

No tipo mais simples de operação, o trem chega à linha de transbordo após a recepção, é atendido (descarregado/ou carga) e permanece lá até a partida. Esse tipo de operação permite quase o transbordo direto e exclusivo entre os vagões e caminhões, sem armazenagem intermédia no pátio. A sequência de carga ou descarga é ditada principalmente pela chegada do trem ao terminal.

As operações reais são geralmente mais complicadas, pois, se o número de vagões do trem exceder o comprimento da linha, há a necessidade de o trem ser compartilhado por dois (ou mais) e ser estacionado em outras linhas do feixe ferroviário. Além disso, se o número de trens de entrada, ou parte do trem dividido, excede a capacidade do transbordo da linha, os trens têm que ser removidos da linha de transbordo após a

carga/descarga, a fim de abrir espaço para novos trens programados, situação que retarda a operação. Esse procedimento requer que o primeiro lote de vagões seja completamente descarregado para os caminhões ou para o pátio pulmão, a fim de garantir a operação eficiente da carga no terminal intermodal.

Os vagões vazios são, em seguida, removidos para o feixe ferroviário, liberando a linha transbordo para o próximo lote de vagões. Depois disso, os vagões vazios são agrupados para formar os trens de saída. Os vagões vazios são preparados para acomodar novas unidades de carga. Após o carregamento dos vagões e as inspeções necessárias, incluindo os testes de freios, o trem está pronto para partir.

Os requisitos relativos às operações do terminal rodoferroviário dependem da programação dos trens, dos transbordos trem-caminhão, do número de agentes envolvidos (ferrovias, operadores intermodais, embarcadores etc) e da complexidade dos documentos relativos à contratação do frete (procedimentos aduaneiros, controle de mercadorias perigosas, exigências sanitárias etc).

Agora, dando continuidade ao tema do transporte intermodal ferroviário, segundo o documento *Towards the improvement of a combined transport chain performance*, de Athanasios Ballis, John Golias, serão abordadas as formas de formação de trens na Europa.

## **A OPERAÇÃO DO TRANSPORTE INTERMODAL NA EUROPA É BASTANTE COMPLEXA. NO ENTANTO, PARA EFEITOS DESSA ANÁLISE, QUATRO FORMAS DE FUNCIONAMENTO DIFERENTES PARA TRANSPORTE FERROVIÁRIO FORAM IDENTIFICADAS:**

- (1) *Trem direto*

Esses trens operam entre dois terminais, sem paradas no trajeto, e representam o sistema operacional mais econômico e rápido do modo ferroviário. Duas variantes podem ser encontradas: Bloco de trens com número de vagões específicos dependentes ou *shuttle* trens, isto é,

formação de trens fixos, partindo em horários determinados, tipo ponte aérea. Esta última inclui também a *shuttle* duplo, que se caracteriza por uma composição fixa de vagões, partindo duas vezes por período entre os dois terminais, uma em cada sentido, eliminando, assim, a necessidade de um par do conjunto de vagões.

- (2) *Grupo de trens e sistemas de alimentação*

O objetivo dos sistemas de alimentação é conectar o terminal de uma região por meio de ligações curtas que o alimentam para formar um trem completo, de maneira a cobrir o trajeto de longa distância, tipo *shuttle*, isto é, indo e voltando sempre no mesmo itinerário. Se a demanda é muito pequena um serviço econômico com trens diretos, os sistemas de alimentação podem ser uma possível solução.

- (3) *Trens regulares*

Eles oferecem serviço regular e permitem a integração dos terminais com menos exigências em uma rede de transporte intermodal. Hoje, entende-se por trens regulares aqueles com número fixo de vagões que podem ser carregados e descarregados durante o trajeto. Uma alternativa pode ser um trem com um número fixo de vagões, que não são desengatados, mas acoplados ao trem em cada parada, em vez de fazer o transbordo.

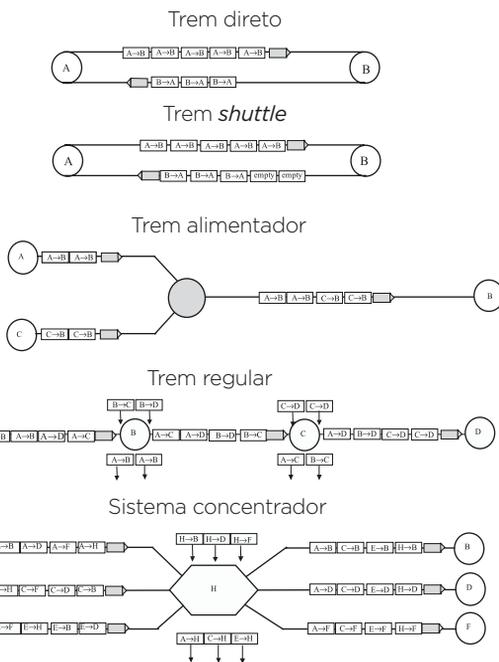
- (4) *Sistema concentrador*

Esse sistema é capaz de oferecer mais conexões entre terminais de médio e pequeno porte. Entretanto, o tempo gasto para a formação da composição e triagem de vagões no Hub terminal reduz a possibilidade de transporte, numa janela de tempo disponível entre dois terminais, considerando o trajeto mais curto.

O transporte intermodal pode ser modelado para facilitar sua concepção. Os terminais rododiferroviários e as formas de operação ferroviária são dois dos parâmetros que afetam a eficácia do transporte intermodal. Existem muitos outros parâmetros, como a estrutura

atual da rede, em termos de pontos de origem/destino e capacidades de transporte da linha ferroviária, a capacidade do material rodante, a interferência com o transporte ferroviário de passageiros, o fluxo que normalmente tem prioridade sobre o tráfego de mercadorias, entre outros.

A otimização de todo o sistema deve, inevitavelmente, ser baseada em várias suposições e, apesar de sua grande importância acadêmica, é de valor limitado para os diversos atores envolvidos nas operações do mundo real. Como exemplo, podem ser citados os fabricantes de equipamentos, os transitários, os operadores dos terminais operadores, os quais parecem preferir as respostas diretas para seus cenários hipotéticos.



Legenda:

- $A \rightarrow B$  Unidade carregada na estação A e descarregada na estação B
- Locomotiva

TIPOS DE  
FORMAÇÃO  
DE TRENS NA  
EUROPA

Fonte: BALLIS,  
Athanasios e  
GOLIAS, John -  
2004

A abordagem da modelagem seguida nesta pesquisa permite a intervenção do usuário no design do processo, tanto na concepção do terminal de transbordo como na seleção da forma de operação do sistema ferroviário, e, por outro lado, também facilita a aplicação de poderosas ferramentas, como o sistema de suporte customizado, simulações, bem como a participação no mercado do fluxo de mercadorias. Essa modelagem pode produzir resultados quantitativos de investimento custo, o custo por unidade de carregamento a ser transbordada, volume de transporte etc.

A melhoria do desempenho do sistema sob investigação, por exemplo, corredor de transporte que incorpora pequenos, médios e terminais de grande porte, pode ser alcançada por meio de uma otimização do procedimento, que é baseada em uma minuciosa análise do desempenho do terminal pelo uso de um micromodelo. Esse modelo incorpora um sistema customizado, que auxilia o usuário a conceber tecnicamente o projeto do terminal e, portanto, reduzir o número de alternativas para uma investigação mais aprofundada e um modelo de simulação que quantifica o desempenho dos terminais para as diversas configurações estudadas.

O micromodelo consiste em um sistema especial apoiado por um módulo de simulação e outro módulo de cálculo do custo para as várias alternativas de concepção do terminal.

O sistema especial simula essas alternativas de concepção do terminal utilizando equipamentos de transbordo convencionais e inovadores, sistemas de acesso ferroviário, dispositivos de identificação, localização e posicionamento, controle semiautomático, sistemas de informação etc.

O sistema especialista identifica cada um dos elementos acima por atributos de compatibilidade, desempenho e custo. Os atributos de compatibilidade e de desempenho – por meio de uma interface interativa, para permitir que o usuário tenha segurança técnica no projeto do terminal. Além disso, o atributo do desempenho permite o cálculo do ciclo de manutenção de equipamento, possibilitando a quantificação

de cada elemento no desempenho do terminal.

O sistema de informação automática, por exemplo, que controla a frota de Reach Stacker (equipamento móvel que permite manipular e empilhar contêineres em um terminal) está integrado a outro micromodelo, que tem os seguintes atributos:

(a) atributos “custos”, que incluem sua compra, custo de instalação, custo de operação e seu custo de manutenção;

(b) o desempenho, atributo expresso pela economia de tempo obtida no ciclo de operação do equipamento, devido à implementação do sistema de informação, medido pela redução de movimentações para o reposicionamento dos contêineres, ou seja, para movimentar aqueles que não estão no topo da pilha.

Os parâmetros utilizados pelo sistema e o conjunto de regras associadas a ele estão descritos a seguir:

O primeiro parâmetro é o volume de carga do terminal, pois ele determina o tipo de equipamento que será utilizado no tratamento e na manipulação dos contêineres, segundo a disponibilidade e as tecnologias.

Por exemplo, um terminal com volume moderado exclui o equipamento destinado para pequenos volumes, assim como os utilizados em terminais com grandes volumes de cargas, pois cada equipamento tem sua faixa de volume efetivo movimentado em que é eficiente, segundo as tecnologias que dispõe.

Além disso, o volume de cargas em combinação com outros parâmetros (tipo de equipamentos, tipo de terminal, empilhamento etc) determina as necessidades de áreas.

O segundo parâmetro do micromodelo especializado é a combinação dos tipos de unidades que serão transbordadas. No mundo real, o *mix* já existente dos tipos de unidades de carga (ou seja, contêineres, caixas móveis, contêineres domésticos e semirreboques) é determinado pelas condições de mercado, que, por sua vez, são afetadas pela localização do terminal. Por exemplo, os terminais ferroviários localizados nas proximidades de um porto são suscetíveis a servir elevadas percentagens de contêineres.

Por isso, por meio desse parâmetro, o usuário determina essa característica importante do terminal.

A associação de parâmetros pode afetar os requisitos de áreas, como as dimensões das unidades e a capacidade de empilhamento, considerando que apenas os contêineres e uma pequena parte dos contêineres domésticos são empilhados, condição que não se aplica às carretas e semirreboques.

A existência de semirreboques, especialmente quando em porcentagens elevadas, exclui alguns tipos de equipamento ou impõe exigências adicionais de equipamentos especializados. Isso se dá devido ao fato de que alguns equipamentos, mesmo automáticos, requerem a intervenção do homem.

O custo e a disponibilidade de áreas são os parâmetros adicionais do micromodelo especializado. O valor da terra é usado na planilha de cálculo dos custos, enquanto a disponibilidade de terra, em combinação com o volume do terminal e da capacidade de empilhamento das unidades de carregamento, exclui os tipos de equipamentos de movimentação que requerem grandes áreas para as manobras.

Outro parâmetro importante para o modelo é a forma de operação ferroviária no terminal. Devem ser definidos o padrão de chegada dos trens e também os padrões associados de chegada dos caminhões que serão utilizados pelo modelo de simulação.

O sistema operacional, o comprimento e as linhas de acesso ferroviário para os transbordos são parâmetros que devem ser considerados. Por exemplo, um terminal com 4 opções de transbordo varia o comprimento das linhas ferroviárias: curta, de 450 a 550 m, e longa, de 750 m, ambas em combinação, com acesso de linhas singela ou dupla. Essa seleção determina a dimensão de uma das alas do terminal, aquela que tem a interface com o transporte ferroviário. O modelo também determina, em função do tipo de equipamento e modo da operação ferroviária que será utilizada, o número de transbordos possíveis, assim como as linhas de espera para os trens no terminal.

A simulação do micromodelo do sistema especialista pode ser apli-

cada para todos os projetos de terminais de transbordo operados com guindastes tipo pórtico, assim como outras configurações de equipamentos que tenham desempenhos diferentes. Os terminais que utilizam a técnica de deslocamento do trem, por exemplo, com apenas uma linha curta de transbordo exigem que todos os outros trens que cheguem ao terminal aguardem nas linhas de espera. Por outro lado, um terminal com acesso ferroviário único exclui a implementação de algumas tecnologias, como a linha ferroviária tangenciar o terminal e o transbordo ser feito transversalmente para o pátio de estocagem.

Terminais com uma interface ferroviária composta por uma linha curta possuem custo de infraestrutura baixo, porém alto custo operacional, pelo motivo de que trens longos precisam ser divididos em dois para serem acomodados nas linhas de espera. Além disso, uma operação adicional é necessária para o equipamento de transbordo esvaziar uma parte do trem e liberar a linha para a outra parte dele, que aguarda na linha de espera. Também o comprimento das linhas de transbordo afeta os custos de infraestrutura (terreno, comprimento total da linha de espera/transbordo), bem como a produtividade do equipamento de manejo.

O parâmetro final é a avaliação do tipo de equipamento mais adequado ao porte do terminal e seu volume de carga, que permitirá a seleção entre os diversos sistemas de manejo que incorporam empilhadeiras do tipo *reach stacker*, guindastes tipo pórtico de várias produtividades, bem como outros diferentes sistemas/equipamentos de manejo inovadores. Ainda, o usuário poderá adotar melhorias adicionais apropriadas (controle semiautomático para guindastes simples, suporte pré-planejado etc.), que, embora aumentem o montante do investimento, permitem uma melhora dos ciclos de serviço dos equipamentos.

Além da simulação dos parâmetros operacionais do terminal como equipamento, tipos de *layout*, o módulo de simulação pode calcular também os ciclos de serviços dos trens, assim como diferentes frequências de chegada de caminhões, os quais são, então, comparados com a quali-

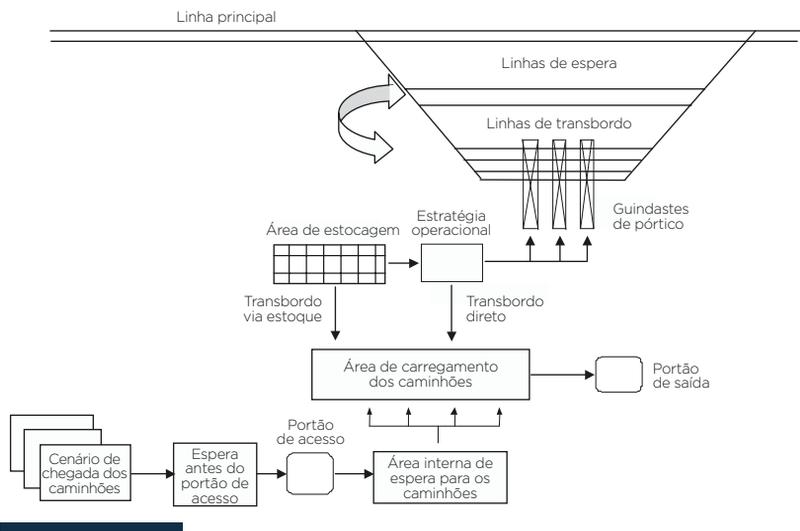
dade específica de critérios de serviços. O modelo simula tanto a interface ferroviária como os acessos rodoviários do terminal.

As características dos trens, como a hora de chegada, o número de unidades de transporte intermodal para ser carregado/descarregado, o horário de partida, são definidos por um cenário de chegada do “trem”, que é produzido antes da simulação por um gerador especial que incorpora informações e as características reais de operação dos terminais a serem avaliadas. Vários cenários de chegada das composições ferroviárias são produzidos, a fim de cobrirem uma ampla gama de volumes desde 100 até 1200 unidades de transporte intermodal, que podem ser contêineres marítimos ou domésticos, ou carretas rodoviárias.

Para cada cenário de chegada, um processo estatístico tipo Poisson, alimentado com dados empíricos seguindo uma experiência conhecida, por exemplo, pode ser usado para gerar as chegadas de caminhões.

A simulação inclui também a interface ferroviária entre os feixes de linhas de espera para as linhas de transbordo, bem como os procedimentos de serviço de descarga dos caminhões, como horas de trabalho, disciplina e manutenção de equipamentos e do terminal, nomeação dos trens, entre outros.

Um projeto é considerado aceitável se todos os trens são servidos em tempo, de acordo com a programação preestabelecida e, além disso, se 95% dos caminhões associados são atendidos em 20 minutos. Esse critério está de acordo com os resultados do projeto de pesquisa comparando os terminais portuários de contêiner com equipamento tradicional e moderno, valores confirmados pelos muitos operadores de terminais desse tipo. Os elementos do aceite do projeto (área, equipamento, pessoal etc.), bem como os tempos de espera dos caminhões e trens, são alimentados por meio de esquema de cálculo para produzir o custo de transbordo de cada unidade, contêiner ou a carreta do caminhão, de acordo com as soluções técnicas utilizadas e condições de funcionamento.



#### ATIVIDADES DE UM TERMINAL DE TRANSBORDO FERROVIA-RODOVIA

Fonte: BALLIS, Athanasios e GOLIAS, John - 2004

A replicação do procedimento computacional para uma série de volumes de carga produz uma curva custo x volume, associada a uma solução tecnológica, operando sob condições operacionais específicas.

Duas formas de curvas de custo x volume são identificadas: as curvas com a forma de “U”, indicando que a capacidade do terminal é condicionada pela inadequação dos equipamentos, e a curva de forma “L”, indicando que a capacidade do terminal é condicionada pela capacidade limites das linhas ferroviárias. Também deve ser notado que, quando a capacidade do terminal é limitada pela inadequação dos equipamentos, o custo unitário de transbordo apresenta dois pontos assintóticos: o primeiro, ao nível zero do volume, e o segundo, na capacidade máxima de carga.

A tabela a seguir apresenta as características básicas das tecnologias investigadas no âmbito da pesquisa de Ballis e Golias, para as quais foram simulados os custos operacionais. Esse trabalho ficou restrito às tecnologias disponíveis e às respectivas informações de desempenho.

No entanto, a investigação poderia abranger um espectro mais amplo de soluções tecnológicas:

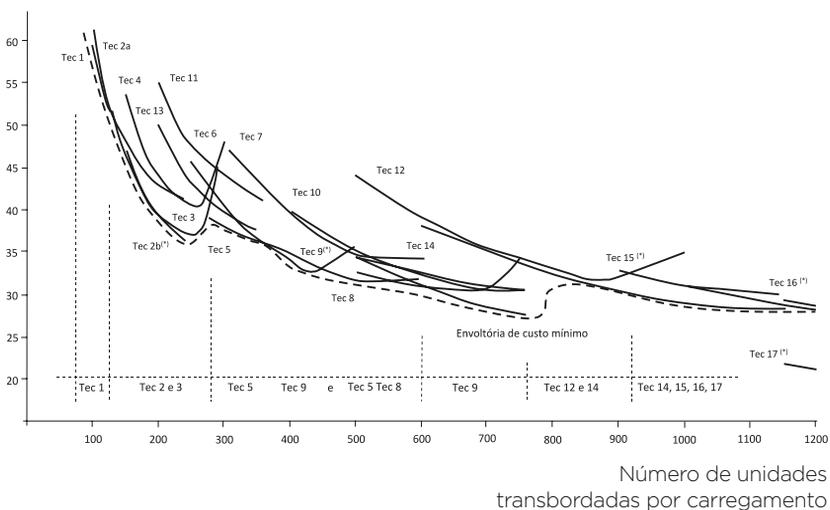
## ALTERNATIVAS DE TECNOLOGIA DE MOVIMENTAÇÃO A SEREM AVALIADAS

#	MÓDULO	CONFIGURAÇÕES DOS EQUIPAMENTOS
1	meio	2 <i>reach stackers</i> operando 15 unidades de transbordo/h
2	1 completo	2 <i>reach stackers</i> operando 15 unidades de transbordo/h
3	meio	1 guindaste de pórtico operando 22 unidades de transbordo/h
4	1 completo	1 guindaste de pórtico operando 22 unidades de transbordo/h
5	1 completo	movimentação do trem em 1 linha e 1 guindaste de pórtico
6	1 completo	2 guindastes de pórtico operando 24 unidades de transbordo/h
7	1 completo	movimentação do trem em 2 linhas e 1 guindaste de pórtico
8	1 completo	3 guindastes de pórtico operando 24 unidades de transbordo/h
9	1 completo	3 guindastes de pórtico operando 28 unidades de transbordo/h
10	1 completo	movimentação do trem em 2 linhas e 2 guindastes de pórtico
11	2 completos	2 <i>reach stackers</i> operando 15 unidades de transbordo/h
12	2 completos	2 pórticos <i>stackers</i> operando 24 unidades de transbordo/h
13	meio	2 <i>reach stackers</i> operando 24 unidades de transbordo/h
14	1 completo	movimentação do trem em 2 linhas e 1 guindaste de pórtico
15	2 completos	3 guindastes de pórtico operando 24 unidades de transbordo/h
16	1 completo	1 ponte rolante unidirecional
17	1 completo	1 guindaste de pórtico rolante bidirecional

A tabela acima mostra as características básicas das tecnologias investigadas no âmbito da pesquisa realizada por Ballis e Golias, enquanto o gráfico abaixo mostra o resultado final do cálculo de custos de modelagem em função dos volumes de transbordo.

Cada curva está associada a uma solução tecnológica, que inclui infraestrutura, tipos de equipamento, manutenção, energia, pessoal e custo do tempo do caminhão esperando. Além disso, uma linha envolvente de menor custo foi produzida com base no pressuposto de um terminal hipotético que admitisse trocas entre tecnologias, assim como de configurações do *layout*. Foram também calculados os pontos de equilíbrio do custo total dos sistemas alternativos simulados, indicando as faixas de volume em que cada tecnologia era mais eficiente, ou seja, de melhor custo-benefício.

Custo por unidade transbordada



**CURVAS DE CUSTO POR UNIDADE TRANSBORDADA  
POR DIFERENTES EQUIPAMENTOS UTILIZADOS**

Fonte: [www.elsevier.com/locate/dsw](http://www.elsevier.com/locate/dsw)

# Conclusões

Encerrando o tema ferrovia, apresentamos um resumo histórico da evolução da ferrovia e alguns aspectos da ferrovia brasileira.

René Clozier, em “Geographie de la Circulation” (1969), descreve a importância da ferrovia, ressaltando, entre outros aspectos, a qualidade do serviço ferroviário, a grande capacidade de carga, a velocidade, abordando também o início da concorrência rodoviária:

*A estrada de ferro inaugurou uma etapa decisiva da história da humanidade. Ela decretou definitivamente o fim do antigo regime econômico, que no domínio dos transportes, se caracterizava por uma multiplicidade de serviços parciais e independentes quanto ao capital e como pela responsabilidade das empresas. (CLOZIER, 1969, p. 106)*

E Clozier continua:

*Por sua capacidade de transporte, a ferrovia aumentou a capacidade de produção e intensificou o dinamismo da vida moderna sob o impulso de trocas mais móveis e mais possantes. (CLOZIER, 1969, p. 106)*

Mais adiante, na mesma obra:

*A estrada de ferro foi o agente essencial no desenvolvimento industrial do século XIX. [...] A locomotiva, desde sua criação, pode tracionar um carregamento 5 vezes superior aos das carruagens com uma velocidade também 5 vezes maior. (CLOZIER, 1969, p. 108)*

Clozier relata a disputa entre o trem e o caminhão:

*Como a era do vapor, o seu apogeu foi durante os anos dez. A depressão econômica 1929 - 1931 mostra que o estrada de ferro não é mais a única reguladora das trocas, ela começa a ceder uma parte de sua clientela a seus concorrentes, uma evasão do tráfego se opera em proveito do automóvel, do caminhão que se revela mais flexível. (CLOZIER, 1969, p. 107)*

Ademais, também trata da crise e da renovação:

*Em “Les Chemins de Fer” (1981), Geoffrey F. Allen relata a crise que abalou ferrovia francesa e a europeia como um todo, com o desenvolvimento dos transportes rodoviário e aéreo. Segundo Allen (1981), a renovação do transporte ferroviário ocorre com a crise energética dos anos 70.*

*Não faz muito tempo que os maus presságios anunciavam, aos gritos e cores, a morte próxima da velha estrada de ferro, inexoravelmente condenada, não tanto pelos pesados anos, mas pelo automóvel, caminhão, avião a jato, teletransmissões, sem esquecer seguramente os engenhos futuristas com ou sem rodas, de todas as naturezas, breve pelo progresso”.*

(CLOZIER, 1969, p. 107)

Ainda, segundo Clozier (1969), Allen vê sinais da recuperação ferroviária:

*A crise energética veio rapidamente corrigir as malélicas profecias! O recorde mundial de velocidade sobre trilhos, estabelecido pela SNCF em 1981[...] é um sinal, um epifenômeno: a realidade profunda da estrada de ferro depois de mais de 150 anos, é um esforço contínuo dos homens para que a técnica progrida,[...]*” (CLOZIER, 1969, p. 8)

## APOGEU E DECLÍNIO DA FERROVIA BRASILEIRA

A Associação Nacional de Transportadores Ferroviários – ANTF, em “150 Anos de Ferrovia no Brasil”, edição comemorativa da Revista Ferroviária, de abril de 2004, relata os fatos históricos e econômicos que influenciaram a ferrovia brasileira:

*Fruto da iniciativa privada, das subvenções quilométricas e da garantia de juros, a construção e a operação de ferrovias experimentariam, no início do século XX, depois de consolidada a República, um verdadeiro boom. Em apenas 7 anos, entre 1907 e 1914, início da I Guerra, a malha passaria de 17.605 para 26.026 km. (ANTF, 2004, p. 25)*

De acordo com ANTF (2004), a construção das ferrovias teve a participação dos belgas na região sul; dos americanos, no sudeste, sul e norte; dos ingleses, no nordeste e em São Paulo; dos franceses, na Bahia; dos fazendeiros, em São Paulo; e dos empresários, no Rio de Janeiro. A mesma revista destaca que no segundo governo de Vargas surge a RFFSA:

*Vargas encerra a ferrovia privada, começam as encampações [...] O presidente Vargas autoriza a inclusão do sistema*

*ferroviário na pauta de estudos da Comissão Mista Brasil-Estados Unidos, criada em 1952, para planejar o desenvolvimento do país na agricultura, transporte, mineração e energia elétrica [...] Deste trabalho surge a proposta de criação de uma rede ferroviária nacional. A proposta tramitou durante anos no Congresso, e em 1956 foi criada a RFFSA, aprovada pela Lei nº 3115 de 16/03/1957, sancionada pelo então presidente Juscelino Kubitschek. (ANTF, 2004, p. 27)*

## ESGOTAMENTO DO MODELO FERROVIÁRIO BRASILEIRO

A Associação Nacional de Transportadores Ferroviários (ANTF), em “150 Anos de Ferrovia no Brasil”, também relata o esgotamento do modelo de administração estatal das ferrovias brasileiras e o fechamento do ciclo com o início das privatizações, em 1996, lembrando que as ferrovias foram implantadas, em sua maior parte, pela iniciativa privada:

*Fechamos o ciclo, portanto. Mais um. O que surgiu privado no século XIX, que foi encampado pela primeira vez com a República, que voltou aos concessionários no início do século XX, que foi encampada novamente por Vargas, é agora devolvido ao setor privado com os leilões da Bolsa do Rio de Janeiro. (ANTF, 2004, p. 34)*

## O GOLPE FATAL NA FERROVIA BRASILEIRA

No final do 1º Governo Vargas, em 1945, a ferrovia recebeu o golpe fatal: Decreto-Lei n. 8.463, de 27 de dezembro de 1945, conhecido como Lei Jopert. O decreto-lei reorganizava o Departamento Nacional de Estradas de Rodagem e criava o Fundo Rodoviário Nacional, conhecido como Fundo dos Combustíveis e Lubrificantes.

Em seu artigo 29º, determinava: O Fundo Rodoviário Nacional será

constituído pelo produto do imposto único federal sobre combustíveis e lubrificantes líquidos minerais, importados e produzidos no país criado pelo Decreto-lei nº 2.615, de 21 de setembro de 1940, ficando extinto o Fundo Rodoviário dos Estados e Municípios criado pelo aludido Decreto-lei.

Em seu artigo 30º, determinava: A renda do imposto única federal referido no artigo anterior será recolhida ao Banco do Brasil, em conta especial sob a denominação “Fundo Rodoviário Nacional” à ordem e disposição do Departamento Nacional de Estradas de Rodagem.

Com esse dinheiro marcado para ser investido nas rodovias, a somatória das rodovias passou de 425 para 968 quilômetros em 5 anos, enquanto a ferrovia permaneceu estagnada e sem recursos garantidos. Somados a essa condição desvantajosa para a ferrovia está a criação da CSN – Companhia Siderúrgica Nacional em Volta Redonda e da Refinaria Presidente Bernardes na Baixada Santista, como acordo da 2ª Guerra Mundial. Estavam criadas as condições para o desenvolvimento rodoviário brasileiro.

## A FERROVIA BRASILEIRA ATUAL

As ferrovias brasileiras somam cerca de 30 mil quilômetros, aproximadamente 74% de bitola métrica, e, de acordo com o Ministério dos Transportes, é responsável por 25% da matriz de carga, por meio de 14 operadoras.

### **AS LINHAS MAIS MODERNAS FORAM CONSTRUÍDAS APÓS A DÉCADA DE 1960, CUJO TOTAL NÃO ULTRAPASSOU 4.000 QUILOMETROS:**

- *Estrada de Ferro Carajás – década de 1970*
- *Ferrovia do Aço – década de 1970*
- *Ferrovia Norte Sul – década de 1980*
- *Ferrovia Oeste do Paraná – década de 1990*

- *Ferrovias Norte Brasil – década de 1990*
- *Retomada da Ferrovia Norte-Sul – década 2000*
- *Ferrovia Transnordestina (não concluída) – década de 2000*

O forte de nossas ferrovias é o transporte de minério de ferro, que representou 90% dos granéis sólidos exportados pelo Brasil, mas apenas 15% da carga geral, devido à pequena velocidade comercial, da ordem de 20 km/h.

De um modo geral, as ferrovias apresentam restrições de velocidades, devido ao mau estado da linha, da ocupação irregular da faixa de domínio, com favelas e até mesmo feiras, e, principalmente, pelo grande número de passagens em nível, não sinalizadas, nas travessias urbana.

Com exceção dos minérios e grãos, o trem brasileiro é curto, devido à falta de padronização dos desvios de cruzamento, condição que abriga a operação ferroviária a compor ou desmembrar as composições com frequência. Para entrar nos terminais portuários, os quais não têm pá-tios, feixes ou peras ferroviárias adequadas, as manobras ferroviárias são complicadas e demoradas. O trem curto é um limitador da capacidade da ferrovia, além de encarecer o transporte sobre trilhos.

A pouca utilização da estrada de ferro para produtos manufaturados, menos de 5 % dos contêineres movimentados nos portos brasileiros, é resultado de um transporte ferroviário moroso e nem sempre mais barato do que o rodoviário.

Como conclusão, podemos afirmar que as condições de nossas ferrovias, com exceção da FTC, Vale, Rumo Malha Norte, Uberaba a Santos, da VLI e MRS, não permitem que o transporte intermodal seja uma alternativa ao transporte rodoviário de ponta a ponta.

Segundo Ballis Athanasios e Golias John, ambos pesquisadores do Departamento de Planejamento de Transporte e Engenharia da Universidade Técnica Nacional de Atenas, em artigo publicado pelo European Journal of Operational Research European Journal of Operational Research, o sucesso do transporte intermodal depende de uma ferrovia eficiente. Como lição, pode-se dizer que, antes de pensar em trans-

porte intermodal, o Brasil precisa ter uma malha ferroviária eficiente, não somente a da Vale, mas tê-la como exemplo.

Em relação ao transporte de passageiros, o arrendamento das malhas praticamente extinguiu esse serviço, restando apenas nas ferrovias da Vale, de Vitória até Belo Horizonte e de Carajás até São Luiz, com apenas um horário diário por sentido.

### **DIVERSOS SERVIÇOS DE TRENS TURÍSTICOS AINDA PERMANECEM EM OPERAÇÃO, ENTRE OS QUAIS DESTACAM-SE:**

- *Curitiba-Paranaguá*
- *Caxias do Sul - Bento Gonçalves*
- *Ferrovia Campos do Jordão*

Além desses trens regulares, a ABPF – Associação Brasileira de Preservação Ferroviária organiza passeios ferroviários em trens antigos de sua propriedade, os quais têm frequência variável, normalmente mensal.

Entretanto, o sonho do trem de alta velocidade, denominado TAV, ainda está longe de ser concretizado. As entregas das propostas TAV estavam agendadas para 29 de novembro, e o leilão, marcado para 16 de dezembro de 2010, na Bolsa de Valores de São Paulo. Porém, essas datas foram alteradas a pedido de alguns dos participantes e transferidas para maio de 2011. O contrato com o consórcio que ganharia o concurso para o TAV do Rio de Janeiro até Campinas, passando por São Paulo, deveria ser assinado em 11 de maio de 2011, mas o início do trabalho não tinha data marcada, pois dependeria da liberação da licença de instalação, que só seria possível após a seleção do consórcio vencedor e seu respectivo projeto executivo.

Uma das principais condições de participação no TAV era a transferência de tecnologia do trem de alta velocidade para a Empresa de Pesquisa Ferroviária, a EPF, que seria a responsável pela absorção. Na

época, o governo considerava importante que a própria indústria ferroviária participasse da transferência de tecnologia, assim como outros setores, como universidades, operadores ferroviários e prestadores de serviços.

A intenção do governo era permitir uma sincronicidade máxima entre o cronograma de licitação e o funcionamento inicial do EPF. Quando começasse a implantação do TAV, a empresa deveria ser capaz de acompanhar todo o processo.

Os estudos iniciais indicavam que seriam necessários investimentos de 11 bilhões de reais para construir o trem de alta velocidade, posteriormente aumentados para 36 bilhões de reais. O governo deveria fomentar o investimento com algumas formas de apoio, tradicionalmente usado como um financiamento aos fornecedores, governo a governo, ou mesmo por meio do BNDESPar.

Infelizmente, nenhuma dessas ações aconteceram, e o projeto foi abandonado, e a EPF, transformada na atual EPL Empresa de Planejamento e Logística.

Finalmente, o Programa de Autorizações Ferroviárias – Pro Trilhos foi criado por meio da Medida Provisória n. 1065/21 e, posteriormente, modificado pela Lei 3754/21, que instaura o instituto da outorga por autorização para o setor ferroviário, permitindo que a livre iniciativa possa construir e operar ferrovias, ramais, pátios e terminais ferroviários, com recursos 100% privados.

Lançado em setembro de 2021 para permitir a ampliação da malha ferroviária nacional com novos empreendimentos privados, o programa federal inicia 2022 com diversos contratos de autorização assinados.

# REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

Referência  
bibliográfica



- *150 ANOS de Ferrovia no Brasil. Rio de Janeiro: Associação Nacional de Transportadores Ferroviários, 2004. 43 p. Edição comemorativa. (Documento impresso do acervo do autor)*
- *ALAF. Atlas Ferroviário Latino Americano. Buenos Aires: Asociación Latino Americana de Ferrocarriles, 1976.*
- *ALLEN, Geoffrey F. Les chemins de fer. Paris: Bordas, 1981. 256 p.*
- *AMTRAK. Página inicial. Disponível em: <https://www.amtrak.com/about-amtrak.html>. Acesso em: 28 mar. 2022.*
- *ANTT – Agência Nacional de Transportes Terrestres. Logística e transporte para produtos de alto valor agregado. Brasília: UFSC/Labtrans, 2004.*
- *ANTT – Agência Nacional de Transportes Terrestres. Logística e Transporte para Produtos de Alto Valor Agregado no Contexto Brasileiro. Florianópolis: Labtrans, 2004. (Relatório impresso do acervo do autor)*
- *ARARAQUARA. Estações brasileiras, 2012. Disponível em: [estacoesbrasileiras.com.br/araraquara/](http://estacoesbrasileiras.com.br/araraquara/). Acesso em: 21 mar. 2022.*
- *ASSOCIAÇÃO Brasileira de Preservação Ferroviária. Página inicial. Disponível em: <https://www.abpf.com.br/inicio/>. Acesso em: 28 mar.2022*
- *ASSOCIAÇÃO Nacional de Transportadores Ferroviários. Página inicial. Disponível em: <https://www.antf.org.br/>. Acesso em: 28 mar. 2022.*
- *ASSOCIATION of American Railroads. Página inicial. Disponível em: <https://www.aar.org/>. Acesso em: 28 mar. 2022.*
- *ATKINS, Raymond Atkins; LINDSAY, Morgan; HYNES, Terry. High-speed rail in the United States: A golden opportunity. Global Railway Review, 2021. Disponível em: <https://www.globalrailwayreview.com/article/122442/high-speed-rail-united-states-opportunity/>. Acesso em: 28 mar. 2022*

- *BALLIS, Athanasios; GOLIAS, John. Towards the improvement of a combined transport chain performance. European Journal of Operational Research, [S.l.], v. 152, n. 2, p. 420-436. Disponível em: [http://users.ntua.gr/igolias/papers/paper\\_44.pdf](http://users.ntua.gr/igolias/papers/paper_44.pdf). Acesso em: 15 mar. 2008.*
- *BALLOU, Ronal H. Gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento, organização e logística empresarial. 4. ed. São Paulo: Bookman, 2001. 532 p.*
- *BOLIVIA – Servicios de trenes de pasajeros. Fahrplancenter, 2020. Disponível em: <http://www.fahrplancenter.com/AIFFLABolivia03.html>. Acesso em: 11 dez. 2007.*
- *BONTEKONING, Y.M.; MACHARIS, C.; TRIP, J. J. Is a new applied transportation research field emerging? – A review of intermodal rail–truck freight transport literature. Science direct, Bélgica, v. 38, n. 1, p. 1-34, 2004. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0965856403000740?via%3Dihub>. Acesso em: 13 mar. 2020.*
- *BRASIL. Decreto n. 8.463, de 27 de dezembro de 1945. Reorganiza o Departamento Nacional de Estradas de Rodagem, cria o Fundo Rodoviário Nacional e dá outras providências. Câmara dos Deputados. Rio de Janeiro, 1945. Disponível em: <https://url.gratis/eTwPJ8>. Acesso em: 20 fev. 2021.*
- *BRASIL. Ministério da Infraestrutura. Caderno de Estudos Operacionais e de Capacidade da FIOl: Trecho Caetité/BA. Ilhéus/BA: ANTT, 2020. Disponível em: <https://portal.antt.gov.br/documents/359178/2422014/Caderno+Operacional.pdf/5f2d8cdb-4e60-47b5-6329-5f30b7851a9a?version=1.1&t=1615927351390>. Acesso em: 28 mar. 2022.*
- *BREVE história das estradas de ferro. Ocities, 2010. Disponível em: <http://br.oocities.com/hptrensecia/fevbras.html>. Acesso em: 06 set. 2010.*

- *BTS – Bureau of Transportation Statistical. Página inicial. Disponível em: <https://www.bts.gov/> Acesso em: 28 mar. 2022*
- *CANADIAN Pacific Railway. Página inicial. Disponível em: <https://www.cpr.ca/en/>. Acesso em: 28 mar. 2022.*
- *CANADIAN National Railway. Página inicial. Disponível em: <https://www.cn.ca/en/>. Acesso em: 28 mar. 2022.*
- *CASTRO, Newton de. Estrutura, desempenho e perspectiva do transporte ferroviário de carga. 2002. (Relatório impresso do acervo do autor)*
- *CHINA revela novo trem de alta velocidade capaz de atingir 600 km/h. Ufsc, 2019. Disponível em: <https://ferroviaria.joinville.ufsc.br/2019/06/04/china-revela-novo-trem-de-alta-velocidade-capaz-de-atingir-600-kmh/>. Acesso em: 13 ago. 2021.*
- *CNC – Cie. Nouvelle de Containers. Folhetos de propaganda. França, 1987. (Documento impresso do acervo do autor)*
- *CNT – Cie. Novatran – Rapport sur le transport combine. Bruxelas: Conseil National des Transports, 2005. (Relatório impresso do acervo do autor)*
- *CODESC – Companhia de Desenvolvimento do Estado de Santa Catarina. Estudo de Viabilidade Econômica. Ferrovia de Integração de Santa Catarina. Florianópolis, 1995. (Documento impresso do acervo do autor)*
- *CÓDIGOS de classificação dos vagões. VFCO, 2010. Disponível em: <http://vfco.brazilia.jor.br/vag/tabela-de-classificacao-dos-vagoes-RFFSA.shtml>. Acesso em: 17 jan. 2011.*
- *COMPANHIA Paulista de Estradas de Ferro. Wikipedia, c2022. Disponível em: [http://pt.wikipedia.org/wiki/Companhia\\_Paulista\\_de\\_Estradas\\_de\\_Ferro](http://pt.wikipedia.org/wiki/Companhia_Paulista_de_Estradas_de_Ferro). Acesso em: 11 ago. 2021.*
- *COMPANHIA Paulista de Estradas de Ferro. Wikipedia, c2022. Disponível em: [http://pt.wikipedia.org/wiki/Companhia\\_Paulista\\_de\\_Estradas\\_de\\_Ferro](http://pt.wikipedia.org/wiki/Companhia_Paulista_de_Estradas_de_Ferro). Acesso em: 18 fev. 2022.*

- *CONRAIL Railroad Bridge*. Wikipedia, c2022. Disponível em: [http://en.wikipedia.org/wiki/Conrail\\_Railroad\\_Bridge](http://en.wikipedia.org/wiki/Conrail_Railroad_Bridge). Acesso em: 7 fev. 2022.
- *DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Curso de Capacitação. Superestrutura ferroviária. Elementos da via permanente. Acessórios dos trilhos. Apresentações digitais do acervo do autor*.
- *ESTRADA de Ferro Sorocabana*. Wikipedia, c2022. Disponível em: [http://pt.wikipedia.org/wiki/Estrada\\_de\\_Ferro\\_Sorocabana](http://pt.wikipedia.org/wiki/Estrada_de_Ferro_Sorocabana). Acesso em: 24 abr.2007.
- *EUROSTAT – Estatísticas europeias. Página inicial*. Disponível em: [https://ec.europa.eu/info/departments/eurostat-european-statistics\\_pt](https://ec.europa.eu/info/departments/eurostat-european-statistics_pt). Acesso em: 28 mar. 2022.
- *FERRONORTE – Ferrovias Norte Brasil S. A . Perfil do Empreendimento*. São Paulo: Grupo Itamaraty, 1992. (Relatório impresso do acervo do autor)
- *GET, François; LAJEUNESSE, Dominique. Encyclopedie des Chemins de Fer*. Paris: Editions de la Courtille, 1980. 557 p. (Documento impresso do acervo do autor)
- *HEES, Bernardo. Negócios no Trilhos*. Revista Ferroviária, dez. 2006/ jan. 2007. (Documento impresso do acervo do autor)
- *INTERCITYEXPRESS*. Wikipedia, c2021. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/ICE>. Acesso em: 05 jun. 2021.
- *KANSAS City Sothern Railway*. Wikipedia, c2022. Disponível em: [http://en.wikipedia.org/wiki/Kansas\\_City\\_Southern\\_Railway](http://en.wikipedia.org/wiki/Kansas_City_Southern_Railway). Acesso em: 28 out. 2021.
- *KANSAS City Sothern Railway*. Wikimedia Commons, 2018. Disponível em: [http://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Kansas\\_City\\_Southern\\_Railway](http://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Kansas_City_Southern_Railway). Acesso em: 28 out. 2021.

- LAMBERT, Douglas M.; STOCK, James R.; VANTINE, José G. *Administração Estratégica da Logística*. São Paulo: Vantine Consultoria, 1998.
- LOBO, Renato. *Em duas décadas, China construiu uma rede de 35 mil km de trens de alta velocidade*. *Viatrolebus*, 2020. Disponível em: <https://viatrolebus.com.br/2020/07/em-duas-decadas-china-construiu-uma-rede-de-35-mil-km-de-trens-de-alta-velocidade/>. Acesso em: 20 jun. 2021.
- MOURA, Jorge. *Além do Fato: Ferrovia e as PPPs*. Rio de Janeiro: *Jornal do Brasil*, 2005.
- NEU, Irene D.; TAYLOR, George Rogers. *The American Railroad Network, 1861-1890*. Cambridge: Harvard University Press, 1956. Disponível em: <https://railroads.unl.edu/views/item/1864rr?p=2>. Acesso em: 22 mar. 2022.
- NOVAES, A. Galvão. *Logística e Gerenciamento da Cadeia de Distribuição*. São Paulo: Editora Campos, 2001.
- *O ADEUS da Sorocabana*. *Novo milênio*, 2004. Disponível em: <http://www.novomilenio.inf.br/santos/h0102z13c.htm>. Acesso em: 24 abr. 2007.
- ONU – Organização das Nações Unidas. *Accord Européen sur les Grandes Lignes de Transport Combiné et les Installations Connexes*. Nations Unies, 2010. Disponível em: <https://unece.org/DAM/trans/conventn/agtcf.pdf>. Acesso em: 22 fev. 2022.
- *PHOTO Album of the Brazilian Railroads*. Portland, 2005. Disponível em: <http://www.pell.portland.or.us/~efbrazil/index.html>. Acesso em: 15 mai. 2007.
- PORTO, Telmo G.; MEDEIROS, Jorge E. L. *Apresentação das notas de aula da disciplina transporte ferroviário e transporte aéreo da Escola Politécnica da USP*. (Arquivo digital do acervo do autor)

- PUFFERT, Douglas. *The Standardization of Track Gauge on North American Railways, 1830-1890. The Journal of economic history*, [S. l.], v. 60, n. 4, p. 933-960 2000.
- RANGEL, George Wilton Albuquerque; ARAGÃO, Francisco Thiago Sacramento; MOTTA, Laura Maria Goretti da. *Modelagem computacional do pavimento ferroviário usando concreto asfáltico como alternativa para a construção da camada de sublastro. In: RAPV – REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO E ENACOR – ENCONTRO NACIONAL DE CONSERVAÇÃO RODOVIÁRIA, 44., 18., Foz do Iguaçu/PR, 2015. Anais [...]. Foz do Iguaçu/PR: RAPV/ENACOR, 2015.*
- REVISTA Ferroviária. *Página inicial. Disponível em: <https://revistaferroviaria.com.br/>. Acesso em: 28 mar. 2022*
- SANTOS, Silvio. *Um Estudo Sobre a Participação do Modal Ferroviário no Transporte de Cargas no Brasil. 159 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.*
- SANTOS, Sílvio. *Transporte Ferroviário – História e Técnicas. 264 p. São Paulo: Cengage Learning, 2011.*
- SNCF – Societe National des Chemins de Fer. *Nouvelle Générations de Matériels. Direction de la communication. Paris, 1983. (Documento impresso do acervo do autor)*
- SNCF – Societe National des Chemins de Fer. *Catálogo sobre material rodante das ferrovias francesas. Paris, 2004. (Documento impresso do acervo do autor)*
- SULL, Donald; MARTINS, Fernando; SILVA, André D. *América Latina Logística. Harvard Business School Case, Boston, v. 804, n. 139, jan. 2004.*

- *SUMMARY of Principal Questions for Regulatory Reform and the Development of Rail Freight Markets. União Europeia: Conférence Européenne des Ministres des Transports, 2000. Disponível em: <http://www.internationaltransportforum.org/IntOrg/ecmt/railways/pdf/CM200019Fe.pdf>. Acesso em: 10 out. 2021.*
- *VEOLIA Cargo. Página inicial. Disponível em: <http://www.veolia-cargo.com/>. Acesso em: 22 mar. 2022.*
- *VILAÇA, Rodrigo. A importância da ferrovia para o futuro do país. In: BRASIL NOS TRILHOS, 4., Brasília, 2010. Anais [...]. Brasília: ANTF, 2010. Disponível em: <http://www2.antf.org.br/pdfs/a-importancia-das-ferrovias-para-o-futuro-do-pais-marcelo-perrupato.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2021.*
- *WORK Reports. Region Plan Association, c2022. Disponível em: <http://www.america2050.org>. Acesso em: 02 dez. 2008.*



# CURRÍCULO VITAE

currículo vitae

## SÍLVIO DOS SANTOS

**Formação:** Engenheiro Civil

**Data de Nascimento:** 02/09/1946

**E-mail:** silvio.labtrans@gmail.com

**Contato:** (48) 3371-9633

(48) 9.9987-0214

**Endereço:** Servidão Catavento, 191  
Apto 202 - Praia do Campeche  
88063-430 - Florianópolis/SC

**CREA:** 0600.31642.4



## RESUMO:

Engenheiro civil e mestre em Infraestrutura e Gerenciamento Viário. Foi professor das disciplinas de Portos e Ferrovias na UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina (2003-2005). Gerente de Infraestrutura de Transportes Aquaviário e Ferroviários da Secretaria de Infraestrutura do Estado de Santa Catarina (2005-2010). Conselheiro dos Conselhos de Autoridade Portuária CAP dos portos de Imbituba, Itajaí, Laguna e São Francisco do Sul, bloco I Poder Público, representando o Governo do Estado de Santa Catarina. 2005-2009. Engenheiro da Labtrans/UFSC alocado no Laboratório de Transportes e Logística da UFSC (2010-2016) alocado em projetos para o DNIT e Secretária de Portos do Ministério dos Transportes. Engenheiro da Prosul alocado no contrato com o DNIT(2017-2018). Gerente de Estudos e Projetos de Obras Ferroviárias da Secretaria de Infraestrutura do Estado de SC (2019-2022).

## FORMAÇÃO:

- *Engenharia Civil – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – 1971.*
- *Pós-Graduação em Transporte Urbano – IPR/USP – 1972.*
- *Pós-Graduação em Planejamento de Transportes – USP – 1972.*
- *Pós-Graduação em Circulação Urbana – USP – 1973.*
- *Pós-Graduação em Análise de Oferta e Demanda de Transporte – USP – 1984.*
- *Pós-Graduação em Geografia – UFSC – 1995.*
- *Pós-Graduação em Sistema de Informações Geográficas – UFSC – 1996.*
- *Mestre em Infraestrutura e Gerenciamento Viário – UFSC – 2003 – 2005 – “Um estudo sobre a participação do modal ferroviário no transporte de cargas no Brasil”. <http://www.tede.ufsc.br/teses/PECV0376.pdf>.*
- *Pós-Graduação em Cartografia e Cadastro – UFSC – 2006 - 2013.*

## **CURSOS DE ESPECIALIZAÇÃO:**

- *Especialização em Transportes – CCI França – 1980.*
- *Especialização em Navegação Fluvial – ACTIM França – 1983.*
- *Especialização em Operação Ferroviária em Portos Marítimos – ACTIM França – 1987.*
- *Especialização em Operação Portuária – ACTIM França – 1991.*
- *Especialização em simulação de tráfego multimodal PTV – Visum – PTV-Group – Brasília – 2018.*
- *Especialização Processo de Planejamento de Hidrovias – USACE – U.S. Army Corps of Engineers/DNIT – Brasília – 2018.*

## **ATIVIDADES DIDÁTICAS:**

- *Professor de Planejamento de Transportes Escola Politécnica – USP – 1973 - 1974.*
- *Professor de Modelos de Simulação de Tráfego - Instituto Militar de Engenharia – IME Instituto Militar de Engenharia – 1977 - 1980.*
- *Professor de Transportes I (Estradas e Transportes Urbanos) Univ. Católica de Santos – 1991 - 2000.*
- *Professor de Portos, Rios e Canais – Universidade Católica de Santos – 1993 - 2000.*
- *Professor de Ferrovias – Universidade Federal de Santa Catarina – 1996.*
- *Coordenador do Convênio Universidade Católica de Santos - Universidade do Havre – França – 1992 - 2000.*
- *Professor de Transportes e Seguros – Única – FESAG – 2002 - 2006.*
- *Professor de Portos e Ferrovias – UFSC – 1995 – 1996 e 2003 - 2005.*
- *Professor de Transporte Aquaviário – Curso de Especialização em Infraestrutura de Transportes – IPOG- 2015.*
- *Professor de Portos – Curso de Especialização em Infraestrutura de Transportes – IPOG- 2016.*

- *Professor Curso de Especialização em Operações Rodoviárias – disciplina Corredores Logísticos – DNIT-MT – 2016 e 2019.*

## **CONGRESSOS, PALESTRAS E TRABALHOS APRESENTADOS:**

- *Portos Brasileiros – Congresso da AIPV – Associação Internacional de Portos e Cidades – Montreal Canadá – 1993.*
- *Empresa Rodoviária de Carga – IDAQ – Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC – 1997- co-autor.*
- *Qualidade e Produtividade no Transporte Aquaviário de Carga – IDAQ – UFSC – 1997.*
- *Portos Brasileiros – PET- Engenharia Civil – UFSC – 2003.*
- *Ferrovias: Um comparativo entre as realidades européia e brasileira – GE-LOG – Eng. Produção – UFSC-2004.*
- *XVIII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes – ANPET – 2005.*
- *Escreve uma coluna semanal sobre Transporte Modal (desde 2005) para o site: <https://portogente.com.br/>.*
- *CD sobre “A Navegação Fluvial e os Portos Franceses” – 2007.*
- *CD sobre “História e Técnicas das Estradas de Ferro – 2008.*
- *Palestra sobre transportes para os alunos de Engenharia Civil – calouros de 2005.*
- *Palestra sobre Ferrovias para os alunos de Engenharia Civil na disciplina Sistemas de Transportes – 2007.*
- *Palestra sobre Transporte Intermodal para os alunos de Engenharia Civil na disciplina Sistemas de Transportes – 2008.*
- *Política e Gestão Portuária – Secretaria Nacional de Portos/SEP – UFSC – 2010.*
- *Aula inaugural de Ferrovias do curso de Engenharia da Mobilidade no Campus da UFSC – Joinville – 2011/2012.*

- *Palestra Evolução dos Portos e Navios – UNIVALI – Itajaí – 2009.*
- *Artigos publicados no site da Câmara Brasileira de Contêineres, Transporte Ferroviário e Multimodal.*
- *Retomando os Trilhos – CREA-SC e ABEE – Florianópolis – 2016.*
- *Estudo de Rotas Alternativas, Danos e Prejuízos por Interdições de Trechos Rodoviários Impactados por Eventos Extremos de Chuvas – II Congresso Brasileiro de Redução de Riscos e Desastres Rio de Janeiro, RJ, Brasil – 2017 – co-autor.*
- *2º Encontro de Desenvolvimento do Transporte Ferroviário USP – 2019.*
- *Webinar Porto Gente – Navegação Fluvial no Brasil – 2020.*

## **LIVROS PUBLICADOS**

- *Livro “Qualidade e Produtividade nos Transportes” – co-autor – Editora Cengage – São Paulo – 2008.*
- *Livro “Transporte Ferroviário – História e Técnicas” – Editora Cengage – São Paulo – 2011.*
- *Livro “Aspectos da Navegação Interior” – Editora Labtrans/UFSC – Florianópolis – 2014.*
- *Livro “Qualidade e Produtividade nos Transportes” – co-autor – 2ª Edição revisada – Editora Cengage – São Paulo – 2016.*
- *Livro “Introdução ao Planejamento Portuários” – co-autor – Edições Aduaneiras – São Paulo – 2016.*

## **ATIVIDADES PROFISSIONAIS:**

- *Gerente de Estudos e Projetos de Obras Ferroviárias da Secretaria de Infraestrutura do Estado de SC – 2019 – 2022.*
- *Engenheiro da Prosul nos Estudos de Viabilidade Técnica Econômica e Ambiental de 60 lotes de Rodovias Federais totalizando 21.000 km para o DNIT. Responsável pelos Estudos de Tráfego e Integração Modal. 2017-2018.*

- *Consultor do LabTrans/UFSC – Convênio DNIT – Desastres Naturais- Rotas Alternativas – 2016 - 2017, Convênio SEP- MT – Plano Mestre dos portos de Paranaguá, São Francisco do Sul, Itaquí, Itajaí, Imbituba, Santos e Santana – 2016 - 2017.*
- *Engenheiro da Labtrans/UFSC – Fundação de Ensino e Engenharia de Santa Catarina alocado no Labtrans – UFSC. – 2010 - 2015 – Projetos no Plano Nacional de Logística Portuária – SEP/PR responsável pelos acessos portuários, ferroviária/rodovia/navegação fluvial. Estudos de traçado da Ferrovia Cuiabá Santarém – ANTT. 2014. Responsável pelos modelos de simulação de tráfego.*
- *Gerente de Infraestrutura de Transportes Aquaviários e Ferroviários da Secretaria de Infraestrutura do Estado de Santa Catarina, 2005 - 2010 – Estudos da Ferrovia de Integração de Santa Catarina.*
- *Conselheiro dos Conselhos de Autoridade Portuária CAP dos portos de Imbituba, Itajaí, Laguna e São Francisco do Sul, bloco I Poder Público, representando o Governo do Estado de Santa Catarina. 2005 - 2010.*
- *Engenheiro consultor da FEESC – Fundação de Ensino e Engenharia de Santa Catarina no Plano Diretor Rodoviário de Santa Catarina para o Consórcio Prosul – Setauroute – 2006 - 2007.*
- *Engenheiro da FEESC – Fundação de Ensino e Engenharia de Santa Catarina alocado no Labtrans-UFSC. – 2003 – 2005, – Estudos para o Transporte de Cargas de Alto Valor Agregado nas Ferrovias e Cabotagem – ANTT.*
- *Engenheiro PROSUL – Estudos de Tráfego: da BR-280 (São Francisco do Sul- BR-101), Contorno de Chapecó, e os seguintes trechos de rodovias estaduais p o Deinfra: Chapecó – Paial, Campo Erê – Pinhalzinho, Ouro – Bom Jesus, Victor Meireles - Dona Emma, Bela Vista do Toldo – Timbó Grande, Criciúma – BR-101 – 2002-2003.*
- *Engenheiro SOTEPa – Estudos de Tráfego da BR-101 (Palhoça - Garopaba) – 1998.*
- *Gerente de Transportes Hidroviários e Ferroviários da Secretaria de Transportes e Obras do Estado de Santa Catarina, 1987 - 1989 e 1995*

- 1996 – *Estudos de Viabilidade Técnica e Econômica da Ferrovia de Integração de Santa Catarina – Ferrovia do Frango e Estudos dos Contornos Ferroviários de Joinville e São Francisco do Sul. – Aparelhamento do Porto de São Francisco do Sul.*
- *Conselheiro do Conselho Especial de Usuário – CEU da RFFSA-SR-5 – 1987 - 1989 e 1995 - 1996, representando o Estado de Santa Catarina.*
  - *Gerente de Marketing e Terminais de Carga da FERRONORTE S.A. Ferrovia Norte Brasil – 1989 - 1995, responsável pelos Estudos de Demanda e pelos projetos dos Terminais Ferroviários e Portuários.*
  - *Engenheiro SOTEPA – Estudos de Tráfego da BR-101 (Itajaí - Tijucas) – 1988.*
  - *Engenheiro da FEPASA – Ferrovias Paulista S.A. – 1983- 1989 – Coordenador da Integração Ferrovia – Hidrovia Tietê – Paraná em Pederneiras.*
  - *Engenheiro SOTEPA – coordenador do Plano Diretor Rodoviários do Estado de Santa Catarina – responsável pelos Estudos de Tráfego e Modelos de Simulações – 1981 - 1982.*
  - *Gerente de Projetos do Escritório Técnico Figueiredo Ferraz – 1977 - 1980.*
  - *Engenheiro da DSV – CET – 1976.*
  - *Engenheiro da Engeconsult 1975 – 1976 – Viabilidade da Linha Leste-Oeste do Metrô – SP.*
  - *Engenheiro da Cia. do Metropolitano de São Paulo – Estudos de Viabilidade Técnica e Econômica da Linha 3 – Leste e Linha 2 – Paulista. 1971 - 1974.*







**FTC**  
Ferrovia Tereza Cristina

