

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

FELIPE CESAR SABINO PELISSARI

**BITOLAS FERROVIÁRIAS NO BRASIL: UMA ANÁLISE DA POSSIBILIDADE DE
INTEGRAÇÃO DA MALHA NACIONAL**

**PATO BRANCO
2022**

FELIPE CESAR SABINO PELISSARI

**BITOLAS FERROVIÁRIAS NO BRASIL: UMA ANÁLISE DA POSSIBILIDADE DE
INTEGRAÇÃO DA MALHA NACIONAL**

**RAILWAY GAUGES IN BRAZIL: AN ANALYSIS OF THE POSSIBILITY OF
INTEGRATING THE NATIONAL NETWORK**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação apresentada como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador (a): Dr. Danilo Rinaldi Bisconsini.

Coorientador (a): Dr. Marcos Aurélio Marques Noronha

PATO BRANCO

2022



Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

FELIPE CESAR SABINO PELISSARI

**BITOLAS FERROVIÁRIAS NO BRASIL: UMA ANÁLISE DA POSSIBILIDADE DE
INTEGRAÇÃO DA MALHA NACIONAL**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação apresentada
como requisito para obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do
Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 24/junho/2022

Danilo Rinaldi Bisconsini.
Doutor em Engenharia de Transportes
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Marcos Aurélio Marques Noronha
Doutor em Engenharia Civil
Universidade Federal de Santa Catarina

Ney Lyzandro Tabalipa
Doutor em Geologia
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Tiago Barreto Tamagusko
Mestrado em Gestão de Mobilidade Urbana
Universidade de Coimbra, Portugal

PATO BRANCO

2022

RESUMO

Na matriz do transporte de carga do Brasil predomina-se o uso do transporte rodoviário, seguido pelo ferroviário e cabotagem. Sendo o Brasil um país com grande extensão territorial, é imprescindível um sistema de transporte eficiente. Em relação ao transporte rodoviário, os custos com frete cobrado pelas operadoras de ferrovias podem ser até 50% mais econômicos, além de oferecer maior segurança para o transporte de matérias-primas perigosas. Comparando-se a malha ferroviária do Brasil com a de países de maior extensão territorial, o Brasil possui uma baixíssima malha ferroviária. Por outro lado, encontra-se ainda uma falta de integração da malha ferroviária devido às diferentes bitolas ferroviárias, fruto do processo histórico das construções ferroviárias nacionais. Isto posto, objetiva-se a compreensão do cenário da incompatibilidade de bitolas no Brasil e uma análise de alternativas para a atenuação da falta de integração da malha ferroviária. Classifica-se este trabalho como de característica exploratória baseado em pesquisas bibliográficas, onde abrange os aspectos do transporte de carga geral e ferroviário, técnicos, do processo histórico e do cenário internacional. Além disso, considera-se os dados estatísticos e informações técnicas baseadas em pesquisas documentais de órgão públicos e privados relativos ao transporte nacional. Acrescenta-se a pesquisa participante, com perspectivas de profissionais e departamentos com atuação no transporte ferroviário brasileiro. Com as análises dos dados e informações coletadas, apresentou-se as limitações de um trem trafegar por toda a malha ferroviária nacional. Acrescenta-se a baixa distância percorrida pelos trens do Brasil no transporte de carga e o não uso das ferrovias para o transporte interno, sendo o Brasil um país extenso. Deste modo, há impactos econômicos, de atratividade ao modo ferroviário para o transporte e consequentemente a baixa participação na matriz do transporte de carga. Dentre as alternativas de atenuação da falta de integração da malha, compara-se em aspectos técnicos e em custos, em ordem de grandeza, a conversão de bitolas para a integração. Ainda é apresentada uma possibilidade de trajeto para a implementação da bitola mista para a mitigação da falta de integração nacional. Conclui-se que a bitola mista seria eficiente para a atenuação da falta de integração da malha ferroviária e o uso do material rodante de bitola métrica para o transporte no mercado interno. Contudo, considera-se uma medida de transição para a padronização da malha em bitola larga, a longo prazo.

Palavras-chave: ferrovias; bitolas; transporte; integração.

ABSTRACT

In the Brazilian freight transportation matrix, road transport predominates, followed by rail and cabotage. As Brazil is a country with a large territorial extension, an efficient transport system is essential. In relation to road transport, the costs of the freight by railroad operators can be 50% low-cost, in addition to offering more safety for dangerous goods transport. Comparing the Brazilian rail network to the rail network of the countries with greater territorial extension, Brazil has a very low rail network. On the other hand, there is still a lack of integration of the railway network due to the different railway gauges, as a consequence of the historical process of national railway construction. Therefore, this work aims to understand the scenario of gauge incompatibility in Brazil and analyze the alternatives for mitigating the lack of integration of the rail network. This work is classified as exploratory based on bibliographic research, which covers aspects of general and rail freight transport, technical aspects, the historical process, and the international scenario. In addition, statistical data and technical information based on documentary research provided by the public and private agencies relating to national transport are considered. This work also relies on participatory research, with perspectives from professionals and departments involved in Brazilian rail freight transport. With the analysis of the data and information collected, the limitations of a train traveling through the entire national rail network were presented. Also, the low distance traveled by trains in Brazilian freight transport and the non-use of railroads for the internal market transport, even though Brazil is an extensive country. Thus, there are economic impacts, low attractiveness to rail freight transport, and consequently, the low participation in the matrix of freight transport. Among the alternatives for mitigating the lack of network integration, the conversion of gauges for integration is compared in terms of technical aspects and costs, in order of magnitude. It is still presented a possibility of trajectory for the implementation of the mixed gauge to mitigate the lack of national integration. It is concluded that the mixed gauge would be efficient for mitigating the lack of integration of the Brazilian railway network and the use of metric gauge rolling stock for transport in the internal market. However, it is considered a transitional measure toward the standardization in the railway network for the wide gauge, in the long term.

Keywords: railway; gauge; transport; network.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Variação do custo do transporte em função da distância	20
Figura 2 - Composição da ferrovia	22
Figura 3 - Largura da plataforma de via férrea	23
Figura 4 - Áreas de superfície de componentes da superestrutura	25
Figura 5 - Dimensão do sublastro em relação ao lastro	26
Figura 6 - Configuração da superestrutura: Lastro e <i>concrete slab</i>	27
Figura 7 - Perfil S49 para bitola métrica e outro para bitola larga (Rússia)	30
Figura 8 - Bitola ferroviária	31
Figura 9 - A malha ferroviária atual	44
Figura 10 - Participação das bitolas ferroviárias das novas construções (1830 – 1889) ..	51
Figura 11 – Metodologia do trabalho	60
Figura 12 - Transporte ferroviário nos EUA em função da distância de transporte	69
Figura 13 - Seção tipo de uma via em bitola larga – 1,60 m	77
Figura 14 - Seção transversal de dormente de concreto monobloco	77
Figura 15 - Lastro para trecho de via singela em bitola larga	78
Figura 16 - Seção de via de bitola métrica e de bitola larga	80
Figura 17 – A malha ferroviária nacional por bitola	89
Figura 18 - Malha em concessão para a MRS Logística	90
Figura 19 – Linhas ferroviárias da MRS por bitola e sentido de tráfego	92
Figura 20 – Análise de trajetos para integração das malhas ferroviárias	93
Figura 21 – Análise de integrações por Jundiaí e Perequê	95
Figura 22 - Análise de integração por Miguel Burnier	96
Figura 23 - Suposta implantação do terceiro trilho na malha concessionada à MRS	99
Figura 24 – Possibilidade de integração da malha ferroviária	101

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Simulação comparativa de custos para transporte intermodal.....	21
Quadro 2 - Larguras de plataformas em função de bitolas.....	23
Quadro 3 - Comparação de diferentes tipos de dormentes.....	28
Quadro 4 - Dimensões de dormentes de madeira (Índia).....	29
Quadro 5 - As primeiras ferrovias do Brasil.....	36
Quadro 6 - Ferrovias de bitola estreita no século XIX.....	39
Quadro 7 - Extensão das diferentes bitolas no Brasil Império.....	39
Quadro 8 - Eventos contribuintes para a redução das obras ferroviárias na primeira metade do Século XX.....	40
Quadro 9 - As malhas ferroviárias desestatizadas da RFFSA.....	43
Quadro 10 - Bens transportados nas malhas concessionadas.....	45
Quadro 11 – Bitolas em relação as malhas concessionadas no Brasil.....	46
Quadro 12 - Alternativas para a atenuação das diferenças de bitolas.....	73
Quadro 13 - Bitola larga para métrica – por km.....	75
Quadro 14 - Custo para conversão de bitola larga para mista – por km.....	75
Quadro 15 - Características técnicas para o lastro de uma via em bitola larga.....	78
Quadro 16 - Estimativa de volume de brita para o lastro de bitola larga e mista.....	79
Quadro 17 - Conversão do custo de m³ de lastro para 1 km.....	79
Quadro 18 - Custo de 1 quilômetro de sublastro.....	79
Quadro 19 - Conversão da superestrutura da bitola métrica para a larga - por km.....	81
Quadro 20- Conversão da superestrutura da bitola métrica para a mista – por km.....	82
Quadro 21 - Orçamento de traçados de ferrovias – 2013 e ajuste pelo INCC-M.....	83
Quadro 22 – Material rodante em relação as bitolas.....	84
Quadro 23 - Orçamento dos traçados do trecho de Maracaju (MS) a Lapa (PR) – 2013 – por km.....	86
Quadro 24 - Orçamento dos traçados do trecho de Maracaju (MS) a Lapa (PR) – INCC – por km.....	87
Quadro 25 - Resumo das comparações de conversões de bitolas.....	88
Quadro 26 - Comparativo das extensões (km) das alternativas de trajeto.....	94
Quadro 27 – As Distâncias para os dois sentidos de tráfego (km).....	97
Quadro 28 - Extensão a ser implantado o terceiro trilho (km).....	100

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Movimentação de cargas no Brasil em 2021	16
Tabela 2 - Densidade da malha ferroviária.....	18
Tabela 3 - Distância ideal para cada meio de transporte.....	20
Tabela 4 - Tipos de bitolas ferroviárias	32
Tabela 5 - Adoção de bitolas largas em países da Europa no século XIX.....	49
Tabela 6 - As primeiras bitolas ferroviárias na Austrália	52
Tabela 7 - Critérios de projeto adotados	74
Tabela 8 - Comparativos de estimativa de custo de conversão de bitolas	82
Tabela 9 - Comparativos de custos de trecho de bitola larga e conversões de bitola (superestrutura) – por km	87
Tabela 10 - Carga máxima por eixo (entre trechos).....	98

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	OBJETIVOS.....	14
1.1.1	Objetivo Geral.....	14
1.1.2	Objetivos específicos.....	14
1.2	Justificativa.....	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
2.1	A Matriz de transporte no Brasil.....	16
2.2	Ferrovias e a intermodalidade.....	19
2.2.1	Aspectos ambientais.....	21
2.3	Componentes da ferrovia.....	22
2.3.1	Infraestrutura.....	22
2.3.2	Obra de Arte Especial ferroviária.....	24
2.3.3	Superestrutura.....	24
2.3.4	Sublastro.....	25
2.3.5	Lastro.....	26
2.3.6	Dormentes.....	27
2.3.7	Trilhos.....	29
2.3.8	Bitola.....	31
2.3.9	Material rodante.....	33
2.4	A malha ferroviária do Brasil.....	33
2.4.1	O cenário precursor às ferrovias.....	34
2.4.2	As primeiras ferrovias do Brasil.....	34
2.4.3	Discussões técnicas sobre bitolas no século XIX.....	36
2.4.4	A expansão da bitola estreita no Brasil.....	38
2.4.5	As ferrovias na primeira metade do século XX.....	40
2.4.6	A segunda metade do século XX.....	41
2.4.7	A privatização das ferrovias brasileiras.....	42
2.4.8	O cenário atual da malha ferroviária do Brasil.....	44
2.4.9	As bitolas ferroviárias no Brasil no cenário atual.....	45
2.5	As bitolas ferroviárias no cenário internacional.....	47
2.5.1	As bitolas ferroviárias na Grã-Bretanha.....	47

2.5.2	As bitolas ferroviárias na Europa continental.....	48
2.5.3	As bitolas ferroviárias na Rússia.....	50
2.5.4	As bitolas ferroviárias nos Estados Unidos da América.....	50
2.5.5	As bitolas ferroviárias na Austrália.....	52
2.5.6	As bitolas ferroviárias na China.....	54
2.5.7	A padronização das bitolas ferroviárias na Índia.....	55
2.5.8	As bitolas ferroviárias no Japão.....	55
2.5.9	As bitolas ferroviárias na América do Sul.....	55
3	MÉTODO.....	57
4	BITOLAS FERROVIÁRIAS NO BRASIL: UMA ANÁLISE DA POSSIBILIDADE DE INTEGRAÇÃO DA MALHA NACIONAL.....	61
4.1	Resultados do questionário aplicado.....	61
4.1.1	Contribuintes e experiência no ramo.....	61
4.1.2	Grau de conhecimento do tema.....	61
4.1.3	As dificuldades e conseqüências geradas pela incompatibilidade de bitolas.....	62
4.1.4	Planejamento ou perspectivas para atenuar as conseqüências.....	63
4.1.5	O uso de bitolas mistas para integrar linhas e trechos.....	64
4.1.6	A relação das bitolas com a velocidade comercial dos trens e transbordo.....	64
4.1.7	Problemas logísticos em relação a incompatibilidade de bitolas.....	65
4.1.8	Alternativas para enfrentar o problema de incompatibilidade de bitolas.....	66
4.2	A falta de integração da malha ferroviária e as conseqüências.....	66
4.3	Conversão de bitolas para a integração da malha ferroviária.....	73
4.3.1	Conversão de via de bitola larga para métrica.....	74
4.3.2	Conversão da superestrutura de bitola métrica para larga e mista.....	76
4.3.3	Comparativo das conversões de bitola.....	82
4.4	Possibilidade de integração na malha ferroviária do Brasil.....	88
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	103
	REFERÊNCIAS.....	105
	APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO DE PESQUISA.....	112
	APÊNDICE B – QUESTIONÁRIOS RESPONDIDOS.....	114

1 INTRODUÇÃO

As ferrovias detêm a capacidade de engatar muitas unidades de volumes nos trens. Para médias a longas distâncias – segundo Villaça (2010) de 400 km a 1.500 km - apresentam um custo de frete menor em comparação com o modo rodoviário (PROFILLIDIS, 2014).

A redução dos custos com transporte de produtos e a dilatação dos volumes transportados são frutos de um desenvolvimento efetivo na infraestrutura. Esse desenvolvimento é alcançado por meio da otimização das combinações dos modais (RIETVELD; BRUINSMA, 1998). A otimização dessas combinações, por sua vez, só pode ser garantida a partir da manutenção de uma condição satisfatória de rodovias e vias ferroviárias (PROFILLIDIS, 2014).

Anteriormente à instalação das linhas ferroviárias no Brasil, o escoamento dos produtos agrícolas até os portos se dava por meio de lombos de burros, utilizando-se aproximadamente 200 mil animais no período de um ano (BRASIL, 2016b).

Fomentado pelo Governo Imperial, o elo inaugural dos modais aquaviário e ferroviário ocorreu em 1854, devido à implantação da Estrada de Ferro Mauá, composta por um trecho de cerca de 14,5 km e uma bitola de 1,68 m (BRASIL, 2016b).

Posteriormente, empregou-se ao menos três dimensões de bitolas na construção de diferentes linhas ferroviárias no interior do Brasil. Esta divergência de padrão de bitolas, estimulada pela política de construção de ferrovias do Governo Imperial, resultou em um obstáculo à integração operacional entre as vias que permanece na atualidade. Uma das consequências desse problema é o distanciamento e isolamento das linhas ferroviárias (BRASIL, 2016b).

Apesar de apresentar menor extensão territorial em relação ao Brasil, a Inglaterra também enfrentou o problema da falta de padronização das bitolas ferroviárias. No princípio do processo de expansão das ferrovias, adotou-se bitolas variadas nas instalações das novas linhas em diferentes regiões do país. Contudo, a partir de 1844, iniciou-se um processo de integração e padronização das linhas que se estendeu até 1862, quando foi adotada a bitola *Stephenson*¹ (1.435 mm) (PUFFERT, 2009).

No Brasil, a diversidade de bitolas ainda é um fator limitante à integração das ferrovias, resultando na escolha de alternativas de transporte que elevam o custo do produto final. Desta maneira, o país perde competitividade, reduzindo a eficiência do transporte ferroviário e sua

¹ Também conhecida como bitola *standard*, padrão e internacional.

integração com outros modos de transportes, principalmente com o modo rodoviário. Como resultado, tem-se uma concentração do transporte de cargas por rodovias, levando, além da perda de competitividade econômica devido ao aumento do custo de transporte, a um aumento da taxa de deterioração dos pavimentos, dos índices de acidentes, da emissão de poluentes e à redução do nível de serviço das rodovias, o qual está associado à capacidade de mobilidade das vias.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Compreender o cenário da incompatibilidade de bitolas no Brasil e analisar alternativas afim de atenuar a falta de integração da malha ferroviária.

1.1.2 Objetivos específicos

- Diagnosticar os problemas gerados pela falta de integração em malhas ferroviárias;
- Pesquisar alternativas para atenuar o problema da falta de integração da malha ferroviária brasileira em relação às bitolas ferroviárias no Brasil;
- Estimar custos em ordem de grandeza, em referenciais de custos atualizados, para realizar a conversão de bitolas para a integração de malhas ferroviárias.

1.2 Justificativa

Com base em dados da CNT (2021), a matriz do transporte de cargas do Brasil está concentrada no sistema de transporte rodoviário, responsável pelo transporte de 64,86% das cargas no país, seguido pelo modo ferroviário (14,95%), cabotagem (10,47%), aquaviário (5,25%), dutoviário (4,44%) e aéreo (0,03%).

Em relação ao transporte rodoviário, os custos com frete cobrado pelas operadoras nas ferrovias podem ser até 50% mais econômicos. Além disso, oferece maior segurança para o transporte de matérias-primas perigosas, como de empresas petroquímicas (BRASIL, 2019).

Comparando-se a países com extensão territorial maior do que a do Brasil, e uma participação do sistema ferroviário predominante em suas matrizes, o Brasil possui baixíssima densidade de malha ferroviária, cerca de 3,4 km/1000 km², em relação, por exemplo, aos EUA,

com 29,8 km/1000 km², Canadá, com 7,8 km/1000 km² e Rússia, possuindo 5,1 km/ 1000 km² (ANTF, 2019). Além da baixa utilização das ferrovias, há o problema da incompatibilidade das bitolas ferroviárias que dificulta a integração das linhas. No Brasil, o sistema de carga possui ao menos três tipos diferentes de bitolas: métrica (1.000 mm), larga (1.600 mm) e *Standard* (1.435 mm) (CURY, 2011).

Progressivamente, as ferrovias foram sendo construídas com diferentes bitolas, o que resultou na posterior desativação de diversas linhas ferroviárias e na ineficiência de outras tantas administradas atualmente por muitas empresas para o escoamento de cargas. Há casos de necessidade de integração por meio de transbordo de um vagão para outro ou mesmo de vagões para um caminhão (BRODBECK; JUNGES, 2012).

Nesta pesquisa, pretende-se compreender o cenário da incompatibilidade de bitolas no Brasil e analisar alternativas afim de atenuar a falta de integração da malha ferroviária. Este estudo torna-se viável por meio de um levantamento e análise de informações de órgãos governamentais e estudos técnicos correlatos, além da elaboração de um questionário direcionado a profissionais e órgãos atuantes na área do transporte ferroviário brasileiro, possibilitando uma melhor percepção do objeto de estudo e dos objetivos do trabalho.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo, apresenta-se o referencial teórico, abordando diferentes perspectivas para a compreensão da incompatibilidade de bitolas ferroviárias no Brasil e a relação da mesma com a falta de integração da malha ferroviária. Considerou-se os aspectos de transporte geral no Brasil e do ferroviário em relação à intermodalidade. Inclui-se ainda os aspectos técnicos, históricos e do cenário internacional.

2.1 A Matriz de transporte no Brasil

Na Tabela 1 são apresentados os dados de movimentação de cargas no Brasil em 2021, distribuídos por modais.

Tabela 1 - Movimentação de cargas no Brasil em 2021

Modal	Bilhões (TKU)²
Rodoviário	1.548,0
Ferroviário	356,8
Cabotagem	249,9
Aquaviário	125,3
Dutoviário	106,0
Aéreo	0,6
Total	2.386,7

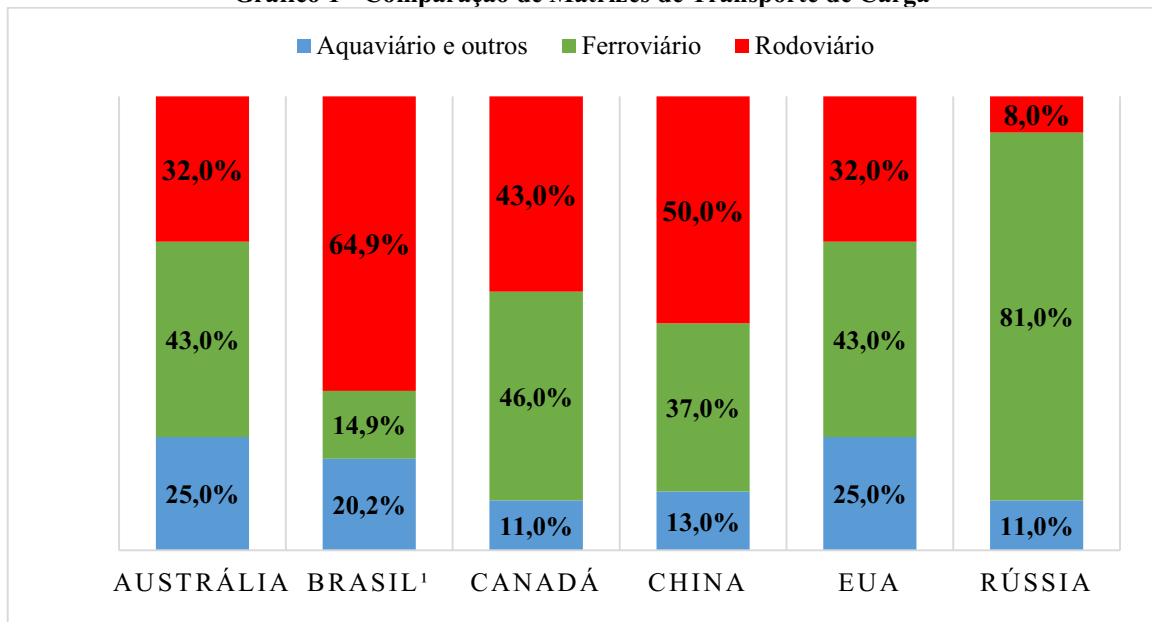
Fonte: CNT (2021)

O modo rodoviário apresenta uma participação no transporte de cargas muito superior aos demais modos de transportes no Brasil, apresentando movimentação de mais de 2 vezes a soma das movimentações dos modos ferroviário e de cabotagem, os quais apresentam a segunda e terceira maior movimentação no Brasil, respectivamente.

No Gráfico 1 é apresentada uma comparação da matriz do transporte de cargas do Brasil em relação a países com dimensões territoriais semelhantes.

² O TKU é um dos principais indicadores da operação dos modos de transporte. Representa o efeito combinado da carga efetivamente transportada em toneladas (t) e da distância percorrida durante o transporte, em quilômetros (km). Portanto, a unidade de medida do TKU expressa o deslocamento de uma tonelada de carga sobre a distância de um quilômetro.

Gráfico 1 - Comparação de Matrizes de Transporte de Carga



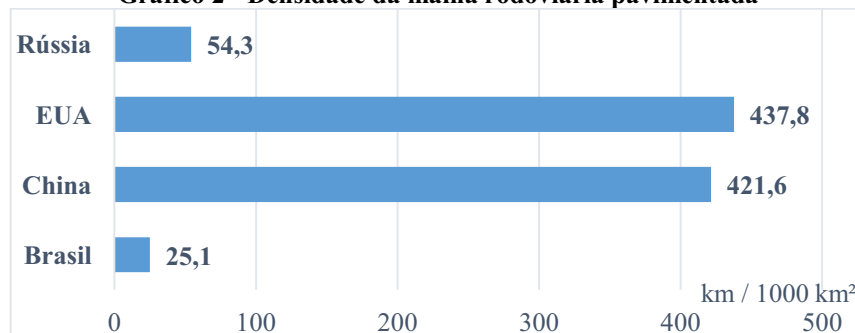
Fonte: Adaptado de ANTF (2019) e CNT (2021) ¹

De acordo com o Gráfico 1, as ferrovias têm participação de 14,9% na matriz de transporte de cargas no Brasil (CNT, 2021). Comparando-se com países com grandes dimensões territoriais, o Brasil é o que apresenta a menor participação das ferrovias entre as matrizes de transporte de cargas.

Constata-se ainda que no Brasil, prioriza-se o modo rodoviário para o transporte de cargas, apresentando 64,9% de participação (CNT, 2021). Geralmente, a predominância do modal rodoviário é característica de países europeus de pequena extensão territorial, como Dinamarca e Bélgica que apresentam uma participação acima de 70% (CNT, 2001).

Visto que a maior participação do transporte de cargas do Brasil está apoiada no modo rodoviário, uma outra perspectiva a ser analisada é a comparação da densidade da malha rodoviária com a de outros países, conforme o Gráfico 2.

Gráfico 2 - Densidade da malha rodoviária pavimentada



Fonte: Adaptado de CNT (2019b)

Embora o modo rodoviário seja predominante na matriz de transportes do Brasil em comparação com países de extensão similares, no Brasil encontra-se a menor densidade de malha rodoviária, com cerca de 25,1 km a cada 1000 km², de acordo com o Gráfico 2. Nos EUA, onde a participação das ferrovias é de 43% e as rodovias de 32% (Gráfico 1), há 437,8 km de rodovias para cada 1000 km² de extensão territorial. Na China, onde a participação das ferrovias é de 37% e das rodovias de 50% (Gráfico 1) na matriz do transporte de cargas, há 421,6 km de rodovias a cada 1000 km² de território. Na Rússia onde a participação das rodovias é de 8% e as ferrovias de 81% (Gráfico 1), a densidade da malha rodoviária é de 54,3 km a cada 1000 km², ao menos o dobro em comparação com o Brasil.

Sob outra perspectiva, pode-se também comparar a densidade das malhas ferroviárias do Brasil com a de outros países, conforme a Tabela 2.

Tabela 2 - Densidade da malha ferroviária

País	Área (milhões km ²)	Ferrovias (mil km)	Ferrovias/Área (km / mil km ²)
Argentina	2,78	36,92	13,3
Austrália	7,74	36,97	4,8
Brasil	8,52	29,18	3,4
Canadá	9,98	77,93	7,8
China	9,60	124,00	13,2
EUA	9,83	293,56	29,8
Rússia	17,10	87,16	5,1

Fonte: Adaptado de ANTF (2019)

Com base na Tabela 2, em relação ao Brasil, nota-se que nos países com áreas não tão superiores, há uma extensão numerosa de ferrovias construídas. Enquanto no Brasil há cerca de 29.180 km de ferrovias, no Canadá e China dispõe-se de 77.930 km e 124.000 km, respectivamente. Em termos de densidade, o Canadá apresenta 7,8 km e a China 13,2 km para 1000 km² de cada país, mais do que o dobro e o triplo da densidade da malha ferroviária no Brasil, respectivamente.

Mesmo na Argentina e Austrália, países com territórios menores em área, há uma quilometragem de ferrovias superior à do Brasil. Nos EUA, a densidade da malha rodoviária de 437,8 km para cada 1.000 km² (Gráfico 2) é cerca de 17 vezes a do Brasil, enquanto a densidade da malha ferroviária, de 29,8 km para cada 1000 km² (Tabela 2), é superior a 8 vezes a do Brasil, com participação do modo ferroviário de 43% e do rodoviário de 32% na matriz do transporte de cargas (Gráfico 1).

Observando os dados apresentados, constata-se um desequilíbrio na matriz de transporte de cargas do Brasil, a qual inclina-se para as rodovias em um país de grande extensão

territorial. Este desequilíbrio resulta em uma dependência acentuada das rodovias, podendo resultar em grandes prejuízos.

Em 2018, foram diversos os problemas econômicos referentes ao abastecimento de matérias primas para empresas, alimentos nos supermercados e combustíveis em postos e aeroportos, em diversos estados do Brasil, desencadeados pela greve dos caminhoneiros, grupo que compõe majoritariamente o transporte de cargas dentro do país (D'ERCOLE, 2018). Independentemente dos motivos das reivindicações dos caminhoneiros, nota-se a vulnerabilidade do sistema de transportes brasileiro em decorrência da dependência do modo rodoviário, o que não significa que as rodovias sejam concorrentes do modo ferroviário, já que são sistemas complementares (CNT, 2001).

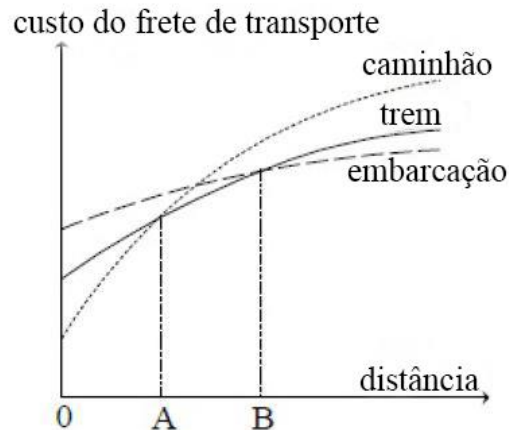
2.2 Ferrovias e a intermodalidade

Para o desenvolvimento das ferrovias e melhor balanceamento da matriz de transportes no Brasil, é necessário aproveitar as vantagens oferecidas por cada modal (VILLAÇA, 2010).

Além da grande capacidade de carga por vagão, uma característica importante do transporte ferroviário é a capacidade de unir diversos tipos de vagões em um mesmo comboio, possibilitando a condução de grandes volumes. Nos EUA, trens de carga diariamente carregam numerosos acoplamentos, que somados equivalem a cerca de aproximadamente 14.000 toneladas de mercadorias. Há ainda trens no Canadá que transportam minérios que ultrapassam 20.700 toneladas, na China 20.000 toneladas e na Austrália 32.000 toneladas (PROFILLIDIS, 2014).

Apesar da grande capacidade de transporte de cargas, a viabilidade econômica do transporte por ferrovias relaciona-se, principalmente, com a distância de transporte, como ilustrado na Figura 1.

Figura 1 - Variação do custo do transporte em função da distância



Fonte: Adaptado de PROFILLIDIS (2014)

Na Figura 1, os pontos “A” e “B” apontam a distância ideal a partir da qual o modo rodoviário poderia ser substituído pelo ferroviário, e a ferrovia poderia ser substituída pelo modo aquaviário, com a finalidade de obter-se um menor custo no transporte.

Estima-se que até 400 km o transporte por rodovias seja mais econômico e veloz que o modo ferroviário e aquaviário (Tabela 3). Entre 400 e 1.500 km, a ferrovia se tornaria mais econômica e entre 1.500 e 3.000 km a hidrovia, se houver disponibilidade deste modo. Caso contrário, a ferrovia ainda seria a mais econômica que a rodovia (VILLAÇA, 2010).

Tabela 3 - Distância ideal para cada meio de transporte

Meio de transporte	Distância ideal (km)
Rodovia	0 – 400
Ferrovia	400 – 1.500
Hidrovia	1.500 – 3.000

Fonte: Adaptado de VILLAÇA (2010)

Por outro lado, o transporte por meio de ferrovias, comparado às rodovias, torna o transporte menos flexível, impossibilitando a entrega de “porta-a-porta”. Porém, viabiliza o controle automatizado, por meio do uso de computadores e sistemas eletrônicos em larga escala, resultando em uma alta capacidade de volumes de transportados (PROFILLIDIS, 2014).

No Quadro 1, apresenta-se uma simulação de diferentes rotas de escoamento de soja em diferentes portos, relacionando a combinação de modais e o custo de transporte.

Quadro 1 - Simulação comparativa de custos para transporte intermodal

Rota	Origem	Rodovia (km)	Cidade Intermediária	Ferrovia (km)	Hidrovia (km)	Destino (Porto)	Custo (R\$/t)
1	Lucas do Rio Verde (MT)	1.519	Porto Velho (RO)	-	1.260	Itacoatiara (AM)	248,69
2		2.165	-	-	-	Santos (SP)	258,72
3		589	Rondonópolis (MT)	1.555	-	Santos (SP)	216,63
4		2.278	-	-	-	Paranaguá (PR)	227,80
5		1.113	Miritituba (PA)	-	280	Santarém (PA)	167,49
6		322	Nova Canaã do Norte (PA)	-	1425	Santarém (PA)	133,36

Nota: A rota 6 não é atualmente utilizada pela ausência de eclusas que possibilitem a navegação
Fonte: Adaptado de CNT (2015)

No Quadro 1 observa-se que, com exceção da rota 1 (de Lucas do Rio Verde, MT, a Porto Velho, RO), os menores custos para o transporte de soja são os de diferentes modais combinados (Rotas 3, 5 e 6), desconsiderando-se a análise da distância do porto, de saída, ao destino final. Portanto, a intermodalidade é importante para o transporte de cargas, possibilitando o aproveitamento das vantagens de cada modal, resultando em alternativas de menor custo para o transporte do produto final. Entretanto, nas ferrovias brasileiras ainda há alguns obstáculos para favorecer esta intermodalidade, principalmente para o transporte interno. Dentre estes, a incompatibilidade das bitolas presente na malha nacional.

2.2.1 Aspectos ambientais

Em comparação com o transporte por rodovias, geralmente o transporte por ferrovias são mais eficientes energeticamente. Nos EUA, por exemplo, o transporte de cargas pelo modal ferroviário apresenta-se, em média, 63% mais eficiente no tocante ao consumo de combustíveis do que o modo rodoviário. Depois do modo aquaviário, o transporte ferroviário é o mais eficiente em termos de energia para movimentar grandes volumes de mercadorias e passageiros. Em média, o transporte aquaviário interno de um país, utilizando-se de barcaças, é cerca de 35% mais eficiente do que as ferrovias. Em contrapartida, como as vias navegáveis internas podem conter muitas sinuosidades, há possibilidade de as ferrovias serem equivalentes ou mais eficientes (THE WORLD BANK, 2011).

Um outro ponto a ser observado é a área de terrenos exigida pelo modo ferroviário para a faixa de domínio. As vias férreas requerem menor gradiente em curvas verticais e curvas horizontais mais suaves em comparação às rodovias, mas demandam um espaço inferior comparado ao espaço utilizado pelo modo rodoviário. Portanto, necessitam de menores investimentos por quilômetro do que o transporte aquaviário ou rodoviário para uma capacidade

de carga equivalente. Ademais, as faixas de domínio das ferrovias são mais ecologicamente corretas do que as rodovias, apresentando menor impacto na drenagem de águas devido à porosidade (THE WORLD BANK, 2011).

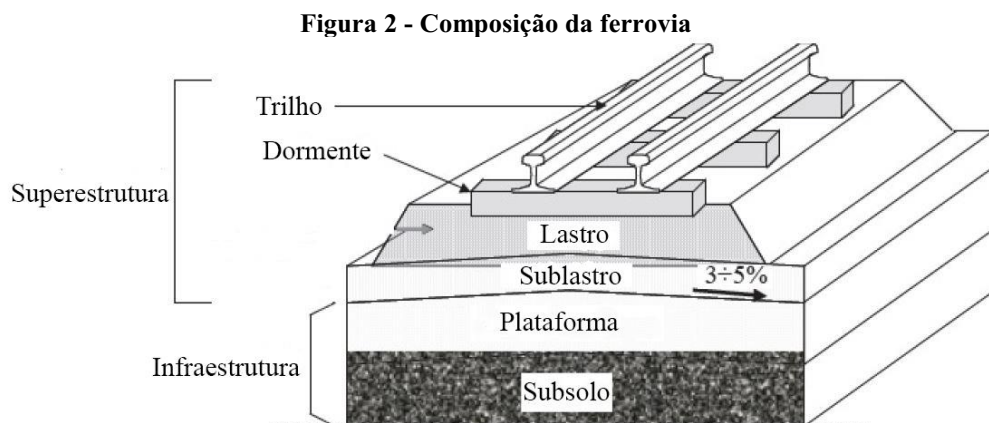
2.3 Componentes da ferrovia

Neste subcapítulo é feita uma abordagem em aspectos técnicos dos componentes da ferrovia, relacionando-os com a bitola ferroviária.

2.3.1 Infraestrutura

A infraestrutura³, de maneira sucinta, é composta pela terraplenagem e as obras realizadas abaixo do greide de terraplenagem (BRINA, 1979).

Este solo preparado deve adquirir uma superfície plana denominada leito⁴, que recebe na parte superior o lastro, dormentes e trilhos (CHANDRA; AGARWAL, 2007). Na Figura 2, são apresentados os componentes de uma via férrea, onde a infraestrutura está localizada nas duas camadas inferiores.



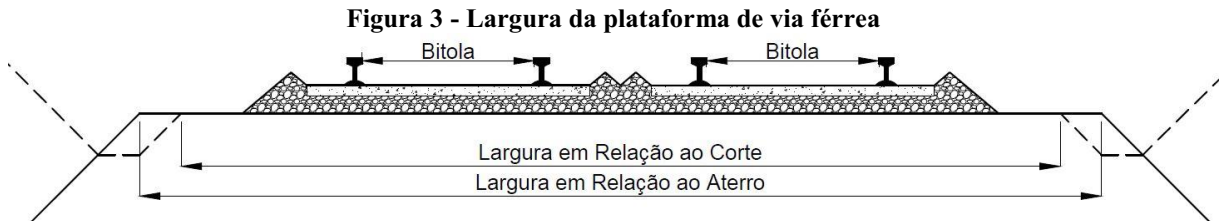
Fonte: Adaptado de PROFILLIDIS (2014)

O leito é um importante componente da estrutura e tem a função de prover uma superfície lisa e uniforme para receber a via, suportar a carga dinâmica transmitida por meio do lastro, facilitar a drenagem e garantir a estabilidade. Ademais, pode encontrar-se na forma de

³ Para Profillidis (2014), *subgrade*. Para outros autores também denominado de “subestrutura”.

⁴ Também conhecido como plataforma no Brasil. Chandra; Agarwal (2007) e Profillidis (2014) denominam-no *formation*.

aterro ou corte (CHANDRA; AGARWAL, 2007). A Figura 3 ilustra um corte esquemático que representa as larguras de plataforma em relação a corte e aterro.



Fonte: Desenvolvido pelo autor

Os critérios para a altura, inclinação lateral e largura dele são, respectivamente, os contornos do solo e gradientes adotados, força de cisalhamento do solo e ângulo de repouso, o número de faixas e, principalmente, a bitola adotada para a via férrea (CHANDRA; AGARWAL, 2007). O Quadro 2 exemplifica as dimensões de plataformas em função das bitolas de ferrovias na Índia.

Quadro 2 - Larguras de plataformas em função de bitolas

Bitola	Dormentes	Seção de uma faixa		Seção de faixa dupla	
		Largura do aterro (m)	Largura do corte (m)	Largura do aterro (m)	Largura do corte (m)
Larga	Madeira, Metálico e Concreto	6,85	6,25	12,16	11,56
Métrica	Madeira, Metálico e Concreto	5,85	5,25	9,81	9,21
Estreita	Madeira e Metálico	3,70	3,35	7,32	7,01

Fonte: Adaptado de CHANDRA; AGARWAL (2007)

As larguras das plataformas são diretamente proporcionais ao tamanho das bitolas adotadas e, geralmente, as dimensões para aterros são maiores em relação as dos cortes, tanto para os casos de faixa simples quanto para os de faixas dupla. A plataforma é utilizada quando o material do subsolo não é de qualidade apropriada (PROFILLIDIS, 2014).

No caso de pontes e viadutos os encontros e pilares também integram a infraestrutura. Desta maneira, são definidos como o complexo de obras proposto a sustentar a superestrutura da linha férrea (SOARES, 2016).

Depois de concebida e em funcionamento, recebendo os carregamentos dos trens de maneira distribuída pela superestrutura, a princípio a infraestrutura não deveria ser mais motivo de intervenções durante as manutenções periódicas da via ferroviária (PROFILLIDIS, 2014).

2.3.2 Obra de Arte Especial ferroviária

Obras de Arte Especiais (OAEs) ferroviárias são estruturas em concreto armado, protendido, metálicas ou combinações entre estes sistemas construtivos estruturais, com a finalidade de proporcionar alternativas para a via ferroviária vencer obstáculos naturais ou mesmo impedir a interferência das vias de outros modais. Dentre as OAEs utilizadas para as ferrovias, pode-se citar túneis, pontes, viadutos, passagens superiores, inferiores e muros de arrimo (BRASIL, 2015).

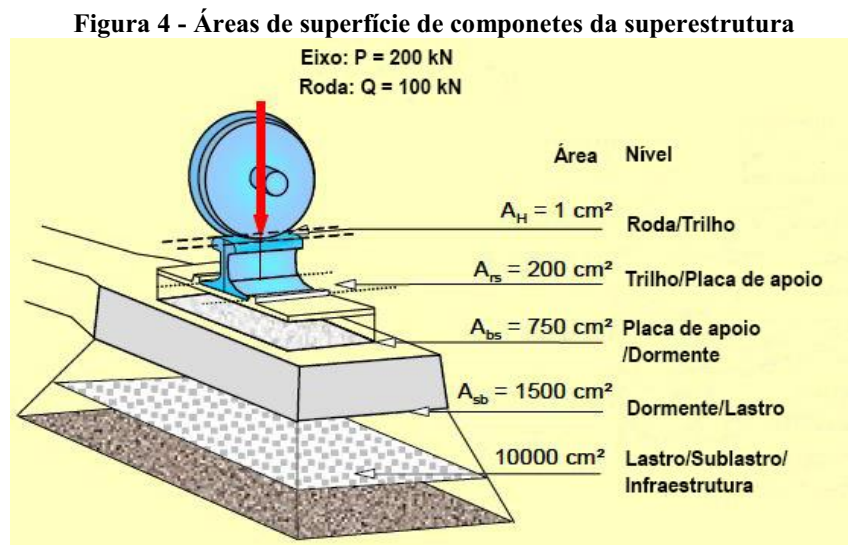
Isto posto, o projeto e execução das OAEs depende de alguns fatores referentes aos critérios de projeto de uma via ferroviária, dentre estes a bitola empregada. De acordo com ABNT NBR 12915 (2019), que estabelece as dimensões mínimas de gabaritos ferroviários e entrevias, para um gabarito de túnel de via singela de bitola métrica, a largura do plano de rolamento deve de ser 4 m e altura de 6,2 m. Em contrapartida, a largura do plano de rolamento de um túnel de via singela de bitola larga (1,60 m) deve ser de 4,9 m e a altura de 6,35 m. Portanto, os custos para a construção de OAEs para ferrovias são vinculados ao tipo de bitola adotada.

2.3.3 Superestrutura

A superestrutura é a parcela estrutural da via apoiada sobre a infraestrutura e recebe diretamente os carregamentos dinâmicos dos trens e os distribuem à infraestrutura (SOARES, 2016).

A superestrutura é composta basicamente pelo lastro, dormentes e trilhos, os quais atuam como apoio e superfície de rolamento para as locomotivas e vagões. Apesar de estar em zona de transição com a infraestrutura, o sublastro é um considerável componente da superestrutura devido às propriedades proveitosas (BRINA, 1979).

Em comparação com a infraestrutura, na superestrutura ocorrem manutenções periódicas e substituições de elementos em virtude das ações do meio e do atrito das rodas dos veículos. Além disso, a área de superfície de cada componente aumenta gradativamente no sentido do trilho para a infraestrutura (PROFILLIDIS, 2014), conforme ilustrado a Figura 4.



Fonte: Adaptado de ESVELD (2001)

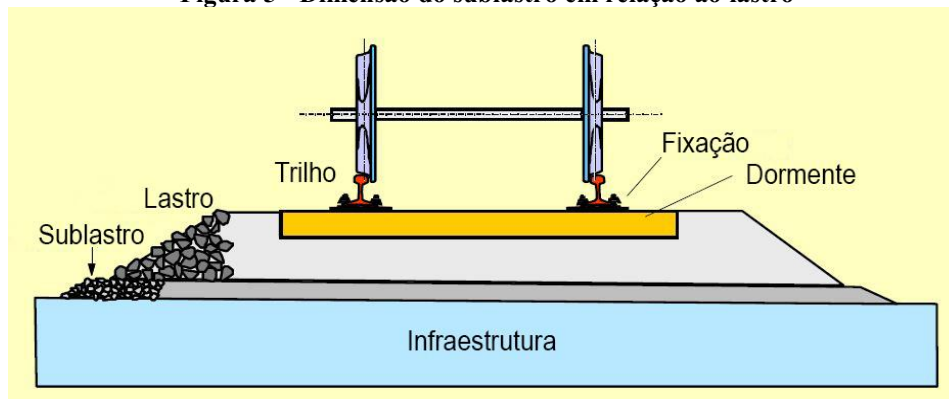
Este aumento de área dos componentes inferiores, que recebem os carregamentos dos superiores, proporciona a atenuação das tensões significativamente (PROFILLIDIS, 2014).

2.3.4 Sublastro

Trata-se de uma camada de material granular grosso situado entre o lastro e o leito (MUNDREY, 2010). O sublastro consiste em brita de menor dimensão em comparação ao lastro, e em alguns casos, areia. Dessa maneira, impede a penetração das britas maiores do lastro no leito, distribui melhor os carregamentos e possibilita uma drenagem rápida da água da chuva (PROFILLIDIS, 2014).

Devido à quantidade volumosa de material necessária para o lastro e o alto custo correspondente, a disponibilidade de material do sublastro nas proximidades do local de construção é uma oportunidade para tornar o custo e a manutenção da superestrutura mais econômicos e de melhor condição técnica. (BRINA, 1979). A Figura 5 ilustra a comparação da dimensão entre lastro, com brita de maior dimensão, e o sublastro, com brita de menor dimensão.

Figura 5 - Dimensão do sublastro em relação ao lastro



Fonte: Adaptado de ESVELD (2001)

2.3.5 Lastro

O lastro é um componente da superestrutura que sustenta os dormentes e trilhos. Transmite uniformemente para a plataforma os carregamentos advindos da superfície de rolamento que se distribuem por meio dos dormentes (SOARES, 2016).

Diversos tipos de materiais podem ser utilizados, como cascalho natural, agregados de rocha, pedregulhos, brita e areia. Os materiais são empregados de acordo com os critérios de projeto, disponibilidade e custo (MUNDREY, 2010).

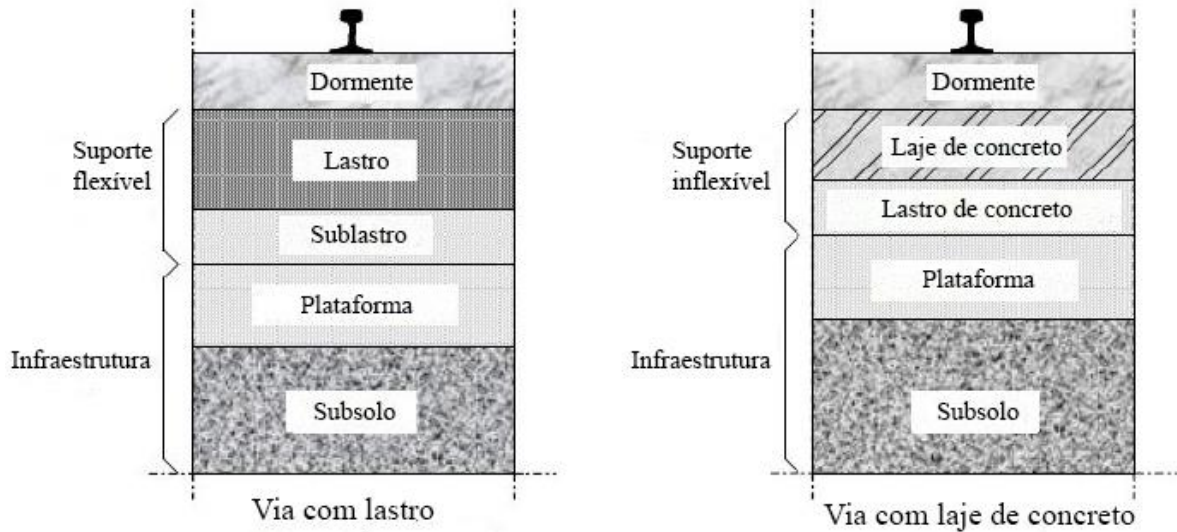
Para Profillidis (2014), as funções do lastro são:

- Distribuir os carregamentos dos dormentes até a plataforma (ou sublastro);
- Atenuar a maior parte das vibrações do trem;
- Resistir aos descolamentos da via, transversal e longitudinalmente;
- Facilitar a drenagem da água da chuva;
- Permitir que a geometria da pista seja facilmente restaurada.

Apesar de geralmente as vias ferroviárias serem apoiadas sobre o lastro, há também outra opção de configuração de suporte da superestrutura, menos flexível e muito utilizada em ferrovias alemãs e japonesas: o *concrete slab* (PROFILLIDIS, 2014).

Trata-se de uma laje de concreto instalada no local do lastro e sublastro. Embora produza maior poluição sonora, além de apresentar um maior custo de construção, o *concrete slab* se torna uma alternativa eficaz no caso dos túneis, pois permite uma menor seção transversal, menor altura da estrutura e maior facilidade em sua manutenção (PROFILLIDIS, 2014). A Figura 6 compara as configurações para vias férreas de superestruturas com alternativas de lastro (suporte flexível) e *concrete slab* (suporte inflexível).

Figura 6 - Configuração da superestrutura: Lastro e *concrete slab*



Fonte: Adaptado de PROFILLIDIS (2014)

Um problema comum em relação ao lastro é a lenta e contínua deterioração do material devido ao carregamento do tráfego e, em alguns casos, à alta velocidade. Como o lastro consiste em material granular solto, no qual os grãos podem se espalhar e quebrar, isto pode causar uma crescente assimetria geométrica ou mesmo entupimento da base do lastro do qual pode resultar em problemas de drenagem. Desta maneira, é necessário considerável tempo de manutenção para restaurar o alinhamento regular da geometria da superestrutura (ESVELD, 2001).

Em suma, a escolha entre o lastro (e sublastro) e o *concrete slab* depende de uma análise econômica para o período de projeto previsto. O lastro possui menor custo de construção e o *concrete slab* menor custo de manutenção, além de permitir menor custo de construção de túneis (PROFILLIDIS, 2014).

2.3.6 Dormentes

Os dormentes são componentes da superestrutura ferroviária que recebem dos trilhos e transmite ao lastro os carregamentos dos veículos. Ademais, possibilita a fixação dos trilhos e mantém constante a distância entre eles, isto é, a bitola (BRINA, 1979).

O primeiro material utilizado para os dormentes foi a madeira. Atualmente, além da madeira tem-se utilizado dormentes metálicos, de concreto e concreto protendido. A escolha do tipo de dormente para cada via férrea depende de sua viabilidade técnica e econômica (PROFILLIDIS, 2014).

Para Profillidis (2014) os principais fatores econômicos são:

- Custo de fabricação ou de compra dos dormentes;
- Custo de compra dos grampos;
- Tempo de vida útil dos dormentes;
- Custo de manutenção;
- Provável valor a se recuperar no final da vida útil dos dormentes.

Em relação aos aspectos técnicos:

- O peso dos dormentes tem por efeito alta ou baixa resistência transversal da via férrea, dessa maneira interfere na velocidade e nas cargas dos eixos que podem ser suportadas com segurança na via;
- Distribuição dos carregamentos dos trens;
- Se contribuem ao isolamento elétrico em relação a outra via férrea;

O Quadro 3 apresenta algumas relações de diferentes tipos de dormentes com algumas propriedades importantes para o critério de projeto e execução de obras de vias férreas, em função da bitola larga.

Quadro 3 - Comparação de diferentes tipos de dormentes

Características	Tipo de Dormente			
	Madeira	Aço	Ferro Fundido	Concreto
Vida útil (anos)	12 a 15	40 a 50	40 a 50	50 a 60
Massa do Dormente para Bitolas Largas (kg)	83	79	87	267
Manuseio	Manual, sem danos ao dormente enquanto manuseado	Manual, sem danos ao dormente enquanto manuseado	Manual, suscetível a rompimento se manuseado bruscamente	Não manual, há danos se manuseado bruscamente
Tipo de manutenção	Manual ou Mecanizado	Manual ou Mecanizado	Manual	Somente Mecanizado
Custo da Manutenção	Alto	Médio	Médio	Baixo
Ajuste da Bitola	Difícil	Fácil	Fácil	Sem possível ajuste da bitola
Dano por insetos ou corrosão	Pode haver danos por insetos	Possível dano por corrosão	Possível dano por corrosão	Sem danos
Isolamento Elétrico	O Melhor	Difícil, necessário <i>isolation pads</i>	Difícil, necessário <i>isolation pads</i>	Fácil
Adequação às Fixações	Adequado para o tipo convencional e elástico	Adequado para o tipo convencional e elástico	Convencional	Elástico
Elasticidade da via	Boa	Boa	Boa	A melhor
Deslocamento	Excessivo	Baixo	Baixo	Mínimo
Valor da sucata	Baixo	Maior que madeira	Alto	Sem valor

Fonte: Adaptado de CHANDRA; AGARWAL (2007)

De acordo com Chandra; Agarwal (2007), as funções dos dormentes são:

- Fixar os trilhos no alinhamento e bitola corretos da via;
- Firmar e sustentar os trilhos;
- Transmitir os carregamentos uniformemente dos trilhos para o lastro;
- Atuar de maneira flexível com a finalidade de absorver aos golpes e vibrações causadas pelas cargas em movimento;
- Proporcionar estabilidade lateral e longitudinal a via permanente;
- Proporcionar meios de corrigir a geometria da via durante o período vida útil.

Além disto, as dimensões de diferentes tipos de dormentes varia com a bitola adotada no projeto. A Quadro 4 exemplifica diferentes dimensões de dormentes de madeira em função da bitola considerada para uma determinada via férrea na Índia.

Quadro 4 - Dimensões de dormentes de madeira (Índia)

Bitola	Dimensões (cm)	Área de suporte por dormente (m²)
Larga	275 x 25 x 13	0,4050
Métrica	180 x 20 x 11,5	0,3098
Estreita	150 x 18 x 11,5	0,2090

Fonte: Adaptado de CHANDRA; AGARWAL (2007)

2.3.7 Trilhos

Os trilhos são vigas de aço, de formatos específicos, instaladas paralelamente, em duplo alinhamento, sobre os dormentes, formando a superfície de rolamento dos veículos ferroviários (SOARES, 2016).

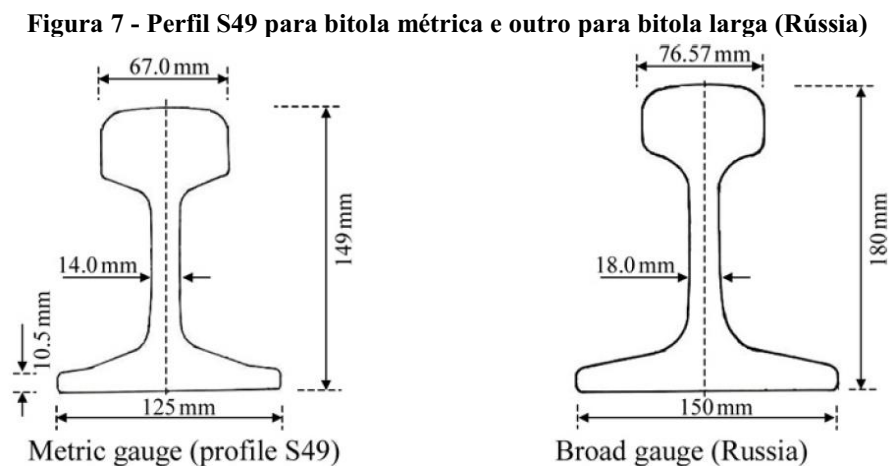
De acordo com Chandra e Agarwal (2007), as principais funções dos trilhos são:

- Proporcionar uma superfície constante e nivelada para a locomoção dos trens.
- Proporcionar um percurso suave e de pouco atrito. O atrito entre a roda de aço e o trilho de aço é de aproximadamente 20% do atrito entre um pneu e uma estrada pavimentada.
- Os trilhos atuam como guias laterais para as rodas dos trens.
- Os trilhos suportam as tensões produzidas devido aos carregamentos verticais transmitidos por meio dos eixos das rodas dos veículos, bem como a frenagem e forças térmicas.
- Transmitem as cargas para maiores áreas do leito, por meio dos dormentes e lastro.

O perfil dos trilhos tem sido objeto de contínuo aperfeiçoamento desde o aparecimento das ferrovias. Atualmente, o perfil consolidado e amplamente utilizado é o perfil de *Vignole*, nome atribuído ao engenheiro que o projetou (PROFILLIDIS, 2014).

O perfil do trilho é constituído pelo boleto, alma e patim (Figura 7 - Perfil S49 para bitola métrica e outro para bitola larga (Rússia)). O boleto é o componente superior e opera como apoio em contato direto com as rodas dos veículos ferroviários. Na parte intermediária do perfil, a alma. E o patim é a parte inferior que se apoia e é fixado no dormente diretamente ou por meio de uma placa de apoio de aço (BRINA, 1979).

A escolha do perfil em um determinado projeto é feita, principalmente, em função da carga de tráfego e o período de vida útil. Contudo, a definição do perfil do trilho também deve levar em consideração parâmetros como velocidade, carga de eixo, tráfego na via, espaçamento dos dormentes e reuso. Outro fator indispensável para a escolha do perfil do trilho é a bitola adotada como critério de projeto. Para uma bitola métrica, com um volume de tráfego médio a alto, é habitual escolher o modelo S49, que apresenta densidade linear de aproximadamente 49,05 kg/m. No entanto, levando-se em consideração a velocidade e carregamento dos eixos, é importante seguir as recomendações da *International Union of Railways* (UIC). Na Rússia há um perfil de trilho específico para bitola larga, que suporta maior carga de eixos em comparação com a bitola padrão (PROFILLIDIS, 2014). A Figura 7 compara as dimensões de boleto, alma e patim do perfil S49 e do utilizado para bitola larga na Rússia.



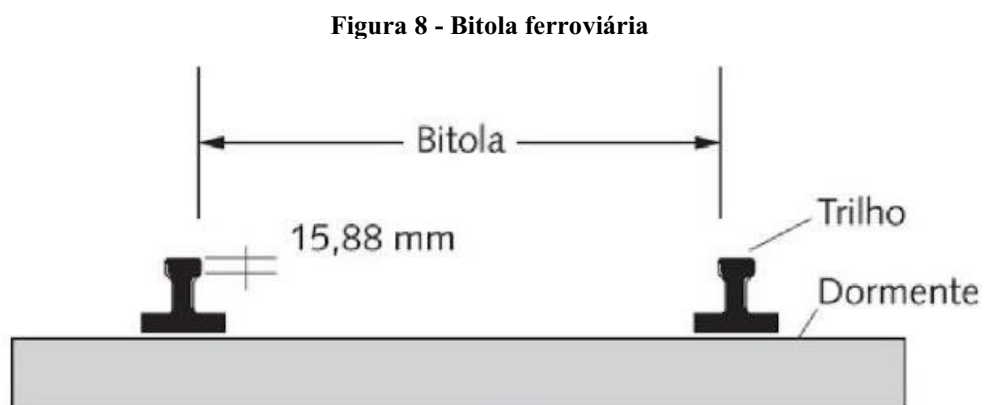
Fonte: PROFILLIDIS (2014)

Por fim, de acordo com Chandra e Agarwal (2007), para se optar pelo perfil de trilho ideal é desejável satisfazer os seguintes requisitos:

- O trilho deve possuir a seção mais econômica aliado a resistência, rigidez e durabilidade.
- Com a finalidade de se obter as tensões de tração e compressão iguais, o centro de gravidade do trilho deve estar muito próximo da altura média do trilho.
- O boleto deve ser suficientemente largo para se obter uma rigidez lateral desejada.
- A alma deve ser espessa o bastante para suportar as tensões.
- O patim deve ter espessura suficiente para suportar as cargas verticais e horizontais, mesmo com a perda por corrosão. Também deve ser largo o suficiente a fim de apresentar estabilidade contra o capotamento.
- O ângulo na parte de inferior do boleto deve garantir transmissão dos carregamentos sem produzir tensões excessivas na alma.
- A altura do trilho deve ser suficiente a fim de proporcionar rigidez e resistência.

2.3.8 Bitola

Trata-se da dimensão ortogonal aos trilhos, paralelo ao plano de rolamento da via, cujas extremidades tocam as faces internas dos boletos e cujo afastamento desse segmento, em relação ao plano de rolamento, é de 15,88 mm (NABAIS, 2014), conforme apresentado na Figura 8.



Fonte: NABAIS (2014)

De maneira geral, as bitolas podem ser divididas em quatro categorias, conforme a Tabela 4.

Tabela 4 - Tipos de bitolas ferroviárias

Bitola	Dimensão (mm)
Larga	De 1.524 a 1.676
<i>Standard</i>	1.435
Métrica	1.000
Estreita	762 e 610

Fonte: Adaptado de RAIL SYSTEM (2015)

Dentre os fatores a serem considerados para a escolha da dimensão da bitola, estão o custo da bitola, a capacidade do tráfego de trens em determinada via, a velocidade dos trens e as características físicas do país (CHANDRA; AGARWAL, 2007).

Primeiro, o custo da via ferroviária é diretamente proporcional à amplitude da bitola. Isto ocorre devido à necessidade de maior obtenção de terra, movimento de terra, dormentes, volume de lastro e outros componentes ligados à construção da via. Ademais, quanto maior a distância da bitola, mais amplos deverão ser as OAEs, como pontes e túneis (CHANDRA; AGARWAL, 2007).

A capacidade do tráfego está relacionada com o tamanho dos vagões e a capacidade de transporte do trem. Teoricamente, quanto mais ampla a bitola, maior a possibilidade de volume de tráfego (CHANDRA; AGARWAL, 2007). Entretanto, esta vantagem é relativa, pois limita-se à capacidade dos vagões e, principalmente, à resistência dos trilhos, mesmo em bitolas mais largas (BRINA, 1979).

Em relação à velocidade, esta é definida em função dos raios e superelevações das curvas, de acordo com a bitola adotada na via. Quanto maior a bitola adotada, maior a velocidade limite nas curvas e, conseqüentemente, maior a velocidade comercial do trem (BRINA, 1979).

Para países com regiões montanhosas, as bitolas menores são mais viáveis devido à maior flexibilidade e possibilidade de compor curvas de menores raios, além de proporcionar menor largura de plataforma e terraplenos (BRINA, 1979).

Ainda sobre os tipos de bitolas, há o método de adição de mais um trilho na via transformando-a em uma linha de bitola mista. Com o uso de dormentes adequados, a bitola mista permite à via admitir duas bitolas distintas, por exemplo, bitola larga e estreita ou bitola larga e *standard* (CURY, 2011).

Por outro lado, as bitolas mistas são mais proveitosas para as linhas de cargas não eletrificadas e de baixa velocidade comercial do que para ferrovias suburbanas. Geralmente os trens de ferrovias suburbanas são alimentados por eletricidade por meio das catenárias. Dessa

forma, estas não estarão centralizadas para os trens de menor bitola e logo aparecerão problemas nos pantógrafos (CURY, 2011).

Além do problema das linhas eletrificadas, devido às plataformas de embarque e desembarque terem sido mensuradas para uma das bitolas, pode haver problemas em relação ao espaço entre trem e plataforma quando a outra bitola estiver em serviço. E ainda, devido à complexidade dos Aparelhos de Mudança de Vias (AMV), existirá um limite de velocidade em segmentos compostos por estes (CURY, 2011).

2.3.9 Material rodante

Trata-se de qualquer veículo ferroviário - de passageiros ou de cargas – que necessitam de um conjunto de componentes e dispositivos para movimentar-se: rodas, eixos, truques, molas, engates e amortecedores (PROFILLIDIS, 2014).

Um dos principais tipos de material rodante é a locomotiva. O único propósito da locomotiva é a tração ou empuxo dos trens, não carregando passageiros ou cargas sobre ela. Atualmente, os principais tipos de fontes de energia têm sido a eletricidade, sendo a locomotiva elétrica e a diesel-elétrica. A primeira extrai energia de um fio aéreo ou terceiro trilho, e utilizam motores elétricos. A segunda possui um motor a diesel que aciona um alternador e gera eletricidade, alimentando os motores de tração que giram as rodas (THE WORLD BANK, 2011).

Há uma variedade de formas de material rodante. Em relação ao transporte de cargas, para cada *design* objetiva-se maior eficiência para a movimentação de determinado tipo de carga (THE WORLD BANK, 2011).

Em razão da maioria das ferrovias do mundo ser em bitola *standard* (1.435 mm), há uma maior disponibilidade de abastecimento de material rodante, manutenção das vias e maquinário para a construção das vias. Em geral, novas linhas seriam mais viáveis se construídas na bitola *standard*, com exceção se as novas linhas forem conectadas a uma malha nacional de bitola diferente (THE WORLD BANK, 2011).

2.4 A malha ferroviária do Brasil

Neste subcapítulo, aborda-se o processo histórico das construções de ferrovias no Brasil e como formou-se o cenário de diferentes bitolas e a falta de integração da malha ferroviária nacional.

2.4.1 O cenário precursor às ferrovias

Com o início das ferrovias, houve uma nova motivação para a engenharia no Brasil, surgindo estímulos econômicos frente a fins predominantemente militares⁵ anteriormente (TELLES, 2011).

Anteriormente ao aparecimento das ferrovias, o transporte terrestre resumia-se em caravanas de mulas, organizadas e conduzidas por tropeiros. Com a mudança econômica devido ao surgimento do ciclo do café, a partir de 1820, e a expansão das lavouras, houve um intenso crescimento da exportação. Embora a produção de café crescesse, perdia-se muitas sacas devido às intensas chuvas e acidentes com os animais⁶. Estimava-se que o custo do transporte, em 1854, incluindo as perdas de animais e mercadorias, resultava em mais de um terço do valor do produto. Deste modo, em razão da crescente produção e das longas distâncias, o café foi o principal responsável⁷ pela necessidade de um transporte melhor, no caso as ferrovias (TELLES, 2011).

Em 1825, inaugurou-se a primeira estrada de ferro do mundo (de Stockton à Darlington) na Inglaterra. Em seguida, em 1828 na Europa continental, e em 1831, nos Estados Unidos surgiram as ferrovias (TELLES, 2011).

Dentre os fatores determinantes para o início da construção das ferrovias no Brasil, consideram-se os transportes terrestres no país no início do século XIX, a evolução econômica brasileira por volta de 1830 e a evolução mundial dos transportes terrestres neste período (TELLES, 2011).

2.4.2 As primeiras ferrovias do Brasil

A primeira tentativa de implementação de uma via férrea no Brasil sucedeu-se em 1835, por meio da promulgação de uma lei pelo então regente Diogo Antônio Feijó (BRINA, 1979). A Lei nº 101, de 31 de outubro de 1835, trata de uma concessão por um período de 40 anos às companhias dispostas a construir vias férreas ligando as capitais Minas Gerais, Bahia, São Paulo e Rio Grande do Sul ao Rio de Janeiro. Entretanto, devido às baixas expectativas em relação ao lucro, o incentivo não obteve êxito (BRASIL, 2016b).

⁵ Cita-se construções de fortificações, edifícios públicos, levantamento estratégicos e demarcações de fronteiras (TELLES, 2011).

⁶ Despencavam de precipícios ou mesmo caíam em lamaçais formados na altura do peito (TELLES, 2011).

⁷ O ouro de Minas Gerais poderia ainda ser transportado por mulas, em consequência da pequena tonelagem movimentada e do alto valor do material. No Nordeste, o transporte da cana-de-açúcar ocorria em pequenas distâncias trilhadas até os portos de exportação (TELLES, 2011).

Houve ainda, em 1840, a concessão ao médico inglês Thomas Cochrane para ligar o Rio de Janeiro a São Paulo por meio de uma via férrea (BRINA, 1979). O privilégio exclusivo ocorreria pelo período de 80 anos, sendo que a construção deveria começar dentro de três anos e estar concluída em até 15 anos. Porém, após tentativas em território nacional e na Europa, Cochrane não obteve capital suficiente para o empreendimento (TELLES, 2011).

Somente mediante a Lei nº 641, de junho de 1852, a qual promovia a garantia de juros de até 5% sobre o capital investido, possibilitou-se a construção das primeiras ferrovias no Brasil. Além disso, a lei isentava as taxas de importação sobre as máquinas, materiais e equipamentos para a construção (TELLES, 2011).

A primeira ferrovia do Brasil foi inaugurada no dia 30 de abril de 1854, intitulada de Estrada de Ferro Mauá. Concebida por Irineu Evangelista de Souza, posteriormente conhecido como barão e visconde de Mauá, o primeiro trecho inaugurado da estrada de ferro partia do Porto de Mauá até a Estação Fragoso, com 14,5 km de extensão e bitola de 1,676 metros (TELLES, 2011).

Discute-se a respeito da procedência desta bitola:

O engenheiro Ademar Benévolo tentou explicar essa estranha bitola lembrando que, alguns anos antes, havia sido decretada na Inglaterra a padronização em uma única bitola de 1,44 m, tornando disponível, a baixo custo, numeroso material rodante das outras bitolas até então usadas. Essa hipótese não é, no entanto, verdadeira, porque, como observa o Dr. Paul E. Waters, nunca houve na Inglaterra a bitola de 1,676 m. Além do mais, o material fornecido para a E. F. Mauá não era certamente de segunda mão. De acordo ainda com o Dr. Waters, a bitola de 1,676 m foi somente empregada na Espanha, o que aliás, não explica nada. Assim, a questão da origem da bitola da E.F. Mauá continua um assunto em aberto (TELLES, 2011, p.28).

Um fato a ser destacado é o tipo de contratos firmados na época. Cita-se o exemplo da Estrada de Ferro D. Pedro II, considerada umas das mais importantes do país, a qual foi inaugurada em 29 de março de 1858 com o trecho inicial partindo da Estação da Corte, no Rio de Janeiro (BRASIL, 2016b).

No processo de negociações e de contratação do empreiteiro para a construção da primeira seção, estabeleceu-se o contrato por preço global de toda a obra, incumbindo-o de projetar, construir e prover os materiais, trilhos e material rodante. Para as estações determinou-se somente que “seriam bem construídas”. No tocante a bitola, embora tenha sido uma dimensão incomum na Inglaterra, propôs-se por parte do empreiteiro a de 1,60 m (TELLES, 2011).

Em decorrência da experiência negativa da contratação por preço global na Primeira Seção, exigiu-se para a construção da Segunda Seção a contratação baseada em preços unitários de serviço. Desse modo, entregou-se aos empreiteiros o projeto detalhado da linha, realizado

previamente por engenheiros da própria companhia e que, após as construções, seriam fiscalizadas pelos mesmos (TELLES, 2011).

A E. F. Dom Pedro II, contudo, apresentou-se como uma ferrovia lucrativa desde a inauguração (TELLES, 2011). Após cerca de três décadas da inauguração, em 1889, a ferrovia transformou-se em um dos eixos de desenvolvimento mais relevantes do país, a Estrada de Ferro Central do Brasil (BRASIL, 2016b).

Ainda com base na Lei nº 641, a qual cedia a garantia de juros, concebeu-se a quinta ferrovia do Brasil, a E. F. Bahia ao São Francisco. Nesta ferrovia foi adotada a bitola de 1,60 m, raio de curva mínima de 400 m e declividade máxima de 1,25% em uma extensão de 123 km (TELLES, 2011).

Já no início das operações da ferrovia houve um déficit. Anos depois, apontou-se como a causa do mau resultado financeiro, além do mau traçado da linha, a escolha da bitola de 1,60 m em desconformidade com a demanda de transporte e com os recursos escassos da região cruzada. Afirmou-se que uma ferrovia de bitola métrica atenderia a necessidade, além de ser mais econômica (TELLES, 2011).

Em suma, entre outras ferrovias construídas, até aproximadamente 1869, foram adotadas as bitolas largas, como apresentando no Quadro 5.

Quadro 5 - As primeiras ferrovias do Brasil

Via Férrea	Data de Inauguração	Bitola (m)
E. F. Mauá ¹	30/04/1854	1,68
E. F. Recife ao São Francisco	08/02/1858	1,60
E. F. D. Pedro II	29/03/1858	1,60
E. F. Cantagalo ¹	22/04/1860	1,60
E. F. Bahia ao São Francisco	28/06/1860	1,60
Santos a Jundiaí	16/02/1867	1,60
Companhia Paulista	11/08/1872	1,60 ¹

Fonte: BRASIL (2016b); TELLES (2011)¹

2.4.3 Discussões técnicas sobre bitolas no século XIX

Em geral, as primeiras ferrovias foram construídas por estrangeiros, especialmente engenheiros e empreiteiros ingleses. Contudo, é desconhecida a motivação destes para a proposta da bitola de 1,60 m, visto que não era uma dimensão comum na Inglaterra, tampouco pensava-se na integração dessas vias construídas em diferentes regiões do Brasil (TELLES, 2011).

Menciona-se uma hipótese descrita pelo engenheiro José Castro Santos para essa escolha:

Um marajá ou outro potentado qualquer da Índia teria encomendado aos ingleses, por essa época, uma estrada de ferro com vultuoso material rodante e para a qual a bitola seria de 1,60 m. Depois, desistiu da estrada e o material ficou disponível, tendo sido adquirido por preço de ocasião pelos vários empreiteiros ingleses que vieram trabalhar no Brasil. Daí, terem todos adotado essa mesma bitola (TELLES, 2011, p. 33).

No entanto, de acordo Telles (2011, p. 33), observa-se ainda a possibilidade de “que essa bitola nada mais fosse do que o resultado do aproveitamento do material tornado disponível com a unificação das bitolas na Inglaterra”.

Por volta do período de 1869 a 1873, contudo, iniciaram-se as discussões técnicas e econômicas sobre as estradas de ferro. Até então, não havia muito o que discutir pelo desconhecimento do tema. Com as experiências das primeiras vias férreas, entretanto, destacando-se os defeitos que surgiram, os prejuízos financeiros resultantes e a exploração e o desperdício de dinheiro de alguns empreiteiros estrangeiros, impulsionou-se a discussão sobre estes assuntos. Deste modo, dois tópicos tornaram-se principais alvos de debate: a definição do planejamento financeiro, incluindo-se tarifas, tempo de concessão e resgate pelo governo; e a escolha da bitola mais adequada (TELLES, 2011).

Em relação ao planejamento financeiro, houve críticas à Lei nº 641, de junho de 1852, a qual obrigava o governo a garantir a diferença entre a receita da estrada e algum percentual – 5% a 7% - do capital investido. Assim com a lei, impulsionou-se as construções das vias férreas, contudo, favoreceu-se a ineficiência devido ao lucro garantido. Ademais, beneficiou-se muitas ferrovias com um alto custo em razão de estudos malfeitos, traçados ineficientes ou empreiteiros insuficientemente detalhistas. Em contrapartida, defendida por muitos, como o engenheiro André Rebouças, o estímulo foi necessário pelo fato de o Brasil ser desconhecido e pela escassez de capitais. Além disso, os capitais não viriam de outra maneira do exterior. Ademais, defendeu-se ainda que as principais explorações não ocorreram devido ao sistema em si, mas na negligência do governo em exigir a apresentação dos projetos previamente e em supervisionar o custo das obras (TELLES, 2011).

No tocante à escolha da bitola mais adequada, surgiram dois grupos que introduziram diversos estudos e artigos sobre as bitolas, um grupo em prol da bitola larga e o outro em prol da bitola estreita. Para os defensores da bitola larga, priorizava-se uma visão de longo prazo, considerando que uma aplicação inicial de maior capital resultaria em maior vantagem em capacidade de carga, além de uma melhor perspectiva para o aumento de fluxo e conforto para

os passageiros. No entanto, outro grupo de especialistas defendiam que a estreita viabilizaria uma alta quilometragem a ser construída com os recursos financeiros limitados do país, considerada a alternativa mais econômica. Além disso, considerou-se ainda o pequeno carregamento a ser transportado e, em geral, os relevos acidentados (TELLES, 2011).

Favoreceu-se a bitola estreita por ser mais econômica. O tópico mais preocupante, contudo, foi a melhor solução em relação às ampliações das vias já existentes em bitola larga. Para a E. F. D. Pedro II, decidiu-se “quebrar a bitola” criando pontos de baldeação, prolongando-a em bitola estreita a partir da Estação Conselheiro Lafaiete. Entretanto, apesar de ser uma construção mais econômica, posteriormente, reconheceu-se até pelos defensores da bitola estreita que o prolongamento dessas estradas de ferro em bitola estreita seria um erro. Conseqüentemente, determinou-se no Primeiro Congresso de Estrada de Ferro do Brasil, em 1882, que a bitola larga seria utilizada somente nos prolongamentos da E.F. Pedro II e da Cia. Paulista (TELLES, 2011).

2.4.4 A expansão da bitola estreita no Brasil

A construção de ferrovias no Brasil com bitolas estreitas e métricas iniciaram-se no ano de 1869. Na União Valenciana foi construída uma ferrovia com bitola de 1,10 m, com 64 km de extensão e de interesse local. Passando por Valença (RJ), a estrada de ferro partia de Desengano, na E. F. D. Pedro II, até Rio Preto. Considerou-se como umas das vias férreas de menor custo, sendo de 26,5 contos por quilômetro, incluindo-se as oficinas e material rodante (TELLES, 2011).

Em 24 de setembro de 1873 promulgou-se a Lei 2.450, tratando-se da subvenção quilométrica em relação ao capital investido em construções de vias férreas (ANTF, 2019). Com o propósito de sanar os altos custos provenientes da lei da garantia de juros, a lei de subvenção quilométrica consistia no pagamento de uma quantia de 30 contos para cada quilômetro de via férrea construída. Deste modo, incentivou-se a construção de maior extensão linear com o menor custo possível. Atribuiu-se à lei da subvenção quilométrica o principal motivo para a expansão das ferrovias de bitolas estreitas, especialmente da bitola métrica, devido ao menor custo relativo (TELLES, 2011).

Outras ferrovias construídas com bitolas estreitas e métricas são apresentadas no Quadro 6.

Quadro 6 - Ferrovias de bitola estreita no século XIX

Ferrovia	Ano de Inauguração	Bitola (m)
Ituana	1873	0,960
Companhia Mogiana	1875 ¹	1,000
Companhia Sorocabana	1875 ¹	1,000
Macaé - Campos	1875	0,956
Central da Bahia	1876 ¹	1,067
Barão de Araruama	1879/81	0,950
Oeste de Minas	1880/81	0,760
Paranaguá a Curitiba	1883 ¹	1,000
Vassourense	1883	0,600
Porto Alegre a Novo Hamburgo	1884	1,000
Dona Tereza Cristina	1884 ¹	1,000

Fonte: BRASIL (2016b) ¹; TELLES (2011)

Grande parte das vias férreas em bitola estreita foram construídas para atender a interesses locais. Não houve, portanto, necessariamente razão econômica para a construção. Além disso, com base em um levantamento realizado em 1884, existiam 32 vias férreas com menos de 100 km de comprimento e 4 com extensão menor do que 10 km. As ferrovias e ramais eram o único meio de transporte terrestre moderno e o mais seguro da época, portanto justificou-se sua construção mesmo com baixo tráfego e sem expectativa de expansão (TELLES, 2011).

Embora houvessem ferrovias construídas de maneira apropriada e que apresentassem excelentes resultados, um ponto crítico em relação à condição técnica de algumas ferrovias construídas, com base na preocupação do custo inicial da lei de subvenção quilométrica, foi o consentimento de curvas de raio de 70 m e rampas com inclinação superior a 3%. As chamadas “estradas econômicas” da época resultaram em despesas onerosas de manutenção devido ao alto desgaste dos trilhos e material rodante, apresentando apenas o custo inicial baixo (TELLES, 2011).

Após diversas ferrovias construídas, em 1889, ao fim do Império, já haviam oito bitolas distintas, distribuídas em 9.572 km, conforme o Quadro 7.

Quadro 7 - Extensão das diferentes bitolas no Brasil Império

Bitola (m)	Extensão (km)
1,60	1.361
1,40	13
1,20	23
1,10	247
1,00	7.351
0,95	251
0,76	6

Fonte: TELLES (2011)

Além da construção de novas ferrovias em diversas bitolas, como apresentado no Quadro 7, houve modificações e prolongamentos de outras. A E. F. Mauá, anteriormente

construída em bitola de 1,68 m, foi reduzida para a bitola de 1,0 m. Ocorreu-se o mesmo para outras 2 estradas de ferro a princípio em bitolas de 0,9555 m e 1,57 m. Desta maneira, até o fim do Império, atingiu-se ao menos onze variedades de bitolas ferroviárias (TELLES, 2011).

Ao longo do crescimento das ferrovias no Brasil, acentuou-se progressivamente a dificuldade de integração, em razão da diversidade das bitolas. Além disso, salienta-se a posição de trechos dispersos e ilhados. Este foi o princípio de entraves que perduram na atualidade.

2.4.5 As ferrovias na primeira metade do século XX

O período da primeira metade do século XX foi marcado por um progresso inconstante das ferrovias no Brasil. Desta maneira, sucederam-se fases de movimentação intensiva e fases muito próximas da estagnação (TELLES, 2011).

Em 1900, a malha ferroviária brasileira alcançou 15.316 km. Por volta de 1919, atingiu-se cerca de 28.128 km de ferrovias. Dentre os estados do Brasil, destaca-se o estado de São Paulo, com 18 ferrovias, possuindo a maior expansão. Essa expansão resultou em um enorme desenvolvimento no setor industrial e agrícola no estado (SOUZA, 2019).

Apesar do crescimento das vias férreas no período, houveram épocas muito próximas da total paralisação das atividades (TELLES, 2011). Alguns eventos que contribuíram para uma redução no ritmo das construções das estradas ferro no Brasil são apresentados conforme o Quadro 8.

Quadro 8 - Eventos contribuintes para a redução das obras ferroviárias na primeira metade do Século XX

Período	Evento	Consequências
1914	1ª Guerra Mundial	Crise no comércio e dificuldade de importações devido ao alto preço e escassez de produtos e carvão mineral ⁸ .
1929	A Crise de 1929	Suspensão de todas as construções devido a retração de capitais em todo o mundo; diminuição das receitas em razão do menor movimento na ferrovias; dificuldades na importação. ⁹
1930	Revolução de 1930	Manteve-se a suspensão das construções
1939 - 1945	2ª Guerra Mundial	Intensa atividade de transporte ¹⁰ e falta de reposição de materiais desgastados das ferrovias. Posteriormente, ferrovias e material rodante deteriorados e concorrência com as construções de rodovias.

Fonte: Adaptado de TELLES (2011)

O declínio das atividades cafeeiras no Vale do Paraíba, principal gerador de cargas volumosas e pela maior receita das estradas de ferro no passado, somado às dificuldades

8 Único combustível utilizado nas locomotivas na época

9 Naquela época importava-se praticamente tudo, até mesmo o combustível.

10 Devido ao racionamento de gasolina, outros meios de transporte como as rodovias e navegações permaneceram reduzidos.

generalizadas do Brasil da época, ocasionou em problemas financeiros para pequenas ferrovias, as quais foram absorvidas pela Central do Brasil (TELLES, 2011).

No final da década de 1930, no decorrer do primeiro governo de Getúlio Vargas, iniciou-se o processo de encampação de ferrovias em má condição financeira, incluindo-se companhias de capital estrangeiro e nacional. Deste modo, incorporaram-se diversas ferrovias ao patrimônio da União, atribuindo-se o gerenciamento à Inspeção Federal de Estradas (IFE), responsável pela administração de ferrovias e rodovias federais. A encampação teve a finalidade de impedir o súbito declínio do tráfego, evitar o desemprego, proporcionar o desenvolvimento operacional e a restauração de vias e material rodante (BRASIL, 2016b).

No entanto, devido à falta de planejamento do governo, houve um enfraquecimento das vias férreas, resultando no declínio do plano de ampliação das ferrovias, construindo-se entre 1940 e 1948 somente 1.371 km (SOUZA, 2019).

2.4.6 A segunda metade do século XX

Em 1950, a malha ferroviária do Brasil totalizava 36.700 km. Já em 1958, alcançou-se o ápice na extensão total das ferrovias, com 38.967 km. Em relação ao material rodante, havia um somatório de 4.011 locomotivas, sendo predominantemente movidas a vapor e algumas possuindo cerca de 70 anos de atividade (TELLES, 2011).

Em 1957, inaugurou-se a Estrada de Ferro Amapá, a única no Brasil na bitola internacional, de 1.435 mm. Propôs-se com a ferrovia o transporte de manganês na Serra do Navio, no território e atual estado do Amapá (ANTF, 2019).

Em 16 de março de 1957, promulgou-se a Lei 3.115, a qual criou-se a Rede Ferroviária Federal S. A. (RFFSA). Objetivou-se com isto, o desenvolvimento do tráfego das ferrovias da União, além de gerenciar, explorar, manter, reequipar e expandir. As vias percorriam as regiões Centro-Oeste, Nordeste, Sudeste e Sul (BRASIL, 2016b).

De imediato, incorporou-se 18 ferrovias à RFFSA e, depois, anexou-se mais 4. Havia um quadro de funcionários exagerado em relação as toneladas de carga movimentadas, considerando-se ainda o grande número de ferrovias deficitárias e material rodante em péssimas condições. Posteriormente, extinguiu-se completamente sete delas: Bahia a Minas, Bragança, Central do Piauí, Ilhéus, Madeira – Mamoré, Nazaré e Santa Catarina; e anexou-se três ferrovias às outras: Mossoró a Souza, Sampaio Correa e Goiás. Em outras linhas ferroviárias, inativou-se e eliminou-se milhares de quilômetros. Além disso, alargou-se para a bitola métrica alguns trechos construídos anteriormente em bitolas menores (TELLES, 2011).

Na década de 1960, embora o transporte inclinava-se constantemente para o sistema rodoviário, intensificou-se agressivamente com o início da grande indústria automobilística no Brasil. Além disso, simultaneamente, contribuiu-se a isto a construção de diversas obras rodoviárias. Deste modo, de 51% de cargas transportadas em 1950 pelas ferrovias, reduziu-se para uma faixa 20% a 26% nas décadas de 1970, 1980 e 1990 (TELLES, 2011).

Em 1964, ao longo da ditadura militar no Brasil, iniciou-se o “plano de erradicação de trechos deficitários”. Deste modo, reduziu-se a extensão das vias férreas como nunca antes, decrescendo para 29.184 km (FTC, 2021).

Sendo a diversidade de bitolas um entrave histórico no Brasil, em 1970, formou-se pelo Ministério de Transportes uma comissão com a finalidade de analisar o cenário para unificação de bitolas. Deste modo, para as novas obras ferroviárias orientou-se construir em bitola larga (TELLES, 2011).

Em conformidade com a Lei nº 10.410/SP, em novembro de 1971, criou-se a Ferrovia Paulista S. A. - FEPASA, unindo as cinco ferrovias de propriedade do Governo do Estado de São Paulo em uma companhia, com aproximadamente 5.000 km de ferrovias para gerenciamento. Dentre as ferrovias, unificou-se a Companhia Paulista de Estradas de Ferro, Estrada de Ferro Sorocabana, Estradas de Ferro Araraquara, Companhia Mogiana de Estrada de Ferro e Estrada de Ferro São Paulo–Minas (BRASIL, 2016b).

2.4.7 A privatização das ferrovias brasileiras

No período de 1980 a 1992, os investimentos relativos as malhas ferroviárias da Ferrovia Paulista S. A. (FEPASA) e a Rede Ferroviária Federal S. A. (RFFSA) declinaram-se significativamente, atingindo-se na RFFSA, em 1989, 19% do valor investido na década de 1980. Deste modo, em 1984, não houve perspectivas de geração de receita suficiente para cobrir as dívidas contraídas. Além disso, devido as deteriorações presentes na infra e superestrutura dos principais trechos em bitola métrica, apresentava-se na empresa um latente desequilíbrio técnico-operacional que resultou em significativa perda de mercado para o transporte rodoviário (BRASIL, 2016b).

Dentre os entraves enfrentados pela RFFSA destacava-se o excesso de regulamentação e de burocracia, além da falta de autonomia na aplicação de recursos. O ônus gradativo o qual o saldo devedor da RFFSA refletia no orçamento da União motivou o governo a analisar a alternativa de concessão das ferrovias ao setor privado. (TELLES, 2011).

Editou-se a Lei nº 8.031/1990, bem como suas alterações posteriores, instituindo-se assim o Plano Nacional de Desestatização – PND (DNIT, 2016). Por meio do PND, o Governo Federal objetivou a melhoria dos serviços e mais investimento no setor (FTC, 2021).

Incluiu-se a RFFSA no PND por meio do Decreto nº 473 em 10 de março de 1992. Desta maneira, realizou-se o processo de desestatização da RFFSA com base na Lei nº 8.987/95 – Lei das Concessões, estabelecendo-se os direitos e obrigações de ambas as partes (BRASIL, 2016B).

A princípio, fragmentou-se a RFFSA em seis malhas regionais. Assim, a partir de março de 1996, leiloou-se separadamente as malhas ferroviárias (TELLES, 2011), conforme a Quadro 9.

Quadro 9 - As malhas ferroviárias desestatizadas da RFFSA

Malhas Regionais	Bitola	Data do Leilão	Concessionárias	Início das Operações	Extensão (km)
Oeste	Métrica	05/03/1996	Ferrovias Novoeste S.A.	01/07/1996	1.621
Centro-Leste	Métrica	14/06/1996	Ferrovias Centro Atlântica – FCA	01/09/1996	7.080
Sudeste	Larga	20/06/1996	MRS Logística S.A.	01/12/1996	1.674
Tereza Cristina	Métrica	22/11/1996	Ferrovias Tereza Cristina S. A.	01/02/1997	164
Nordeste	Métrica	18/07/1997	Companhia Ferroviária do Nordeste (FCN)	01/01/1998	4.534
Sul	Larga	13/12/1998	Ferrovias Sul Atlântica S.A. – FSA ¹¹	01/03/1998	6.586
TOTAL					25.895

Fonte: TELLES (2011); BRASIL, (2016b)

Em 28 de junho de 1997, outorgou-se a concessão da Estrada de Ferro Carajás e Estrada de Ferro Vitória a Minas à Companhia Vale do Rio Doce (DNIT, 2016).

Com base no Decreto nº 2.502, em 18 de fevereiro de 1998, incorporou-se a FEPASA à RFFSA. Posteriormente, em 10 de novembro de 1998, leiloou-se a Malha Paulista, obtendo a concessão desta a Ferrovias dos Bandeirantes S.A., portanto, finalizando-se o processo de desestatização da RFFSA. (DNIT, 2016).

Em dezembro de 1999, liquidou-se a RFFSA com base no Decreto federal nº 3.211. Embora, ocorreu-se a extinção formal por uma medida provisória do Governo Federal somente em janeiro de 2007 (TELLES, 2011).)

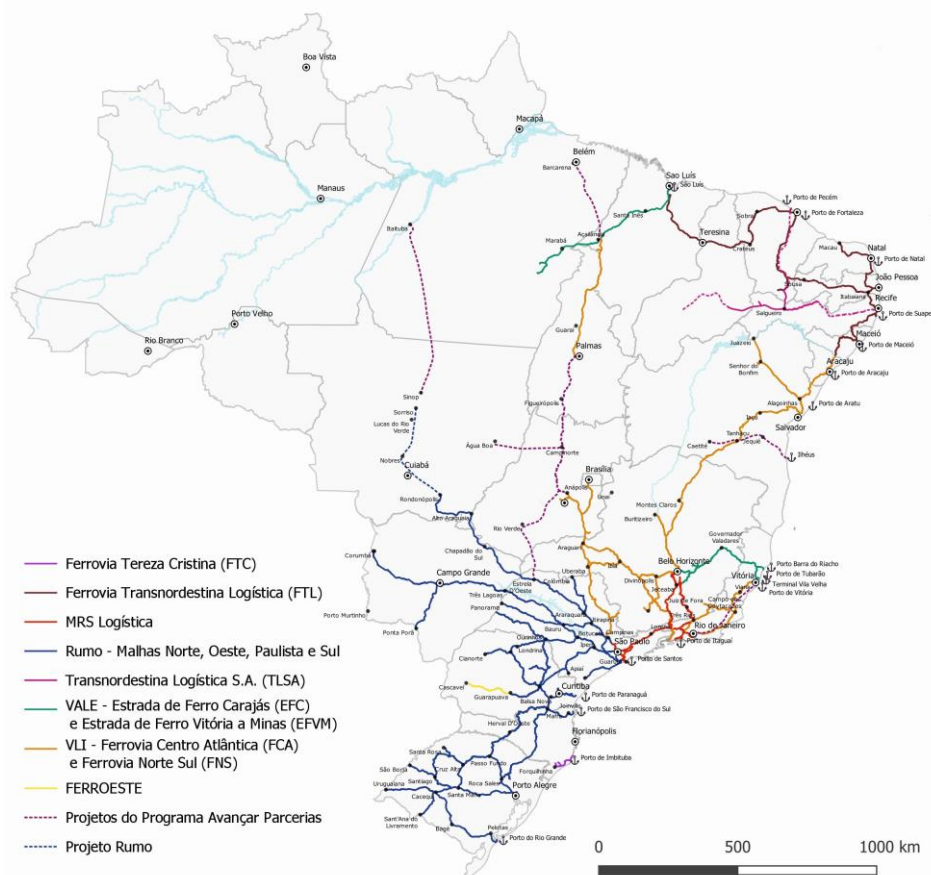
2.4.8 O cenário atual da malha ferroviária do Brasil

A partir do ano 2000, houve investimentos para o novo sistema ferroviário concessionado, destacando-se a ampliação de pátios de manobras, o aumento da capacidade de suporte da via permanente, aquisição de novo material rodante e terminais de integração. Deste modo, caracterizou-se o aumento da oferta do sistema e a assunção do serviço logístico (MARCHETTI; VILLAR, 2007).

Em relação a participação das ferrovias na matriz do transporte de cargas, o que havia atingido um valor ínfimo de 10% na década de 1990, elevou-se para 20% em 2001 e alcançou-se uma parcela de 27% em 2008. No presente, há uma participação de cerca de 20,7%. Embora, houve um crescimento significativo nas últimas décadas, apresenta-se ainda valores baixos comparando-se a países de grande extensão territorial (TELLES, 2011; CNT, 2020).

Atualmente, as malhas ferroviárias brasileiras concessionadas, apresentam-se mapeadas de como na Figura 9.

Figura 9 - A malha ferroviária atual



Fonte: ANTF (2019c)

Constata-se ainda no sistema atual o mesmo caráter histórico do transporte ferroviário brasileiro, linhas dispersas e predominantemente destinadas ao escoamento para a exportação. Além disso, identifica-se uma maior densidade na região Sudeste e Sul em relação a outras regiões do país.

No Quadro 10, apresenta-se os bens transportados nas malhas concessionadas.

Quadro 10 - Bens transportados nas malhas concessionadas

Concessão Ferroviária	Principal Carga Movimentada
EFC – Estrada de Ferro Carajás	Minério de ferro
EFPO – Estrada de Ferro Paraná Oeste	Soja, cimento acondicionado e milho
EFVM – Estrada de Ferro Vitória a Minas	Minério de Ferro e Carvão Mineral
FCA – Ferrovia Centro-Atlântica	Minério de ferro, soja, açúcar e milho
FTC – Ferrovia Tereza Cristina	Carvão Mineral e Contêineres
FNSTN – Ferrovia Norte Sul - Tramo Norte	Soja, milho, celulose e óleo diesel
FTL – Ferrovia Transnordestina Logística	Cimento acondicionado, óleo diesel, gasolina, produtos siderúrgicos (bobina)
FNSTC – Ferrovia Norte Sul – Tramo Central	<i>Ainda não encontra-se em operação comercial</i>
MRS Logística	Minério de ferro, açúcar e produtos siderúrgicos
RMS – Rumo Malha Sul	Soja, açúcar, milho e óleo diesel
RMN – Rumo Malha Norte	Milho, soja, farelo de soja e álcool
RMO – Rumo Malha Oeste	Minério de Ferro, celulose e manganês
RMP – Rumo Malha Paulista	Açúcar, óleo diesel, gasolina e contêineres

Fonte: Adaptado de CNT (2017)

2.4.9 As bitolas ferroviárias no Brasil no cenário atual

Parte dos gargalos constatados nas linhas ferroviárias do Brasil são frutos da evolução histórica de construção das ferrovias. Dentre estes, salienta-se a heterogeneidade de bitolas (CNT, 2013).

Atualmente a rede ferroviária brasileira, de carga e passageiros, é composta de linhas de bitola métrica (1,00 m), bitola larga (1,60 m), bitola mista (1,00 m e 1,60 m) e bitola standard (1,435 m) (CURY, 2011).

O Quadro 11, apresenta as bitolas do Brasil em relação às concessionárias.

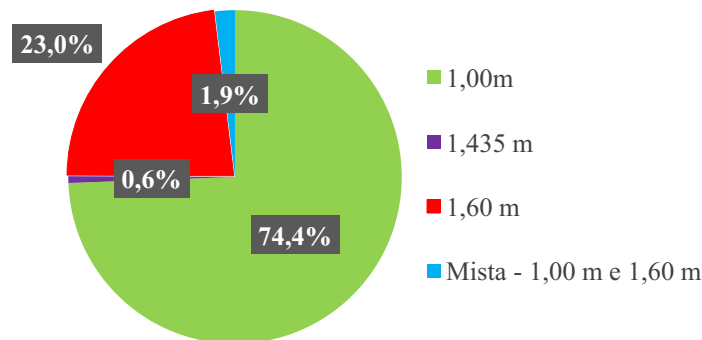
Quadro 11 – Bitolas em relação as malhas concessionadas no Brasil

Operadoras Reguladas pela ANTT	Bitola			Extensão da Malha em relação ao Brasil
	1,00 m	1,60 m	Mista	
Estrada de Ferro Carajás	-	100%	-	3,4%
Estrada de Ferro Paraná Oeste	100%	-	-	0,9%
Estrada de Ferro Vitória a Minas	97,6%	-	2,4%	3,1%
Ferrovias Centro-Atlântica	98,2%	-	1,8%	24,8%
Ferrovias Tereza Cristina	100%	-	-	0,6%
Ferrovias Norte Sul – Tramo Norte	-	100%	-	2,6%
Ferrovias Transnordestina Logística	99,5%	-	0,5%	14,8%
Ferrovias Norte Sul – Tramo Central	-	100%	-	2,9%
MRS Logística	-	95,7%	4,3%	5,7%
Rumo Malha Sul	100%	-	-	24,8%
Rumo Malha Norte	-	100%	-	2,5%
Rumo Malha Oeste	100%	-	-	6,8%
Rumo Malha Paulista	11,8%	75,1%	13,1%	7,1%

Fonte: Adaptado de CNT (2017)

Há também a Estrada de Ferro Trombetas, de 35 km na bitola métrica; A Estrada de Ferro Jari, de 68 km e bitola larga (1,60 m); e a Estrada de Ferro Amapá, de 194 km e bitola standard (1,435 m) (CURY, 2011).

No geral, as proporções das bitolas ferroviárias presentes no Brasil encontram-se conforme o Gráfico 3.

Gráfico 3 - Distribuição das bitolas no Brasil atualmente

Fonte: Desenvolvido pelo autor com dados de (CNT, 2017)

Por tratar-se de linhas ferroviárias industriais isoladas, as ferrovias E. F. Trombetas, E. F. Jari e E. F. Amapá não são consideradas no desenvolvimento deste trabalho. Desta maneira, discute-se somente as ferrovias de carga de operadoras reguladas pela Agência Nacional de Transportes Terrestres - ANTT.

2.5 As bitolas ferroviárias no cenário internacional

Devido a história de cada país e outros fatores, há uma diversidade de bitolas ferroviárias utilizadas no mundo (CHANDRA; AGARWAL, 2007).

A princípio, há a predominância da bitola de 1.435 mm (*standard*) ao redor do mundo. No entanto, há uma variedade de bitolas dispersas no globo, e que estão inseridas entre as classificações de estreita, métrica e larga. No Brasil, como apresentado no Gráfico 3, predomina-se a bitola métrica, e em seguida a bitola larga de 1600 mm.

Assim como o Brasil, há alguns países em que ainda não há uma padronização das vias férreas devido à grande proporção de vias divididas em diferentes bitolas. Por outro lado, há países em que a malha ferroviária encontra-se quase totalmente compatibilizada. Neste capítulo, abordou-se o cenário internacional das bitolas ferroviárias, tratando-se tanto do processo de padronização das bitolas de alguns países, bem como o cenário atual de outros países com bitolas não compatibilizadas.

2.5.1 As bitolas ferroviárias na Grã-Bretanha

A Grã-Bretanha foi a primeira região a desenvolver ferrovias modernas. Deste modo, devido aos eventos ocorridos nesta região, houve um impacto em escala global. Inicialmente uma variedade de bitolas ferroviárias foram utilizadas nas ferrovias pioneiras, construídas nos distritos de mineração no final do século XVIII, inclusive a bitola de 1.422 mm (PUFFERT, 2001).

Após diversos experimentos com locomotivas a vapor durante a década de 1810, o engenheiro mecânico George Stephenson foi convidado a construir duas importantes linhas ferroviárias na Inglaterra, que juntas introduziriam uma nova era de construções e práticas operacionais: as linhas de Stockton a Darlington, inaugurada em 1825, e de Liverpool a Manchester, inaugurada em 1830. A linha de Liverpool a Manchester foi a primeira ferrovia projetada para locomotivas a vapor, além de a primeira a ser destinada ao transporte comercial e de passageiros. Ademais, diferentemente das ferrovias anteriores construídas em bitola de 1422 mm, foi adicionado 13 mm por Stephenson, adotando-se a bitola de 1435 mm para permitir maior espaço entre os trilhos e os flanges das rodas (PUFFERT, 2001).

Não houve uma atenção a questão da bitola ideal por parte de Stephenson, apenas seguiu-se uma bitola precedente. De acordo com um relato do filho de George Stephenson à comissão parlamentar, não houve proposta de bitola, ao invés, adotou-se o que já antes era utilizado na região de George. Ademais, segundo o biógrafo e amigo de Stephenson, Samuel

Smiles: essa bitola “não foi fixada após nenhuma teoria científica, mas adotada simplesmente porque o uso já tinha sido estabelecido” (PUFFERT, 2001).

A partir do envolvimento de Stephenson na construção da linha de Liverpool a Manchester, de maneira ocasional, houve retornos positivos na escolha da bitola. Primeiramente, adotou-se a mesma bitola para ramificações da linha em direção ao leste, em Yorkshire, e ao sul, em Birmingham e Londres. Posteriormente, a bitola foi difundida porque Stephenson continuou a utilizá-las junto a outros companheiros, porque adotou-se a bitola como uma prática padrão por outros engenheiros, além de haver brevemente uma especificação desta bitola como um elemento para autorização de novas ferrovias nos atos parlamentares (PUFFERT, 2001).

Houve também esforços para a construção de ferrovias de bitolas largas na Grã-Bretanha. A Great Western Railway (GWR) foi construída pelo engenheiro Isambard Kingdom Brunel em bitola de 2.140 mm (7' ¼"). Para Brunel, acreditou-se que a bitola larga resultaria em maior velocidade e conforto, o que foi provado pelo sucesso da ligação de Paddington ao sudoeste da Inglaterra (NETWORK RAIL, 2021).

Defendeu-se, além disto, que a GWR formaria um sistema ferroviário autônomo livre de quebras de bitolas, havendo pouco necessidade de trocas com tráfegos externos. Contudo, isto foi interpretado por muitos como uma tentativa de uso da bitola para monopolizar o fluxo da região. Além disto, provou-se o contrário do que Brunel defendia em relação as quebras de bitola, pois isto não somente foi considerado uma complicação em 1945, resultando em uma investigação parlamentar e em restrições à dispersão da bitola além da GWR, bem como tornou-se oneroso o sistema, em transbordos e perda de tráfego (PUFFERT, 2001).

Embora houve o crescimento da GWR, englobando trechos em bitolas de Stephenson além do limite inicial, contornou-se o problema de incompatibilidade utilizando bitolas mistas, assim atendendo as duas bitolas. Posteriormente, de 1868 a 1892, converteu-se progressivamente a GWR na bitola ferroviária de Stephenson (PUFFERT, 2001).

Na Grã-Bretanha, embora demonstrou-se uma superioridade técnica em relação a bitola larga, priorizou-se a bitola de Stephenson por motivos de padronização. Destaca-se ainda a solução adotada para a compatibilização e conversão das bitolas, utilizando bitolas mistas.

2.5.2 As bitolas ferroviárias na Europa continental

No decorrer de meados de 1830 até o final da década, adotou-se a bitola ferroviária de Stephenson na Bélgica, França e Áustria, além de diversos estados germânicos e italianos

independentes. A bitola foi introduzida pelo próprio Stephenson, companheiros e outros engenheiros nos países. Ademais, em outros lugares, a bitola foi aceita como um recurso de melhor prática ou simplesmente adequou-se as vias às locomotivas britânicas. Embora esta influência foi limitante à diversidade de bitolas que poderia desenvolver-se, há poucas evidências de que a escolha desta bitola foi inicialmente motivada por um interesse de desenvolvimento de uma malha ferroviária integrada no continente (PUFFERT, 2001).

Ao longo do final da década de 1830 ao final da década de 1840, o desinteresse por uma padronização entre os países é evidente quando houve a adoção de bitolas largas em alguns países (PUFFERT, 2001), conforme a Tabela 5.

Tabela 5 - Adoção de bitolas largas em países da Europa no século XIX

Países	Bitola adotada (mm)
Países Baixos	1.945
Grão-Ducado de Baden (Alemanha)	1.600
Rússia	1.524 ¹²
Espanha	1.672

Fonte: Adaptado de PUFFERT (2001)

Com exceção da Rússia, a perspectiva dos engenheiros contratados por estes governos que optaram por tais bitolas ferroviárias foi de introduzir uma tecnologia ferroviária mais desenvolvida. Contudo, não houve uma previsão nestes países de que o transporte ferroviário logo substituiria o transporte aquaviário no comércio internacional, salvo o Grão-Ducado de Baden o qual empenhou-se na adoção da mesma bitola pelos países vizinhos (PUFFERT, 2001).

Posteriormente, houve resultados negativos em relação a essas escolhas de bitolas. Devido ao sistema bem desenvolvido da Bélgica, as conexões desta com linhas em comum à Alemanha e o crescimento da malha belga próximo as fronteiras, os Países Baixos viram-se ameaçado pela probabilidade de desvio do comércio interno dos próprios centros comerciais, pois este já havia perdido o comércio de entrepostos para a Bélgica. No início de 1850, converteu-se as bitolas ferroviárias dos Países Baixos devido ao interesse da Prússia em uma conexão de via em comum com Amsterdam e Rotterdam. Ademais, nos estados vizinhos à Baden foi adotada a bitola de Stephenson, e entre 1854 e 1855 em Baden, converteu-se as vias ferroviárias ao iniciar uma nova série de construções (PUFFERT, 2001).

No que se refere as bitolas ferroviárias na Rússia e Espanha, estas permanecem atualmente. Até que houvesse um crescimento nas redes de bitola comum, além do aumento dos custos de conversão, houve pouca troca de tráfego destes países periféricos com o centro

¹² Posteriormente redefinida para 1.520 mm

da Europa. Além disso, até a inserção da Espanha e de Portugal na economia da União Europeia, pouco importava-se com a escolha da bitola. Embora foi impedida a conversão devido a um custo de aproximadamente US\$ 5 bilhões, adotou-se a instalação de dormentes pré-fabricados de concreto e de bitola dupla durante as rotinas de manutenção da via, visando a redução do custo futuro esperado. Ademais, adotou-se na Espanha a bitola de Stephenson para trens de alta velocidade, em benefício de uma futura ligação com o *Train à Grande Vitesse*¹³ da França (PUFFERT, 2001).

Além das desvantagens apresentadas de uma malha ferroviária de bitolas não padronizadas, na Europa continental apresenta-se exemplos de soluções para uma progressiva padronização reduzindo-se o custo, como o caso da Espanha.

2.5.3 As bitolas ferroviárias na Rússia

Em 2006, foi descartado pelo governo qualquer possibilidade de conversão dos 90.000 km de vias férreas construídas em bitola larga, de 1.520 mm, para a bitola *standard*, utilizada na Europa, a oeste, e na China, a sudoeste. Assim, decidiu-se em prosseguir com um investimento massivo na modernização e ampliação da malha ferroviária (AFRICON *et al*, 2009).

No final de 2006, realizou-se um fórum de negócios ferroviários no Cazaquistão, envolvendo todos os Estados da ex-União Soviética. Deste modo, concluiu-se que a bitola de 1.520 mm seria o impulso para a consolidação da união das operadoras ferroviárias da Comunidade dos Estados Independentes (CEI) e dos Estados Bálticos, permitindo trabalharem juntos em rotas importantes, em sistemas de Tecnologia da Informação comuns e na superação de problemas de fronteira. Devido a isto, distanciou-se com efeito – ao menos por enquanto – a proposta do Cazaquistão em desenvolver uma conexão terrestre em bitola *standard* entre a China e o Irã (AFRICON *et al*, 2009).

2.5.4 As bitolas ferroviárias nos Estados Unidos da América

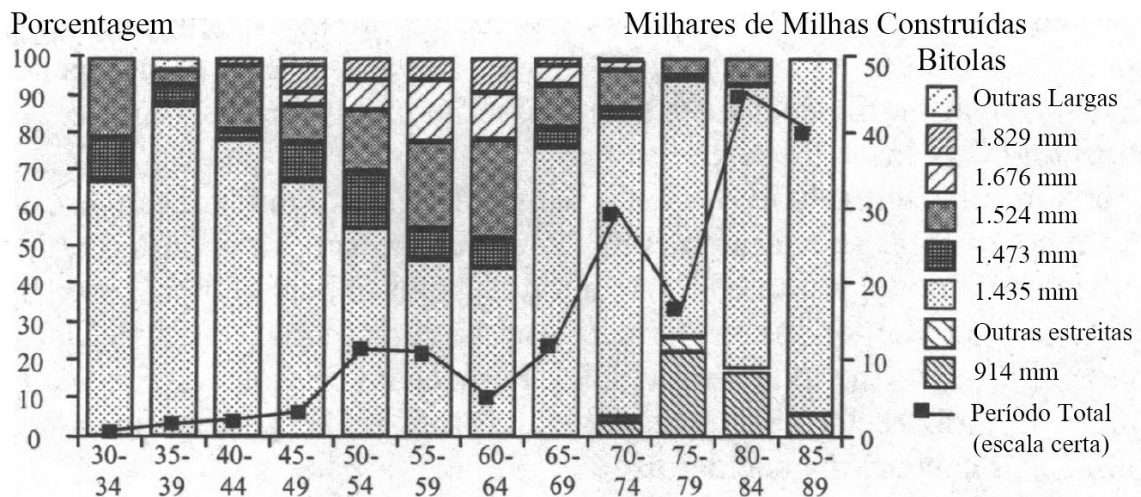
As ferrovias comerciais iniciaram-se na América do Norte no período de 1830 a 1832, com diversas linhas construídas simultaneamente. Desta maneira, de imediato, introduziu-se quatro diferentes bitolas ferroviárias: 1.435 mm (*standard*), 1.448 mm, 1.473 mm e 1.524 mm. Entre 1838 e 1848, iniciou-se um segundo período de inovação, construindo-se ferrovias de

¹³ Trem de alta velocidade que opera em toda França, conhecido como *TGV*.

bitolas largas. Assim, inseriu-se bitolas de 1.626 mm, 1.676 mm e 1.829 mm. No início de 1871, houve novos experimentos com a construção de ferrovias em bitola estreita, como a bitola de 914 mm nos EUA (PUFFERT, 2000).

Embora a adoção da bitola de 1.435 mm fosse predominante em relação às outras na construção de novas ferrovias, do período final da década de 1830 ao início da década de 1860, devido à inserção das bitolas largas e o rápido crescimento de malhas regionais nas bitolas de 1.473 mm e 1.524 mm, reduziu-se a porcentagem das milhas de ferrovias construídas na bitola de 1.435 mm, de 87% para 44%, conforme o gráfico apresentado na Figura 10 (PUFFERT, 2000).

Figura 10 - Participação das bitolas ferroviárias das novas construções (1830 – 1889)



Fonte: Adaptado de PUFFERT (2000)

Até meados da década de 1860, alcançou-se o auge da diversidade das bitolas em milhas no país. A título de exemplo, a metade leste do EUA subdividiu-se em nove regiões delineadas por bitolas predominantes, tendo por bitola referente: Nova Inglaterra à maior parte de Nova York, 1.435 mm; parte de Maine, 1.676 mm; parte sul de Nova York, parte de estados vizinhos e rota oeste para o Mississippi, 1.829 mm; a maior parte de Nova Jersey, 1.473mm; a região do Médio Atlântico, do sul da Pensilvânia à Carolina do Norte, 1.435 mm; o Sul, leste do Mississippi, excluindo-se a Carolina do Norte e parte da Virgínia, 1.524 mm; maior parte de Ohio e parte de estados vizinhos, 1.473 mm; oeste de Ohio, 1.435 mm; e o sul do trans-Mississippi, 1.676 mm (PUFFERT, 2000).

A partir de 1866, iniciou-se o processo de padronização das bitolas ferroviárias, o qual perdurou por cerca de 20 anos. Por volta de 1886, mais de 95% das linhas ferroviárias operavam na bitola de 1.435 mm (PUFFERT, 2000).

Dentre os principais motivos que impulsionaram a padronização, salienta-se a demanda pelo transporte inter-regional. A princípio, não foi oneroso a disposição de diversas bitolas, já que as ferrovias eram limitadas somente ao propósito de transporte comercial local. Além disso, pouco se imaginou que as ferrovias seriam conectadas e formariam redes de tráfego. Com o crescimento do volume de cargas no transporte inter-regional, rotas com diversidade de bitolas tornou o transporte ferroviário progressivamente mais caro, e a integração da rede gradativamente mais vantajosa. Quando se formou um núcleo de uma rede continental integrada com a bitola 1.435 mm, converteram-se bitolas de outras regiões afim de envolver-se nas vantagens de uma malha ferroviária integrada (PUFFERT, 2000).

Contribuiu-se ainda para a padronização, a cooperação das administrações das linhas ferroviárias, no cenário de crescimento da demanda do transporte inter-regional. Além disso, estabeleceu-se uma bitola para o sistema, a de 1.435 mm, a qual foi incorporada por muitos engenheiros antecedentes, com base em boas práticas da engenharia ferroviária britânica (PUFFERT, 2000).

2.5.5 As bitolas ferroviárias na Austrália

As primeiras ferrovias da Austrália foram construídas na década de 1850, sendo a primeira em 1854. Houve uma rápida expansão das ferrovias em todas as colônias independentes. Deste modo, construiu-se as primeiras ferrovias com o capital de empresas privadas, e mesmo posteriormente quando assumido o gerenciamento por parte dos administradores coloniais, não houve a devida atenção para a futura necessidade de uma rede ferroviária nacional expandida por todo continente (PROJEX, c2020).

Inicialmente, até o ano de 1900, adotou-se 3 bitolas ferroviárias, conforme apresentado no Tabela 6

Tabela 6 - As primeiras bitolas ferroviárias na Austrália

Colônia / Estado	Bitola (mm)
Queensland	1.067
Tasmania	1.067
Western Australia	1.067
New South Wales	1.435
Victoria	1.600
South Australia	1.600

Fonte: Adaptado de ARTC (2020)

Houve pouco progresso em direção à padronização das bitolas até então, com cada estado interessado no desenvolvimento das próprias ferrovias, não havendo a perspectiva do desenvolvimento de um sistema nacional (ARTC, 2020)

Em 1901, as seis colônias britânicas foram unidas pela Federação da Austrália. Submetidas a um governo federal, o qual tornou-se responsável aos assuntos referentes à nação, as ex-colônias tornaram-se estados que conservaram seus sistemas de governo. Embora os cinquenta anos de construções de ferrovias independentes na ex-colônias tenham continuado após a Federação, manteve-se as divergências em relação a escolha da bitola (PROJEX, c2020).

Quando os sistemas ferroviários dos estados foram interconectados, gerou-se diversos problemas devido à falta de padronização das bitolas. Em 1912, em uma viagem de Sydney à Perth houve a necessidade do passageiro mudar de trem seis vezes (PROJEX, c2020).

Em 1917, concluiu-se a construção do primeiro trecho da ferrovia *Trans-Australian* de bitola *standard*, partindo de Kalgoorlie à Port Augusta. Deste modo, com a construção, apresentou-se um delineamento do que seria uma solução para a quebra de bitolas, quiçá planejada, iniciou-se uma interligação em uma bitola que foi intensificado décadas após ligando as capitais. Em 1937, prolongou-se a ferrovia para Port Pirie (ARTC, 2020).

Em 1930, Brisbane foi conectada com o sistema ferroviário de New South Wales com um trecho de 156 km em bitola *standard*, eliminando a quebra de bitola anteriormente existente. Além disso, extinguiu-se cerca de 160 km do trajeto anterior, além de mais de 6 horas de viagem partindo de Sydney (ARTC, 2020).

Na segunda metade do Século XX, intensificou-se as ações do governo em conectar as cidades capitais com o sistema ferroviário na bitola *standard*. Em 1962, a cidade de Melbourne foi interligada com o estado de New South Wales, eliminando a notável quebra de bitola em Albury. Em 1968, estendeu-se a linha de bitola *standard* da cidade de Kalgoorlie à Perth. Em 1969, integrou-se à linha de bitola *standard* o trecho da cidade de Broken Hill a Port Pirie. Em 1982, conectou-se a cidade de Adelaide à linha *Trans-Australian*, convertendo em bitola *standard* a linha que partia de Crystal Brook. Com exceção da cidade de Darwin, alcançou-se a conclusão da interligação das cidades capitais em 1995, quando converteu-se a linha de Adelaide para Melbourne de bitola larga para bitola *standard* (ARTC, 2020).

Após mudanças e definições no direito de exploração das ferrovias interestaduais, construiu-se em 2003 o último trecho da *AustralAsia Railway* em bitola *standard*, partindo da cidade Alice Springs a Darwin (ARTC, 2020).

Mesmo que algumas bitolas ferroviárias na Austrália foram convertidas afim de alcançar conexões interestaduais, houve diversas tentativas de uma padronização de diversas outras linhas ferroviárias.

De acordo com Shepherd (2020), somente no estado de Victoria há um histórico de pelo menos 100 anos de oportunidades perdidas:

- Em 1921, a bitola de 1.435 mm foi adotada como a bitola padrão na Austrália pelo governo australiano. Além disso, afirmou-se que a adoção de uma bitola uniforme seria essencial para o desenvolvimento e a segurança da comunidade. Por fim, nada ocorreu;
- Em 1946, foi aceito, pelo governo de Victoria, as recomendações de Sir Harold Clapp de conversão de toda a rede ferroviária de Victoria para a bitola padrão. Por fim, houve a morte de Sir Harold e nada ocorreu;
- Em 2001, foi anunciado pelo premiê do estado de Victoria, Steve Bracks: “... uma decisão histórica de padronizar a rede ferroviária nacional de Victoria... a decisão é dar a Victoria um sistema ferroviário para o século XXI ao invés de para o século XIX”. No fim, foi recusado o acesso à rede regional pelo locatário. Recomprou-se a rede em 2007;
- Em 2010, concluiu-se a padronização da bitola da linha nordeste, incluindo Benalla a Oaklands;
- Em 2015, anunciou-se o *Murray Basin Rail Project* o qual tratava-se da padronização da bitola da linha noroeste;
- Em 2020, conclui-se apenas a metade e houve críticas extremas do Auditor Geral de Victoria ao gerenciamento do *Murray Basin Rail Project*.

Portanto, embora não houve a padronização para uma bitola predominante, na Austrália há o exemplo da construção de uma interligação das diferentes regiões e capitais por meio de uma malha ferroviária de bitola comum. Assim, apresentando-se como uma solução ao problema de falta de integração de malhas ferroviária de bitolas diferentes.

2.5.6 As bitolas ferroviárias na China

A malha ferroviária da China é composta predominantemente pela bitola *standard*, de 1.435 mm. Atualmente, estão construídas aproximadamente 79.685 km de vias férreas nesta bitola (CUENCA, 2020).

Dentre outras bitolas ferroviárias na China, também há, em menor proporção, vias férreas construídas na bitola de 750 mm (AFRICON et al, 2009).

Visto que as rotas marítimas entre a economia de rápida evolução da China e da Europa apresentam desvantagens consideráveis, como limitações nos tamanhos dos navios e de congestionamento via canal de Suez ou mesmo o período de até 50 dias via Cabo da Boa Esperança, a *Trans-Siberian Railway* é uma ponte terrestre em crescimento, onde permite o

tráfego do Japão e China para a Europa, embora este tráfego ainda tenha que ligar com a quebra de bitolas entre a China (1.435mm), Rússia (1.520 mm) e Europa (1.435 mm) (AFRICON et al, 2009).

As malhas ferroviárias dos países vizinhos são formadas por duas principais bitolas: a de 1.520 mm na Rússia, Mongólia, Cazaquistão e países da ex-União Soviética; e a de 1.676 mm na Índia, Paquistão e Bangladesh (CUENCA, 2020).

Com esforços em contornar esta quebra de bitolas, foi revelado na China, em 2020, um protótipo de trem, desenvolvido desde 2016, para viagens internacionais em que o trem se adapta à bitola da via (SHANG-SU, 2020).

2.5.7 A padronização das bitolas ferroviárias na Índia

A malha ferroviária da Índia é formada predominantemente por linhas de bitola larga, de 1.676 mm. Contudo, há cerca de 16.000 km de via férreas construídas em bitolas de 1.000 mm, compondo menos de 25% de toda a malha ferroviária. Com o objetivo de diminuir as ineficiências de operação geradas pela quebra de bitola, tem-se convertido constantemente as vias de bitola métrica em bitola larga, com base em uma política criada denominada “*Unigauge*”. Deste modo, é previsto a conversão de todas as bitolas não largas (AFRICON et al, 2009)

2.5.8 As bitolas ferroviárias no Japão

No Japão, predominou-se a bitola de 1.067 mm até aproximadamente 1964. Sendo esta não adequada às linhas de alta velocidade, introduziu-se linhas da bitola de Stephenson, de 1.435 mm, para os trens Shinkansen – trens balas. Desde 1991, encontra-se dificuldades na expansão das linhas de alta velocidade e na integração do trem bala com as demais linhas ferroviárias. Além disto, converteu-se alguns trechos curtos às bitolas largas ou para as mistas (PUFFERT, 2001).

2.5.9 As bitolas ferroviárias na América do Sul

Predomina-se na América do Sul as bitolas estreitas de 0,914 m e 1,000 m, somadas em uma extensão de aproximadamente 44.000 km. Em seguida, as bitolas largas, de 1,676 m e de 1,600 m, com uma extensão total de 26.000 km. Com a terceira maior extensão, de aproximadamente 8.760 km, está presente a bitola *standard* (1,435 m) (LACERDA, 2009).

A maior malha interconectada é a de bitola métrica entre Argentina, Brasil, Bolívia e Chile, com 41.159 km. Para a bitola larga, predomina-se a malha da Argentina com bitola de 1,676, com 19.967 km. No entanto, não há conexões ferroviárias entre os países da Venezuela, Colômbia e Equador. Pois, a rede principal da Colômbia foi construída em bitola de 0,914 m e a do Equador com bitola de 1,067 m. Além disso, há na Venezuela cerca de 336 km de via férrea construída em bitola *standard* (LACERDA, 2009).

3 MÉTODO

Com a finalidade de alcançar os objetivos deste trabalho, classifica-se como uma pesquisa de característica exploratória. Segundo Gil (2002), as pesquisas exploratórias possibilitam melhor percepção da questão em pauta, tornando-a mais clara ou mesmo constituindo-se hipóteses. Deste modo, buscou-se compreender o cenário das ferrovias e da incompatibilidade de bitolas no Brasil em diferentes aspectos. Assim, inclui-se perspectivas em relação a outros modos de transporte, aspectos técnicos, do processo histórico e relativo ao quadro internacional, além de perspectivas coletadas de profissionais da área. Com base nessa compreensão, procurou-se analisar hipóteses com o objetivo de mitigar a falta de integração da malha nacional.

No que tange os procedimentos técnicos aplicados, delinea-se este trabalho como baseado em livros e artigos científicos, assim obtém-se os conceitos mediante pesquisas bibliográficas. Além disso, estão presentes as pesquisas documentais, utilizando-se de dados estatísticos e informações de relatórios de órgãos públicos e privados relacionados ao transporte ferroviário. Como complemento à análise bibliográfica, aplicou-se ainda um questionário para empresas e profissionais atuantes na área do transporte ferroviário, caracterizando-se também como uma pesquisa participante (GIL, 2002).

Permite-se ainda classificar a abordagem da pesquisa em qualitativa e quantitativa. A abordagem qualitativa pode ser caracterizada por haver perspectivas e atributos descritivos, e não somente mensuráveis. Em contrapartida, a variável quantitativa é definida com base em dados ou proporções numéricas, de forma a atribuí-los às propriedades (FACHIN, 2006).

Isto posto, emprega-se neste estudo uma abordagem predominantemente qualitativa, porquanto utiliza-se de referências bibliográficas e documentais para a análise dos conceitos técnicos, contextos históricos e cenário internacional. Além disso, utiliza-se de um questionário qualitativo para a compreensão das perspectivas de profissionais atuantes na área pesquisada.

Por outro lado, emprega-se ainda uma abordagem quantitativa, utilizando de pesquisas documentais para análises estatísticas e financeiras dos modos de transporte, principalmente o ferroviário.

Em relação ao referencial teórico do trabalho, para compreender o cenário da incompatibilidade de bitolas no Brasil e a relação da mesma com a falta de integração da malha ferroviária, buscou-se perspectivas referente ao transporte geral do Brasil, do modo ferroviário, aspectos técnicos, do processo histórico e relativos ao cenário internacional.

Primeiramente, investigou-se o quadro geral do transporte do Brasil, por meio de pesquisas documentais, com dados estáticos de órgãos públicos e privados. Cita-se dados de boletins técnicos e simulações feitas pela Confederação Nacional Transporte (CNT), além de dados apresentados pela Associação Nacional dos Transportadores Ferroviária (ANTF). Para contextualizar estes dados buscou-se conceitos sobre o transporte, principalmente o ferroviário, em pesquisa bibliográfica em livros de autores como Vassilios Profillidis.

No tocante aos aspectos técnicos, por meio de pesquisa bibliográfica e documental, procurou-se compreender as funções de cada componente de uma via férrea e como a escolha da bitola ferroviária influencia em cada um deles. Em relação à pesquisa bibliográfica, foram utilizados livros sobre os conceitos técnicos ferroviários de autores como Vassilios Profillidis, Coenraad Esveld, Rui Nabais, Satish Chandra & M. Agarwal, Helvécio Brina e *The World Bank* (Banco Mundial). Como pesquisa documental, utilizou-se a Norma da ABNT NBR 12915:2019.

No que se refere ao processo histórico, investigou-se, por pesquisa bibliográfica no livro do Pedro Telles e por informações em *websites* de empresas e órgãos públicos do transporte ferroviário, como se iniciou as construções das ferrovias no Brasil e como se ampliou a incompatibilidade de bitolas.

Sendo as diferenças de bitolas uma questão de âmbito internacional, seja na história ou na atualidade, averiguou-se o cenário das ferrovias de outros países em relação às bitolas ferroviárias e ao processo de padronização das mesmas. Utilizou-se de pesquisas bibliográficas como artigos acadêmicos de autores como Douglas Puffert; e de pesquisas documentais como artigos técnicos e informações de órgãos do transporte ferroviário em outros países.

Ainda como parte investigativa do trabalho, coletou-se perspectivas de profissionais e departamento de órgãos relacionados ao transporte ferroviário nacional, por meio de questionário aplicado (Apêndice A). As perspectivas coletadas (Apêndice B) estão relacionadas aos problemas e consequências das diferenças de bitola e da falta de integração da malha ferroviária nacional, bem como, às alternativas para mitigação deste quadro. O questionário foi elaborado com base em conceitos apresentados nos livros do referencial teórico, relacionava-se os componentes da via férrea com as bitolas.

Para os problemas gerados pela falta de integração nas malhas ferroviárias do Brasil, analisou-se dados relacionados aos fluxos de carga do transporte ferroviário, da ANTT. Assim, comparou-se com a participação do modo ferroviário e rodoviário dos Estados Unidos da América (EUA). E, com o modo rodoviário nacional e da Argentina. Para análise, também foi

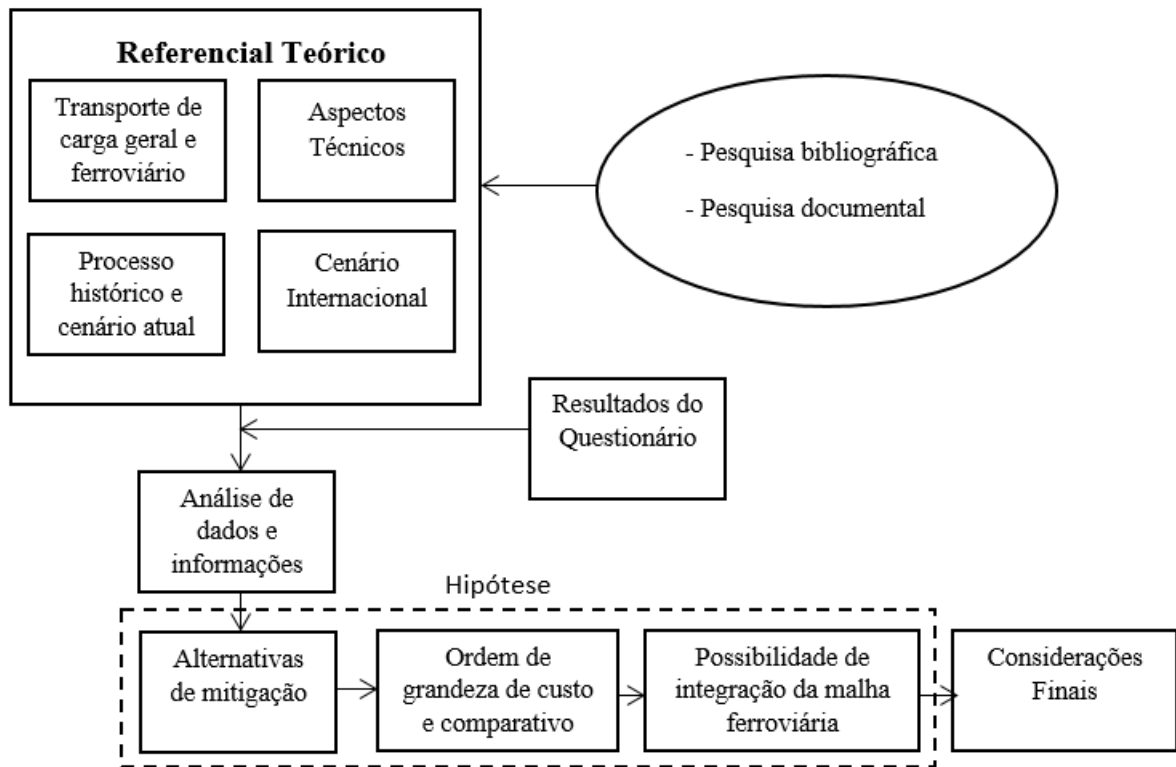
considerado as perspectivas obtidas no questionário aplicado e informações de pesquisa bibliográfica e documental de órgãos de transporte públicos e privados.

Para as alternativas de atenuação do problema da falta de integração da malha ferroviária brasileira relativas às bitolas, buscou-se soluções por meio de pesquisa bibliográfica em trabalhos acadêmicos e perspectivas de profissionais da área de ferrovias em um questionário aplicado (Apêndice A). Adotando-se a bitola mista (1.000 mm e 1.600 mm) como alternativa de solução, devido ao resultado do questionário, analisou-se a possibilidade de como poderia ser implementada na malha ferroviária brasileira para que houvesse integração, mapeando-se a malha em relação as bitolas ferroviárias. Esta análise foi baseada em pesquisa documental a partir de atlas das ferrovias, declaração de rede das concessionárias de ferrovias e relatórios de órgãos públicos e privados do transporte ferroviário nacional, como ANTT e CNT. Acrescenta-se as pesquisas bibliográficas sobre as bitolas ferroviárias para a análise técnica.

Estimou-se os custos em ordem de grandeza, para a conversão de bitolas, com base no Sistema de Custos Referenciais Ferroviários (SICFER) da ANTT, referente a setembro de 2021 para o estado de São Paulo. O procedimento de conversão de bitola foi baseado em nota técnica sobre as bitolas e no estudo de engenharia da ANTT dos trechos de Maracaju (MS) a Lapa (PR) e Lapa (PR) a Paranaguá (PR). Buscou-se utilizar os mesmos critérios técnicos da conversão de bitolas e do estudo de engenharia destes trechos para comparação. O procedimento é mais detalhado no desenvolvimento deste trabalho.

A Figura 11 ilustra de modo esquemático, o desenvolvimento deste trabalho.

Figura 11 – Metodologia do trabalho



Fonte: Desenvolvido pelo autor

4 BITOLAS FERROVIÁRIAS NO BRASIL: UMA ANÁLISE DA POSSIBILIDADE DE INTEGRAÇÃO DA MALHA NACIONAL.

4.1 Resultados do questionário aplicado

Direcionou-se o questionário (Apêndice A) para diversas empresas, órgãos e profissionais da área do transporte ferroviário do Brasil. Deste modo, neste subcapítulo apresenta-se os resultados. As perspectivas de cada participante estão disponibilizadas (Apêndice B) para ser lidas na íntegra.

4.1.1 Contribuintes e experiência no ramo

Contribuiu-se com perspectivas para este trabalho:

- O Engenheiro e Mestre em Sistemas de Transporte João Arthur Mohr, Gerente de Assuntos Estratégicos da Federação das Indústrias do Paraná (FIEP), com 12 anos de experiência na função.
- Engenheiro Mário Cícero Soares de Oliveira, Gerente de Engenharia e Manutenção de Via Permanente da Ferrovia Transnordestina Logística (FTL), com 18 anos de experiência na área.
- Gerência de Projetos Ferroviários (GEPEF) da Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT).
- Engenheiro Silvio dos Santos, com 37 anos de experiência;
- Engenheiro José dos Passos Nogueira, consultor, com mais de 40 anos de experiência;
- José Leomar Fernandes Júnior, professor com 36 anos de experiência.

4.1.2 Grau de conhecimento do tema

Constata-se a contribuição de profissionais com médio à muito alto grau de conhecimento sobre o tema. Inclui-se conhecimentos obtidos de visitas técnicas a sistemas ferroviários do Canadá, EUA, Japão e Rússia; participações em diversos congressos, feiras e seminários do setor ferroviário, inclusive como palestrante no tema; além de uma unidade composta por diversos profissionais de engenharia, experientes em avaliação de projetos de ferrovias, além de desempenharem atividades de regulação no setor ferroviário.

4.1.3 As dificuldades e consequências geradas pela incompatibilidade de bitolas

Segundo o Eng. João Mohr há três tipos de bitolas no Brasil, a métrica empregada nas linhas antigas, a larga (1,60 m) utilizada nas novas ferrovias e a universal (1,435 m), utilizada no sistema de transporte de passageiros. Deste modo, as principais dificuldades são a interoperabilidade dos trens. Citou-se o exemplo da futura integração do Sudeste com o sul do Brasil, onde utiliza-se a bitola larga na maioria do Sudeste, por exemplo na ferrovia Norte Sul e na Malha Paulista, enquanto no Sul utiliza-se a métrica. Assim, ou acontecerá uma unificação das bitolas ou sempre ocorrerá o custo de transbordo de cargas na interconexão destas linhas. Um outro problema apresentado é que a malha ferroviária de carga não servirá para o transporte de passageiros, pois as linhas dentro das cidades são em outra bitola. Deste modo, torna-se praticamente inviável o transporte de passageiros à longa distância por trens no Brasil.

Para o Eng. Mário de Oliveira, dentre as principais dificuldades, a mais latente é a impossibilidade de uma integração nacional entre as ferrovias, onde um trem não consegue trafegar toda a malha ferroviária brasileira, assim, aumentando os custos logísticos. Consequentemente, há um alto custo em manutenção de via e ativos (locomotivas e vagões) considerando-se que os materiais em bitola métrica estão ficando ultrapassados com o tempo. Além disso, citou-se a impossibilidade na redução do valor do frete, o que agrega maior valor final à mercadoria, reduzindo a competitividade com outros modais.

De acordo com o GEPEF, via de regra, não há problemas significativos em virtude da diferença de bitolas nos principais corredores logísticos do país. Citou-se o exemplo da descida da Malha Paulista a partir de Campinas-SP até a chegada ao Porto de Santos, onde emprega-se a bitola mista. Além disto, o referente trecho recebe cargas oriundas da Rumo Malha Norte, Rumo Malha Paulista, Rumo Malha Oeste, MRS e Ferrovia Centro Atlântica, e as diferentes bitolas dessas malhas não impossibilitam a interoperabilidade. Além deste exemplo, citou-se o caso dos Portos de Tubarão (ES), Guaíba e Sepetiba (RJ), e Paranaguá e São Francisco do Sul (SC), onde as cargas, predominantemente, possuem origem e destino na mesma bitola. Por fim, ressaltou-se que caso haja alterações nas características do transporte brasileiro nos próximos anos, como uma maior dinâmica de fluxos de mercado interno, as diferenças de bitolas podem se mostrar um complicador. Entretanto, afirmou-se não ser a realidade atualmente.

Segundo Silvio dos Santos, a falta de integração apresenta-se como o maior problema entre as concessionárias. Ressalta-se ainda que como o fluxo entre as concessionárias é muito baixo, a diferença de bitolas não é o maior problema.

De acordo com José Nogueira, basicamente, há a limitação de um trem transitar de Fortaleza a Porto Alegre, ou seja, a impossibilidade do tráfego ferroviário de norte a sul do Brasil; e a consequência seria econômica.

Para José Fernandes, não há conhecimento sobre a questão devido à falta de transparência da concessão da operação do transporte ferroviário de carga para o meio acadêmico.

4.1.4 Planejamento ou perspectivas para atenuar as consequências

De acordo com o Eng. João Mohr, as novas ferrovias estão sendo construídas em padrão de bitola de 1,60 m e as reformas de trechos deverão seguir esta linha. Acredita-se que haverá uma transição com a utilização de bitolas mistas - 1,00 m e 1,60 m – no mesmo trecho, ou seja, uma infraestrutura com dormentação e três trilhos permitindo a interoperabilidade tanto de composições de bitola métrica, mais antigas, como composições de bitola larga mais modernas. No futuro, quando as locomotivas e vagões forem todos modernizados, retira-se o trilho intermediário e opera-se com bitola larga, porém esta transição levará muitos anos.

De acordo com o Eng. Mário, este planejamento deverá ter origem no Ministério da Infraestrutura - MINFRA. Para as malhas operacionais, deverá ser feito um estudo de caso por ferrovia, com avaliação de viabilidade financeira para mudança e adequação da superestrutura e infraestrutura ferroviária. Para os novos trechos, estes também devem ser planejados para a construção em bitola larga e em alguns casos, para a bitola mista. Contudo, ressaltou-se que todo estudo tem como ponto inicial a demanda de carga na região.

Segundo o GEPEF, não se tem conhecimento de nenhuma iniciativa ou política pública relacionada à harmonização ou compatibilização de bitolas em todo o Subsistema Ferroviário Federal. Além disso, considerando que há obrigação nesse sentido nos contratos de concessão administrados pela ANTT, esta medida somente poderia ser implementada por meio de diretriz do formulador de políticas públicas, no caso em análise, MINFRA¹⁴, em observância ao disposto na Lei nº 10.233/2001, art. 20, inc. I. Ademais, declarou-se ainda que a implementação da referida medida, a partir de diretriz de política pública, possivelmente implicaria na necessidade de reequilíbrio econômico-financeiro dos Contratos de Concessão do setor ferroviário.

De acordo com Silvio dos Santos, a construção da via em bitola métrica com infraestrutura de bitola larga tem sido a única medida vigente, que na opinião do mesmo, não havia sido respeitada no caso da Ferroeste, no Paraná.

¹⁴ Ministério da Infraestrutura

Segundo José Nogueira, “fala-se em unificação de bitolas no país, desde o governo Lula, no entanto o assunto está parado”.

De acordo com José Fernandes, há a construção dos novos trechos com três trilhos, havendo duas bitolas simultaneamente. Para ele, no caso de intervenção nos trechos existentes, é uma possibilidade.

4.1.5 O uso de bitolas mistas para integrar linhas e trechos

Segundo o Eng. Mário de Oliveira, atualmente a Ferrovia Transnordestina está sendo construída em bitola mista.

Com base em resposta emitida pelo GEPEF, todos os novos trechos estão sendo construídos ou previstos em bitola larga, por decisão do formulador de políticas públicas. Declarou-se ainda que não há iniciativas visando a construção de bitolas mistas em novos trechos.

Para Silvio dos Santos, não existe perspectiva para a construção de bitolas mistas para a integração das linhas, pois o tema não é debatido e nem é prioridade para as concessionárias e a ANTT.

Segundo José Nogueira, há perspectiva para a construção de bitolas mistas. Cita-se o exemplo da Valec que construiu um trecho do tramo central da Ferrovia Norte-Sul em bitola mista, de Anápolis até Uruaçu. Menciona-se ainda trechos em bitola mista da Transnordestina.

4.1.6 A relação das bitolas com a velocidade comercial dos trens e transbordo

De acordo com o Eng. João Mohr, o transbordo praticamente inviabiliza a operação ferroviária em função de custos, então, atualmente na prática, não há interligação ferroviária entre o Sudeste e o Sul do Brasil. Futuramente, com a reforma da Malha Sul e a adaptação da mesma com a bitola mista, o transbordo não seria necessário. Os custos com o transbordo e o tempo perdido levariam a carga para o modo rodoviário. Em relação a velocidade, acrescentou-se que a capacidade de carga da bitola 1,60 m é mais eficaz, pois pela largura o volume transportado pelos vagões é maior e também pelo deslocamento do centro de gravidade em curvas, a bitola larga gera mais estabilidade e conseqüentemente velocidade.

Para o Eng. Mário de Oliveira, a velocidade máxima admissível varia com os limites de manutenção estipulados para cada classe de ferrovia, geometria, passagem de nível, densidade de tráfego, material rodante e do tipo de carga a ser transportado. Deste modo, a

velocidade comercial só seria influenciada se no mesmo fluxo, de origem e destino da carga, houver incompatibilidade de bitola, caso não corriqueiro na Transnordestina.

Em resposta emitida pelo GEPEF, não há estudos sobre a matéria realizados pela ANTT. Salientou-se, contudo, que fluxos de transporte com operações de transbordo de uma ferrovia para outra, os quais possuem impactos negativos sobre seu tempo de percurso, não são comuns no contexto do transporte ferroviário brasileiro.

De acordo com Silvio dos Santos, não. Devido à falta de manutenção da via permanente, na maioria dos casos a velocidade é muito baixa.

Segundo José Nogueira, acredita-se que sim, em relação ao tempo.

4.1.7 Problemas logísticos em relação a incompatibilidade de bitolas

Segundo o Eng. João Mohr, o principal problema na conversão da bitola métrica em larga seria a questão construtiva (gabaritos de túneis, larguras de pontes e viadutos, e trechos de terraplenagem). Não seria simples transformar um trecho de bitola métrica em larga pelas características da faixa de domínio e das OAEs.

De acordo com o Eng. Mário de Oliveira, dentre todos os casos já citados por este, salienta-se a capacidade de carga: quanto maior o tamanho e capacidade de carga do trem, mais eficiente, seguro e ambientalmente correto será o transporte ferroviário. Acrescentou-se, que em alguns casos pode-se ocorrer que o transbordo seja inviável por fatores como o tempo, integridade da carga do trem, custo e a vantagem de outros modais no auxílio do completo transporte da carga de sua origem ao destino. Assim, citou-se o exemplo de complementação de diferentes modais no trajeto: rodoviário com ferroviário e cabotagem.

Para o GEPEF, especificamente para trechos com fluxos de transporte com a necessidade de transbordo de uma ferrovia para outra, a incompatibilidade de bitolas implica em perda de capacidade ferroviária e aumento de custos. Salientou-se, contudo, que os fluxos de transporte com operações de transbordo de uma ferrovia para outra não são comuns nas ferrovias brasileiras.

Segundo Silvio dos Santos, devido à diferença de bitolas, prejudica-se o acesso da bitola métrica aos mercados localizados entre as cidades de São Paulo, Rio de Janeiro e Belo Horizonte.

De acordo com José Nogueira, tem-se como maior obstáculo encontrar mestres de linhas com experiência na montagem de Aparelhos de Mudança de Via de bitola mista. Além

disso, há dificuldades na compra de material rodante fabricado nos EUA, onde a bitola de 1.435 mm é predominante.

Segundo José Fernandes, há a influência no geral. Cita-se como exemplos o processo construtivo, a necessidade de três trilhos, o aproveitamento na reabilitação da substituição do *grade* ferroviário para a reabilitação com três trilhos e a bitola ser um fator para a capacidade de carga.

4.1.8 Alternativas para enfrentar o problema de incompatibilidade de bitolas

Segundo o eng. João Mohr, tem que haver a padronização. Como os novos trechos estão sendo previstos em bitola larga (1,60 m), deve-se construir os novos trechos nesta bitola e reformar paulatinamente os trechos antigos de bitola métrica em bitola mista, permitindo-se a interoperabilidade. Ressaltou-se, contudo, que trechos isolados em bitola métrica poderiam permanecer no mesmo estado. Em relação ao transporte de passageiros, deve-se focar nas regiões metropolitanas apenas e eventualmente em trens de média ou alta velocidade entre as grandes cidades. Ou seja, dois sistemas independentes, um para carga e outro para passageiros.

Para o eng. Mário de Oliveira, a implantação do terceiro trilho (bitola mista). Embora tenha um alto custo para a ferrovia, seria mais viável do que a eliminação da bitola métrica, considerando que os ativos (locomotivas e vagões) ainda seriam utilizados. Acrescentou-se, contudo, que há requisitos de engenharia a serem considerados para a implantação da bitola mista como: faixa de domínio da ferrovia, invasões, traçados urbanos, pontes, etc. que podem ser fatores limitantes. Ressaltou-se ainda que deve haver estudo de caso e análise técnico financeira da melhor solução de engenharia.

De acordo com Silvio dos Santos, com o intuito de a bitola métrica atingir mercados importantes, uma alternativa seria a construção do terceiro trilho em algumas concessionárias.

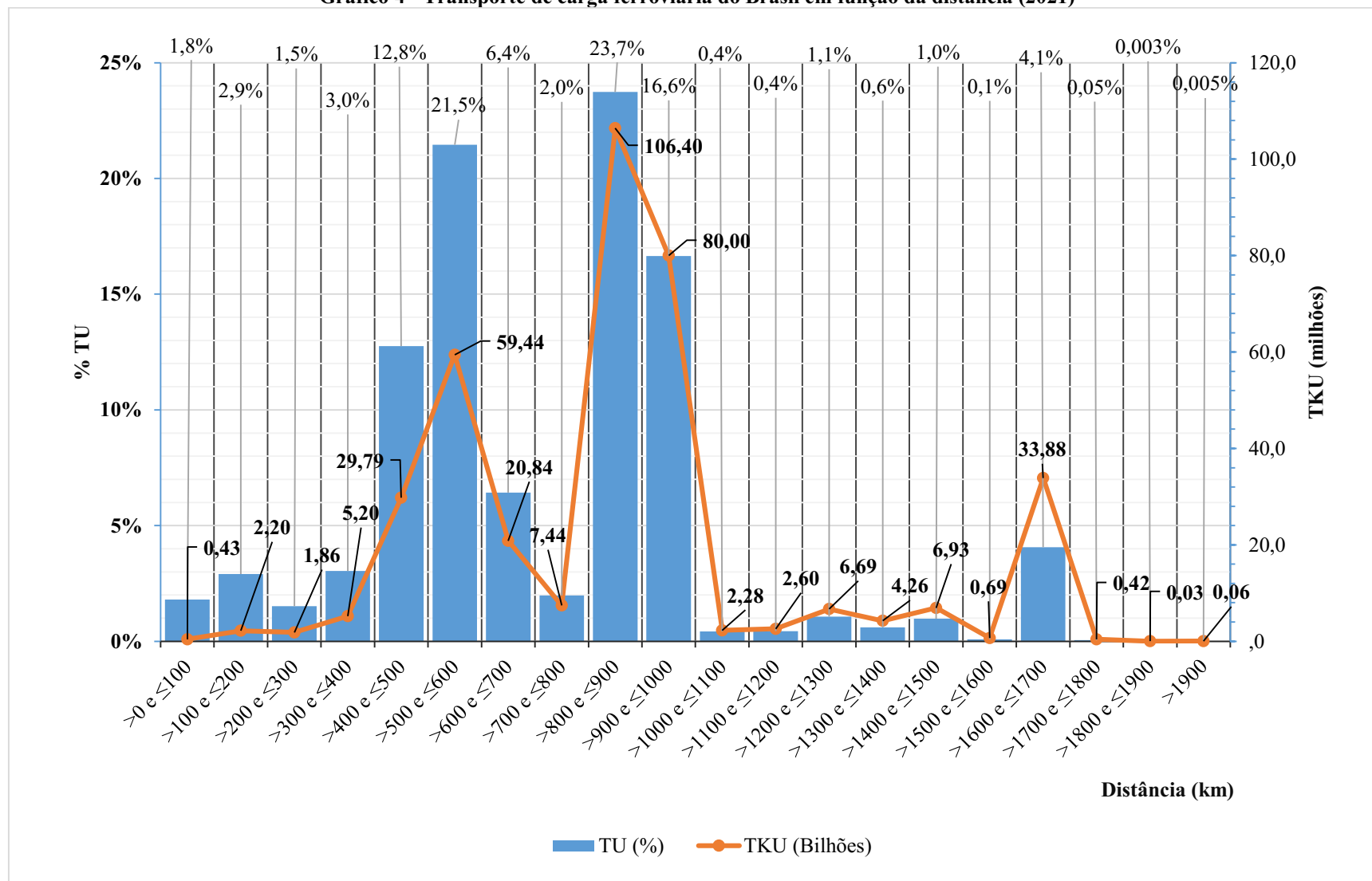
Segundo José Nogueira, há, atualmente, equipamento de mudança de bitola quando o trem está em movimento.

4.2 A falta de integração da malha ferroviária e as consequências

Para a análise do cenário do transporte ferroviário no Brasil, elaborou-se o Gráfico 4 o qual é baseado nos fluxos das cargas ferroviárias das 13 concessões no país durante o ano de 2021. O gráfico citado apresenta a tonelada útil tracionada (TU) em porcentagem e a tonelada quilômetro útil (milhões), ambos em função das distâncias percorridas em quilômetros. Obteve-

se cada uma das porcentagens de TU somando as cargas tracionadas nos intervalos das distâncias indicadas nas abcissas e dividiu-se pela carga transportada somada de todos os intervalos. Para TKU, somou-se todos os valores entre cada intervalo de distância indicado.

Gráfico 4 - Transporte de carga ferroviária do Brasil em função da distância (2021)



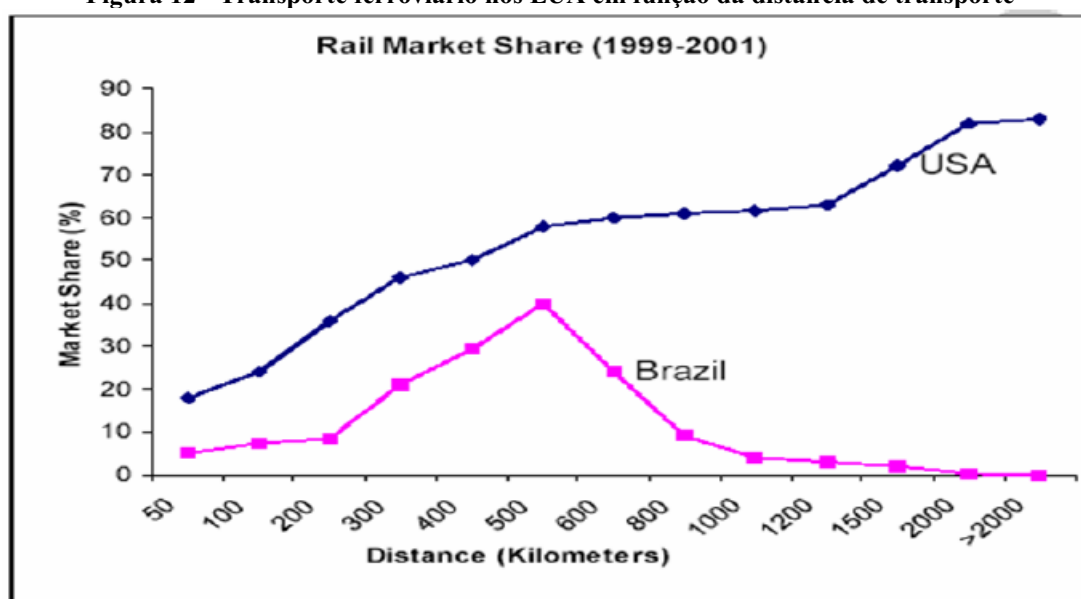
Fonte: Desenvolvido pelo autor com dados de BRASIL (2022c)

De acordo com o Gráfico 4, nota-se que a partir da distância de 400 km, para ambos valores de TU e TKU, há um crescimento das cargas transportadas utilizando-se ferrovias. Embora o crescimento seja descontínuo entre 600 e 800 km, atinge-se um grande volume de cargas transportadas até 1.000 km, com um máximo entre 800 e 900 km. Também se observa um pequeno crescimento em TKU para o intervalo de distância entre 1.600 e 1.700 km.

Segundo Villaça (2010), a distância ideal de transporte para as ferrovias encontra-se no intervalo de 400 a 1.500 km. Acima desta distância, o mais adequado seria o transporte hidroviário. Entretanto, se não houver esta opção disponível, o transporte ferroviário ainda convém. Assim, no geral, percebe-se que o modo ferroviário ainda poderia ser melhor aproveitado para cargas de distância maiores que 1.000 km.

Também é interessante comparar as distâncias do transporte ferroviário de cargas do Brasil com as dos EUA, conforme a Figura 12. Esta comparação é pertinente devido à similaridade de extensões territoriais, cultura de uso massivo do automóvel e alta dependência de petróleo de ambos países (TAMAGUSKO, 2013).

Figura 12 - Transporte ferroviário nos EUA em função da distância de transporte

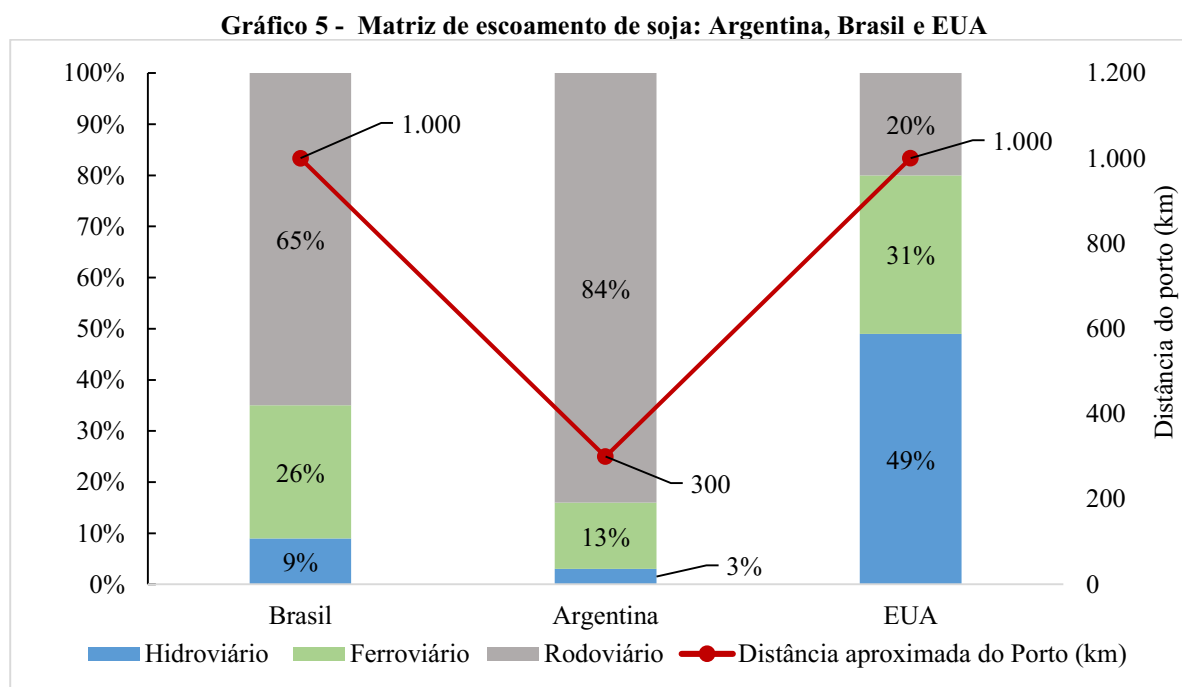


Fonte: SULL; SILVA; MARTINS (2004) apud SANTOS (2005)

Embora a Figura 12 apresente a participação do transporte ferroviário em função das distâncias entre 1999 a 2001, nota-se o crescimento contínuo da participação do modo ferroviário conforme o aumento das distâncias de transporte nos EUA. Mesmo em distâncias acima de 1.000 km, em contraste com o cenário do transporte ferroviário do Brasil em 2021

(Gráfico 4), há uma maior participação do transporte ferroviário, conseqüentemente um valor maior de TKU, o que seria desejável para um transporte ferroviário mais eficiente.

Pode-se ainda comparar a participação dos modos ferroviário e rodoviário do Brasil, Argentina e EUA no escoamento de soja, conforme o Gráfico 5, sendo os três países os principais produtores e exportadores desse produto (CNT, 2015).



Com base no Gráfico 5, no Brasil, o escoamento de soja em uma distância aproximada de 1.000 km tem a participação de 65% do transporte rodoviário e 26% do ferroviário. Em comparação, os EUA apresentam 20% de participação do transporte rodoviário e 31% do ferroviário, sendo predominante o transporte hidroviário. No caso da Argentina, o transporte de soja em uma distância de 300 km tem a participação de 84% das rodovias e 13% das ferrovias. Contudo, para distâncias até 400 km o transporte rodoviário apresenta-se como o mais vantajoso.

Segundo dados da CNT (2019a), 71,3% dos caminhoneiros entrevistados prestam serviços de transporte interestadual e 4,1% internacional; ainda, 68,9% destes caminhoneiros percorrem distâncias a partir de 5.000 km por mês. No transporte de carga do modo rodoviário, no mercado interno, cita-se o caso de um caminhoneiro, que percorre em 20 dias um trajeto de um pouco mais de 3.000 km, do Rio de Janeiro ao Ceará, com de carga de poliestireno e lubrificantes (JUNTOS NO CAMINHO, 2020). Outro exemplo é o de transporte de poliuretano em um percurso de cerca de 1.457 km de Osório (RS) a Duque de Caxias (RJ); ou

de um caminhoneiro que dirigiu três dias sem dormir do Rio Grande do Sul ao Ceará (PEREIRA, 2022).

Entende-se, portanto, que o decréscimo das movimentações de carga no modo ferroviário a partir da distância de 1.000 km (Gráfico 4) não ocorre por falta de demanda, mas pelo uso das rodovias para o transporte de cargas em distâncias acima de 400 km. Conseqüentemente, contribui-se para o desequilíbrio da matriz do transporte no Brasil, onde as rodovias apresentam uma participação de 64,86% e as ferrovias somente 14,95% (CNT, 2021), como apresentado no item 2.1. Além disso, o uso do transporte rodoviário para essas distâncias resulta em uma baixa eficiência energética e um alto custo, devido à baixa capacidade de carga oferecido pelos veículos (CNT, 2015).

Dentre os fatores que favorecem a baixa operação das ferrovias no Brasil em relação às rodovias, para as longas distâncias, inclui-se a baixa densidade da malha ferroviária (CNT, 2015), diferentemente da malha ferroviária presente nos EUA, como já comparado no item 2.1. Além disso, outro fator que ainda propicia a superioridade do transporte ferroviário nos EUA é a disposição de uma extensa malha padronizada, em bitola padrão (TAMAGUSKO, 2013).

Em questionário encaminhado para a Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT) (Apêndice B), segundo a Gerência de Projetos Ferroviários (GEPEF), “via de regra, nos principais corredores logísticos não há problemas significativos em virtude de diferenças de bitolas”. No entanto, a GEPEF ainda cita que “caso as características do transporte ferroviário brasileiro se alterem ao longo dos próximos anos, com uma maior dinâmica de fluxos de mercado interno (ou seja, fluxos com origem e destino no interior do país), as diferenças de bitola podem se mostrar um complicador. Contudo, essa não é a realidade atualmente”. Isto posto, verifica-se que a cultura das ferrovias do Brasil ainda conserva as características históricas de transporte orientado predominantemente para a exportação.

Questiona-se se a falta de integração da malha ferroviária e a cultura do transporte ferroviário orientado principalmente para a exportação é fruto, também, de ausência de demanda ou da fomentação dessa demanda. De acordo com CNT (2015), os entraves referentes ao uso das ferrovias são relacionados à integração física na malha brasileira, sendo a maioria desses problemas “derivados da falta de prioridade do governo federal no desenvolvimento de uma malha ferroviária harmônica.” Acrescenta-se que,

Além de a infraestrutura instalada atender a trechos isolados e contar com bitolas diferentes, os traçados não foram otimizados para melhor atender à demanda, resultando em deficiências na integração do sistema. Com isso, as ferrovias que

foram concessionadas sem a obrigatoriedade de correções desses aspectos pelo ente privado, tornaram-se, em alguns casos, lentas e com reduzida atratividade aos usuários (CNT, 2015, p. 103).

Em questionário aplicado (Apêndice A), em resposta se haveria alguma perspectiva para a construção de bitolas mistas com a finalidade de integrar linhas, segundo Silvio dos Santos, “esse tema não é debatido nem prioridade para as concessionárias e ANTT”. Por outro lado, 66,67% dos questionados indicaram a adição do terceiro trilho (bitola mista) como uma alternativa viável para atenuar a incompatibilidade de bitolas e a falta de integração. Em outra perspectiva (16,67%), indicou-se a utilização de equipamento que muda de bitola com o material rodante em movimento.

Para José Nogueira (Apêndice B), há uma consequência econômica devido à restrição de um trem trafegar de norte a sul do país, por exemplo de Fortaleza à Porto Alegre. Também, para o Eng. Mário Oliveira (Apêndice B), devido a isso, aumenta-se os custos logísticos, dificultando a redução dos custos de frete; conseqüentemente, há uma mercadoria com maior valor final e reduz-se a competitividade das ferrovias com outros modais.

Considerando a grande extensão territorial do Brasil e a baixa utilização das ferrovias no transporte de cargas, compreende-se a razão da dominância do modo rodoviário na matriz do transporte brasileiro; principalmente, em relação ao baixíssimo fluxo do transporte ferroviário para o mercado interno e o uso do transporte rodoviário para este fim. Pois, se não há fluxo do transporte ferroviário no mercado interno, logo as opções que restam são os modos rodoviário e hidroviário para percorrer longas distâncias, porém este último é limitado por uma série de fatores como disposição de vias navegáveis.

Se por um lado é necessária a expansão da malha ferroviária no território, por outro, é imprescindível contornar o cenário das diferenças das bitolas de maneira a haver maior integração das linhas nacionais. Com isso, haveria mais alternativas de rotas de escoamento e, em especial, para o fluxo do modo ferroviário voltado ao mercado interno, reduzindo os gastos energéticos e podendo ocasionar em menores custos de transporte, além de vantagens em aspectos ambientais, menos congestionamentos e menos acidentes em rodovias. Neste contexto, o Quadro 12 apresenta alternativas para atenuação da falta de integração da malha ferroviária referente às diferenças de bitola, bem como vantagens e desvantagens de cada uma.

Quadro 12 - Alternativas para a atenuação das diferenças de bitolas

Solução	Vantagens	Desvantagens
Transbordo Manual	<ul style="list-style-type: none"> • Menor investimento inicial; • Sem necessidade de mão de obra especializada. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tempo de operação extremamente alto, incompatível com a ideologia de logística; • Requer alterações nas locomotivas e vagões; • Requer galpões específicos e de grandes dimensões; • Manipulação física aumenta risco de danos e furtos; • Fator de trabalho intenso; • Acréscimo de preço final do frete.
Transbordo Mecanizado	<ul style="list-style-type: none"> • Investimento inicial relativamente baixo; • Tempo de operação aceitável; • Manipulação indireta de carga; • Fator de trabalho de menor intensidade; 	<ul style="list-style-type: none"> • Acréscimo de preço final do frete; • Requer alterações e implementações específicas; • Alta dependência das instalações.
Troca de Truque	<ul style="list-style-type: none"> • Manipulação indireta de carga 	<ul style="list-style-type: none"> • Alto investimento inicial; • Alto tempo de operação (atraso) • No caso de carga desbalanceada, requer reposicionamento da carga, resultando em aumento de tempo de operação; • Manutenção especializada.
Eixo de bitola variável	<ul style="list-style-type: none"> • Menor tempo de atraso de frete; • Evita custos de transbordo e de operação; 	<ul style="list-style-type: none"> • Investimento inicial dependente do número de vagões. • Manutenção especializada;
Terceiro Trilho	<ul style="list-style-type: none"> • Não é necessária alteração no material rodante 	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicável somente nas vias de bitola larga; • Diminui a resistência da via base; • Custo elevado.

Fonte: SANTOS (2011)

4.3 Conversão de bitolas para a integração da malha ferroviária

Com a finalidade de analisar alternativas de integração da malha ferroviária, iniciou-se o estudo estimando os custos para conversão de bitolas.

De acordo com *The World Bank* (2011), quando construídas novas linhas ferroviárias, sugere-se a adoção da bitola *standard* devido a maior parte das ferrovias no mundo serem construídas com esse padrão. Deste modo, há um fornecimento mais amplo de material rodante e maquinários para manutenção e construção de vias nesta bitola. Em contrapartida, preconiza-se a escolha de outra bitola quando as novas linhas forem conectadas a uma malha nacional de bitola diferente.

Como há muitas vias férreas construídas com as bitolas de 1.000 mm (métrica) e de 1.600 mm, estimou-se o custo para a conversão em relação às mesmas. Além disso, considerou-se o cenário para a bitola mista (1.000 mm e 1.600 mm), solução já adotada

também em outros países. Não foi encontrado, contudo, qualquer referência de custo para uma análise financeira comparativa para a adoção da bitola *standard*.

Com dados de Brasil (2013a; 2013c; 2021), elaborou-se uma estimativa, em ordem de grandeza, para as conversões dessas bitolas (1.000 mm, 1.600 mm e mista) – por km - para quatro cenários:

- 1) Bitola larga convertida para bitola métrica;
- 2) Bitola larga convertida para a bitola mista;
- 3) Superestrutura de bitola métrica convertida para superestrutura de bitola larga;
- 4) Superestrutura de bitola métrica convertida para superestrutura bitola mista.

Com dados de BRASIL (2013a), adotou-se para as vias permanentes de bitola larga os critérios de projeto conforme o estudo de engenharia do trecho ferroviário entre Maracaju – MS e Lapa - PR , como mostrado na Tabela 7.

Tabela 7 - Critérios de projeto adotados

Trilho	Dormente	Taxa de Dormentação	Tipo de Fixação
68 kg/m (TR-68)	Concreto monobloco	1.667 dormentes/km	<i>Fast Clip</i>

Fonte: BRASIL (2013a)

Com base em Brasil (2021), estimou-se os custos de conversão, por km, em relação às composições referentes a setembro de 2021 – sem desoneração - para o estado de São Paulo

4.3.1 Conversão de via de bitola larga para métrica

O processo de conversão de bitolas largas para outras mais estreitas é mais simples, pois não há necessidade de intervenções na infraestrutura, somente na superestrutura: remoção, deslocamento e restituição de fixações e trilhos. Em casos de dormentes de concreto (bi-bloco ou monobloco), exige-se a substituição, pois não há possibilidade de ajuste da bitola (CHANDRA & AGARWAL, 2007; CURY, 2011). Assim, estimou-se o custo de conversão de bitolas largas para métricas conforme os serviços de:

- Retirada mecanizada dos trilhos e dormentes de bitola larga;
- Instalação dos novos dormentes de concreto para a bitola métrica;
- Instalação e fixação de novos trilhos de bitola métrica.

O Quadro 13 apresenta a estimativa de custo de conversão de 1 km de via férrea de bitola larga para métrica, bem como o código de referência do Sistema de Custos Referenciais Ferroviários (SICFER), referente a setembro de 2021.

Quadro 13 - Bitola larga para métrica – por km

Ref.	Serviço	Unid.	Custo
20529	Demolição de via, bitola larga, 1.667 dormentes de concreto monobloco/km, trilho TR 68, barras com 120 m de comprimento, com separação e empilhamento	km	R\$ 19.869,87
102289	Dormente de concreto monobloco, bitola métrica, taxa de dormentação de 1.667 un/km, com dispositivo de fixação elástica tipo Fast clip - posicionamento mecanizado com escavadeira sobre esteiras com sleeper layer	km	R\$ 619.810,91
101804	Trilho TR68, comprimento de 120 m (TLS), sobre dormente de concreto ou aço, bitola métrica, taxa de dormentação de 1.667 un/km, tala de junção de 6 furos e montagem prévia de fixação elástica Fastclip - posicionamento e assentamento mecanizado	km	R\$ 1.324.081,58
Total por km			R\$ 1.963.762,36

Nota: referente a setembro de 2021

Fonte: Desenvolvido pelo autor com dados de BRASIL (2021)

1.1.3 Conversão de bitola larga para mista

No tocante a conversão da bitola larga para a mista, insere-se um terceiro trilho, havendo a necessidade de substituição dos dormentes se for de concreto (CURY, 2011). Deste modo, estimou-se os custos conforme os serviços de:

- Instalação dos novos dormentes de concreto para a bitola mista (1.000 mm e 1.600 mm);
- Instalação e fixação de um trilho.

O Quadro 14 apresenta a estimativa de custo de conversão de 1 km de via férrea de bitola larga para mista (1.600 mm e 1.000 mm), bem como o código de referência do SICFER.

Quadro 14 - Custo para conversão de bitola larga para mista – por km

Ref.	Serviço	Unid.	Custo
102291	Dormente de concreto monobloco, bitola mista, taxa de dormentação de 1.667 un/km, com dispositivo de fixação elástica tipo Fast clip - posicionamento mecanizado com escavadeira sobre esteiras com sleeper layer	km	R\$ 1.085.399,5

101713	Trilho TR68, comprimento de 120 m (TLS), sobre dormente de concreto, bitola mista, taxa de dormentação de 1.667 un/km, tala de junção de 6 furos e montagem prévia de fixação elástica Fastclip - posicionamento e assentamento mecanizado	km/3 ¹⁵	R\$ 724.339,69
Total por km			R\$ 1.809.739,19

Nota: referente a setembro de 2021

Fonte: Desenvolvido pelo autor com dados de BRASIL (2021)

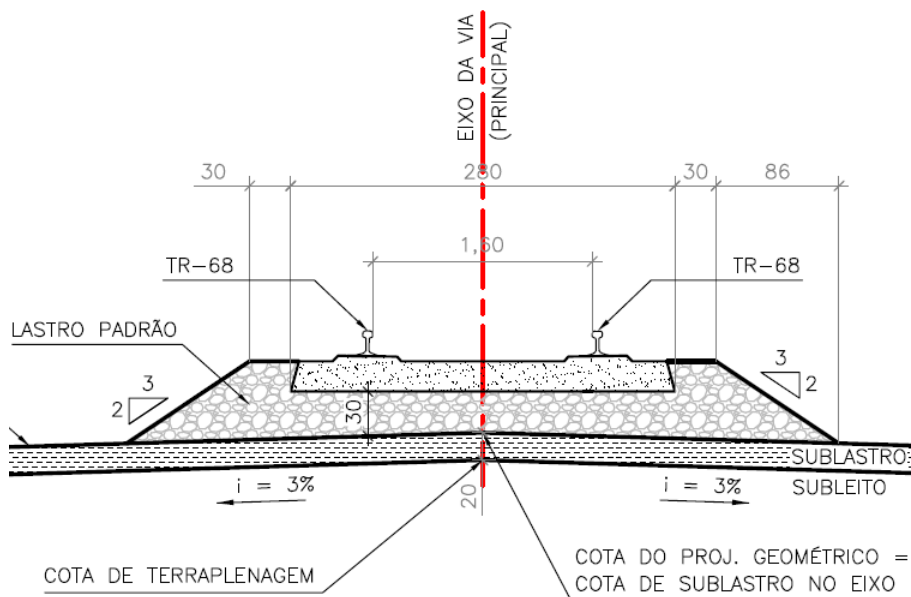
4.3.2 Conversão da superestrutura de bitola métrica para larga e mista

No processo de mudança de uma bitola mais estreita para uma mais larga, no entanto, pode haver maior complexidade devido às adequações indispensáveis em OAEs, dormentes, lastro, aterros e cortes (CURY, 2011). Deste modo, tanto para os casos de conversão da bitola métrica para a bitola larga e para a bitola mista, estimou-se os custos por quilômetro de via.

Em relação às adequações da superestrutura, para a conversão de uma via com bitola métrica para a bitola larga ou bitola mista, considerou-se que há total substituição do lastro e sublastro devido a possibilidade de contaminação dos mesmos das vias em bitola métrica anteriores. Para a determinação do volume do lastro de uma via de bitola larga (ou mista), com base em Brasil (2013b), considerou-se as dimensões do lastro de uma via singela, sem superelevação, conforme a seção tipo do estudo de engenharia do trecho de Maracaju - MS a Lapa - PR, apresentada na Figura 13.

¹⁵ Dividiu-se o custo referente à bitola larga (2 trilhos) por 2 e da mista (3 trilhos) e ambos resultaram no mesmo valor, logo o custo de 1 km de um trilho é um terço do custo da composição dos trilhos da bitola mista.

Figura 13 - Seção tipo de uma via em bitola larga – 1,60 m

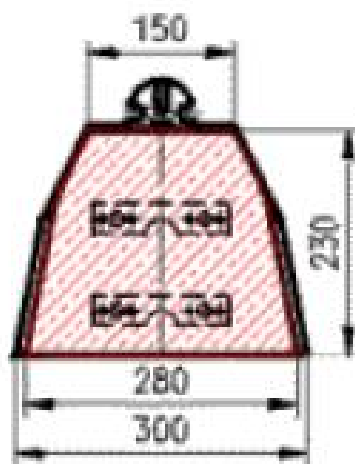


Nota: dimensões em centímetros
Errata: bitola em metros (1,60 m)
Fonte: BRASIL (2013b)

Conforme a Figura 13, a via possui altura do lastro de 30 cm, ombro do lastro de 30 cm, altura do sublastro de 20 cm, e talude do lastro de 1:1,5 (altura-base), com projeção horizontal de 86 cm.

Para a altura dos dormentes, com base em Brasil (2016a), adotou-se conforme especificações técnicas de material ferroviário. Assim, a Figura 14 ilustra a seção transversal do dormente de concreto monobloco considerado para a estimava.

Figura 14 - Seção transversal de dormente de concreto monobloco



Nota: dimensões em milímetros
Fonte: BRASIL (2016a)

Como a taxa de dormentação adotada é de 1.667 dormentes/km, logo o espaçamento entre os dormentes é de 60 cm. O Quadro 15 apresenta o resumo das características adotadas para a via permanente com bitola larga.

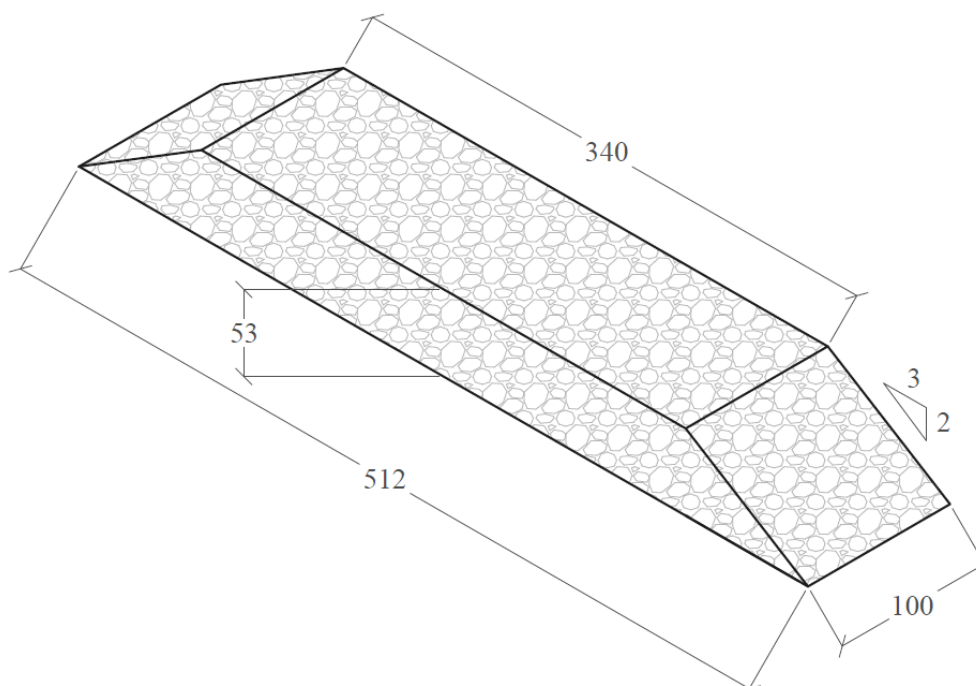
Quadro 15 - Características técnicas para o lastro de uma via em bitola larga

Altura do dormente de Concreto	23 cm
Altura do lastro de brita faixa nº 24	30 cm
Ombro do lastro	30 cm
Espaçamento entre dormentes	60 cm

Fonte: Desenvolvido pelo autor com dados de BRASIL (2013b)

De maneira a simplificar a estimativa de volume do lastro da via com bitola larga ou mista, em um trecho de 1,00 m, modelou-se um tronco de pirâmide (Figura 15) com base nas dimensões apresentadas na Figura 13.

Figura 15 - Lastro para trecho de via singela em bitola larga



Nota: dimensões em centímetros

Fonte: Desenvolvido pelo autor

Para a subtração do volume dos dormentes (inseridos no lastro) em relação ao volume do tronco de pirâmide, para um espaçamento entre dormentes de 0,6 m, há 2 dormentes com 2,80 m de comprimento (Figura 13) por metro de via férrea.

O Quadro 16 apresenta a estimativa de volume de brita contida no lastro da via de bitola larga ou mista.

Quadro 16 - Estimativa de volume de brita para o lastro de bitola larga e mista

Base menor do trapézio (m)	3,400
Base maior do trapézio (m)	5,120
Altura do tronco de pirâmide (m)	0,530
Comprimento do trecho (m)	1,000
Volume do tronco de pirâmide (m ³)	2,258
Volume de 2 dormentes (m ³ /m de via)	0,289
Volume de lastro (m³/m de via)	1,968
Volume de lastro (m³/km de via)	1.968

Fonte: Desenvolvido pelo autor

Com base no volume de lastro estimado em metros cúbicos por quilômetro (Quadro 16) e em Brasil (2021), pode-se converter o custo para o lançamento de lastro para 1 quilômetro, já que o SICFER apresenta este custo por metro cúbico. Esta conversão é apresentada no Quadro 17.

Quadro 17 - Conversão do custo de m³ de lastro para 1 km

Ref.	Composição	Unidade	Custo Unitário	Quantidade (m ³)	Custo
100431	Lançamento de lastro, qualquer bitola, descarga de pedra britada com carregadeira de pneus	m ³	R\$ 100,91	1.968,0	R\$ 198.590,88

Fonte: Desenvolvido pelo autor com dados de Brasil (2021)

Segundo Brasil (2013a; 2013c), tanto para o estudo de engenharia do trecho de Maracaju – MS a Lapa – PR como de Lapa – PR a Paranaguá – PR, adotou-se para a dimensão da largura da plataforma de cortes e aterros (onde o sublastro é apoiado e possui praticamente a mesma largura) a distância de 8,50 metros. Com base nesta largura e na altura do sublastro de 20 cm para estes trechos (Figura 13), para 1 km de via férrea, calculou-se um volume aproximado de sublastro de 1700 m³. A partir desse volume, estimou-se o custo para o serviço de substituição do sublastro com base em Brasil (2021), conforme o Quadro 18. Adotou-se o tipo de sublastro em mistura solo brita por ser a única composição de custo disponível no SICFER.

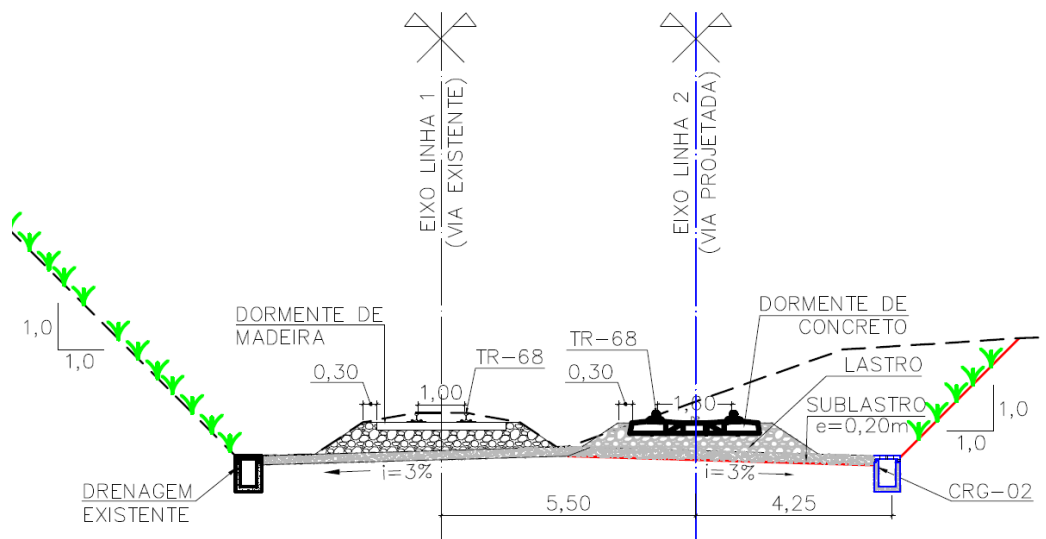
Quadro 18 - Custo de 1 quilômetro de sublastro

Ref.	Composição	Unidade	Custo Unitário	Quantidade	Custo
102105	Sublastro em mistura solo brita	m ³	R\$ 56,80	1700 m ³	R\$ 96.560,00

Fonte: Desenvolvido pelo autor com dados de Brasil (2021)

Em relação a demolição da via de bitola métrica, com base em Brasil (2013d), utilizou-se como referência a seção de via férrea em bitola métrica do estudo de engenharia do trecho de Lapa – PR a Paranaguá – PR, ilustrado na Figura 16.

Figura 16 - Seção de via de bitola métrica e de bitola larga



Nota: dimensões em metros

Fonte: BRASIL, 2013d

De acordo com a Figura 16, comparando-se as vias de bitola métrica e de bitola larga (1.600 mm), ambas possuem os trilhos TR-68. Porém, a seção da via em bitola métrica utiliza dormentes de madeira.

No que se refere a taxa de dormentação para vias de bitola métrica, considerou-se, com base em exemplo demonstrado para uma via de bitola métrica em Brina (1979), a quantidade de 1.750 dormentes/km.

A partir destes valores, e com base nas composições do SICFER (2021), estimou-se os custos para conversão da superestrutura em bitola métrica para a bitola larga, conforme os trabalhos de:

- Demolição da via, com separação e empilhamento de dormentes e trilhos;
- Adequações do sublastro e lastro para a bitola larga;
- Instalação dos novos dormentes para a bitola de 1.600 mm;
- Instalação e fixação de trilhos para a bitola de 1.600 mm.

Quadro 19 - Conversão da superestrutura da bitola métrica para a larga - por km

Ref.	Serviço	Unid.	Custo Unitário
20060	Demolição de via, bitola métrica, 1.750 dormentes de madeira/km, trilho TR 68, barras com 18 m de comprimento, com separação e empilhamento	km	R\$ 15.606,21
102105 (adaptado)	Sublastro em mistura solo brita	km	R\$ 96.560,00
100431 (adaptado)	Lançamento de lastro, qualquer bitola, descarga de pedra britada com carregadeira de pneus	km	R\$ 198.590,88
100471	Regularização manual do lastro em via corrida, bitola larga, com qualquer tipo de dormente	km	R\$ 3.581,21
102290	Dormente de concreto monobloco, bitola larga, taxa de dormentação de 1.667 un/km, com dispositivo de fixação elástica tipo Fast clip - posicionamento mecanizado com escavadeira sobre esteiras com sleeper layer	km	R\$ 765.207,47
101712	Trilho TR68, comprimento de 120 m (TLS), sobre dormente de concreto, bitola larga, taxa de dormentação de 1.667 un/km, tala de junção de 6 furos e montagem prévia de fixação elástica Fastclip - posicionamento e assentamento mecanizado	km	R\$ 1.448.621,74
Total por km			R\$ 2.528.167,51

Fonte: Desenvolvido pelo autor com dados de BRASIL (2021)

Para a conversão da superestrutura de vias de bitola métrica para a bitola mista, estimou-se o custo conforme os trabalhos de:

- Demolição da via, com separação e empilhamento de dormentes e trilhos;
- Adequações do lastro para a bitola larga;
- Instalação dos novos dormentes para a bitola mista, de 1.000 mm e 1.600 mm;
- Instalação e fixação de trilhos para a bitola mista.

Quadro 20- Conversão da superestrutura da bitola métrica para a mista – por km

Ref.	Serviço	Unid.	Custo Unitário
20060	Demolição de via, bitola métrica, 1.750 dormentes de madeira/km, trilho TR 68, barras com 18 m de comprimento, com separação e empilhamento	km	R\$ 15.606,21
102105 (adaptado)	Sublastro em mistura solo brita	km	R\$ 96.560,00
100431	Lançamento de lastro, qualquer bitola, descarga de pedra britada com carregadeira de pneus	km	R\$ 198.590,88
100486	Regularização manual do lastro em via corrida, bitola mista, com qualquer tipo de dormente	km	R\$ 4.297,17
102291	Dormente de concreto monobloco, bitola mista, taxa de dormentação de 1.667 un/km, com dispositivo de fixação elástica tipo Fast clip - posicionamento mecanizado com escavadeira sobre esteiras com sleeper layer	km	R\$ 1.085.399,5
101713	Trilho TR68, comprimento de 120 m (TLS), sobre dormente de concreto, bitola mista, taxa de dormentação de 1.667 un/km, tala de junção de 6 furos e montagem prévia de fixação elástica Fastclip - posicionamento e assentamento mecanizado	km	R\$ 2.173.019,06
Total por km			R\$ 3.573.472,82

Fonte: Desenvolvido pelo autor com dados de BRASIL (2021)

4.3.3 Comparativo das conversões de bitola

A Tabela 8 apresenta as estimativas de custo para conversão de bitolas em relação à superestrutura de vias férreas.

Tabela 8 - Comparativos de estimativa de custo de conversão de bitolas

	Bitola larga para métrica (por km)	Bitola larga para mista (por km)	Bitola métrica para larga (por km)	Bitola métrica para mista (por km)
Alternativa	1	2	3	4
Custo	R\$ 1.963.762,36	R\$ 1.809.739,19	R\$ 2.528.167,51	R\$ 3.573.472,82

Fonte: Desenvolvido pelo autor com dados de Brasil (2013a, 2013d, 2021).

De acordo com a Tabela 8, considerando-se os custos em ordem de grandeza, somente de conversão da superestrutura, os custos das alternativas 1 e 2 são semelhantes; seguidos das alternativas 3 e 4 em ordem crescente de custo. Entretanto, para um cenário de padronização de bitolas, as opções 3 e 4 requereriam ainda outras intervenções, principalmente em pontes, viadutos, túneis, cortes e aterros, o que encarecia mais em um custo total para estes casos (CURY, 2013).

Devido à complexidade e subjetividades em relação às intervenções na infraestrutura nos casos 3 e 4, há limitações para esta estimativa. Contudo, com o intuito de elucidação, pode-se tomar como base o orçamento de projetos de ferrovias. Deste modo, considerou-se os orçamentos de infraestrutura e OAEs das alternativas dos trechos de Maracaju – MS a Lapa –

PR e Lapa a Paranaguá. Considerou-se como infraestrutura os serviços de terraplanagem e obras de drenagem. Como os orçamentos destes trechos ferroviários são referentes ao ano de 2013, o Quadro 21 apresenta os orçamentos da infraestrutura e OAEs, bem como uma estimativa da correção monetária, segundo FGV (2022), de 68,16% entre o período de setembro de 2013 e setembro de 2021¹⁶ para o Índice de Nacional de Custo da Construção.

Quadro 21 - Orçamento de traçados de ferrovias – 2013 e ajuste pelo INCC-M

Trecho	Lapa – PR a Paranaguá - PR		Maracaju – MS a Lapa -PR	
	1	2	1	2
Trecho				
Extensão (km)	248,0	244,7	978,8	970,4
Infraestrutura (por km)	R\$ 2.910.259,65	R\$ 2.733.703,29	R\$ 2.897.417,65	R\$ 4.209.230,33
Infraestrutura – INCC¹ (por km)	R\$ 4.893.892,63	R\$ 4.596.995,45	R\$ 4.872.297,52	R\$ 7.078.241,73
OAEs	R\$ 1.602.500.564,75	R\$ 2.757.934.402,50	R\$ 1.155.294.980,00	R\$ 1.557.209.000,00
OAEs (INCC)¹	R\$ 2.694.764.949,68	R\$ 4.637.742.491,24	R\$ 1.942.744.038,37	R\$ 2.618.602.654,40

Fonte: Desenvolvido pelo autor com dados de BRASIL (2013a; 2013c); FGV (2022) ¹

Analisando-se os valores corrigidos do Quadro 21 e considerando ao menos 20% destes valores como adequação de infraestrutura das conversões de bitola para as alternativas 3 e 4, nota-se que pode haver um acréscimo em ordem de grandeza de centenas de milhares a milhões, no custo total da infraestrutura por quilômetro, e até de bilhões no custo total, se houver OAEs.

Em relação ao tempo de obras para as conversões de bitola, por haver intervenções predominantemente na superestrutura, as alternativas 1 e 2 possuem menor prazo para a execução. Segundo Conheça (2016), troca-se aproximadamente 200 dormentes de aço por dia, de modo manual, em manutenções da via permanente. Com base nisto, pode-se estimar que 1.667 dormentes de concreto, adotado na estimativa de custo (Tabela 7 - Critérios de projeto adotados), poderia ser substituído em aproximadamente 8,3 dias para um quilômetro de via férrea. Ademais, de acordo Chandra; Agarwal (2007), considerando-se que o manuseio dos dormentes de concreto¹⁷ seja somente de modo mecanizado, o tempo de substituição poderia ser ainda menor. Assim, para a conversão de bitolas das alternativas 1 (larga para métrica) e 2 (larga para mista), onde somente ocorre intervenções em dormentes e trilhos, em até um mês

¹⁶ Mesmo ano considerado para estimativa de custos da conversão de bitolas (Tabela 8 - Comparativos de estimativa de custo de conversão de bitolas).

¹⁷ Vide Quadro 3 - Comparação de diferentes tipos de dormentes

poderia ocorrer estas conversões para um quilômetro de ferrovia, o que seria um curto prazo. Soma-se a isso, o baixo impacto nas operações da linha ferroviária, principalmente para a alternativa 2, pois o material rodante da bitola larga poderia continuar a transitar, desde que houvesse um planejamento para a conversão de bitola; por exemplo, ocorrendo nos mesmos períodos de uma manutenção periódica de via permanente da concessionária ou mesmo planejando-se a conversão de bitola conforme período vago de operações de transporte em determinado trecho.

Para as alternativas 3 e 4, no entanto, haveria um longo prazo para a execução de conversão de bitolas, pois necessita-se de intervenções na infraestrutura e superestrutura, além de prazos para execução de adequações em pontes, viadutos e gabaritos de túneis. Conseqüentemente, poderia haver um alto impacto nas operações de transporte de carga das linhas onde houvesse tal conversão.

No tocante a relação da conversão de bitolas com o material rodante em operação, o Quadro 22 apresenta uma estimativa da quantidade de material rodante em relação às bitolas nas concessionárias do Brasil.

Quadro 22 – Material rodante em relação as bitolas

Concessão	Extensão (km)	Bitola métrica	Bitola de 1.600 mm	Bitola Mista	Locomotivas	Vagões em operação
Estrada de Ferro Carajás	978	-	100 %	-	217	10.756
Estrada de Ferro Paraná Oeste	248,6	100%	-	-	15	426
Estrada de Ferro Vitória a Minas	905	97,6%	-	2,4%	322	19.154
Ferrovias Centro-Atlântica	7.222,1	98,2%	-	1,8%	718	20.000
Ferrovias Tereza Cristina	164	100%	-	-	17	554
Ferrovias Norte Sul - Tramo Norte	744,5	-	100%	-	41	2.918
Ferrovias Transnordestina Logística	4.295,1	99,5%	-	0,5%	105	1.377
MRS Logística	1.643	-	95,7%	4,3%	770	19.000
Rumo Malha Sul	7.223,4	100%	-	-	624	18.627
Rumo Malha Norte	735,3	-	100%	-	347	5.861
Rumo Malha Oeste	1.973,1	100%	-	-	71	3.428
Rumo Malha Paulista	2.055,3	11,8%	75,1%	13,1%	506	9.458

Fonte: Adaptado de CNT (2017); VALE (2015; 2022) ; FERROESTE (2016) ; FCA (c2021) ; FTC (2022); CSN (2022); MRS (2022).

Analisando o Quadro 22, observa-se que a quantidade de material rodante para a bitola larga se destaca para a Estrada de Ferro Carajás (EFC), com 10.756 vagões e 217 locomotivas; MRS Logística, com cerca de 19.000 vagões e 770 locomotivas; e Rumo Malha Norte e Malha Paulista, as quais apresentam cerca de 5.861 vagões e 9.458 vagões,

respectivamente. Havendo 75,1% da malha em bitola larga e 11,8% em bitola métrica, entende-se que há maior quantidade de material rodante de bitola larga para a Rumo Malha Paulista.

Em relação a quantidade de material rodante em bitola métrica, também há uma grande quantidade, destacando-se a Estrada de Ferro Vitória a Minas (EFVM), com cerca de 19.154 vagões e 322 locomotivas; a Ferrovia Centro Atlântica (FCA), com cerca de 20.000 vagões e 718 locomotivas; e a Rumo Malha Sul, com cerca de 18.627 vagões e 624 locomotivas;

A partir das informações apresentadas na Tabela 8 - Comparativos de estimativa de custo de conversão de bitolas - e no Quadro 22, sendo os custos da alternativa 1 (larga para métrica) e alternativa 2 (larga para mista) semelhantes, inviabiliza-se a utilização de grade quantidade de material rodante com a alternativa 1, assim, a conversão de larga para mista é mais vantajosa um cenário de integração da malha ferroviária nacional, pois admite o tráfego de material rodante de ambas bitolas.

Entre as décadas de 1960 e 1970, embora desconhecidos os motivos técnicos e econômicos, determinou-se que as construções das ferrovias seriam com a bitola de 1.600 mm pelo Plano Nacional de Viação (CURY, 2011; TELLES, 2011). Deste modo, para a conversão da bitola métrica em bitola larga (alternativa 3) em relação ao material rodante, mesmo que haja inviabilização de uso do material rodante de bitola métrica, como as novas ferrovias são construídas em bitola larga, entende-se que há uma tendência de crescimento da aquisição de material rodante em bitola larga, a longo prazo. Além disso, há a opção de conversão de vias com bitolas métricas em bitolas largas utilizando dormentes de bitola mista e trilhos de bitola larga, possibilitando a opção de adição de somente um trilho posteriormente, como o exemplo, com base em Paraná (2017), da ligação entre a Estação de Engenheiro Bley, na cidade da Lapa – PR e Paranaguá-PR em estudo do corredor oeste de exportação do Paraná.

Para alternativas 2 e 4, permite-se o transporte de carga com material rodante para ambas bitolas.

Pode-se ainda comparar os custos estimados com os orçamentos dos traçados com bitola larga do estudo de engenharia do trecho de Maracaju – MS a Lapa – PR. De acordo com Brasil (2013a), os traçados possuem os mesmos parâmetros de projeto da superestrutura da estimativa das conversões das bitolas (Tabela 7 - Critérios de projeto adotados).

De acordo com Brasil (2013a), estão incorporados nos custos indiretos as atividades de:

- Serviços preliminares;

- Obras complementares;
- Proteção ambiental;
- Sistemas ferroviários;
- Instalações fixas;
- Instalações em manutenções dos canteiros de obras;
- Projeto executivo;
- Desapropriação e aquisição de terras;
- Equipamentos ferroviários.

O Quadro 23 apresenta o orçamento dos três traçados do estudo de engenharia do trecho entre Maracaju (MS) a Lapa (PR). Cada custo é referente por quilômetro de ferrovia.

Quadro 23 - Orçamento dos traçados do trecho de Maracaju (MS) a Lapa (PR) – 2013 – por km

Traçado	1	2	3
Extensão (km)	978,825	970,366	1.018,297
Infraestrutura (Terraplanagem + Drenagem)	R\$ 2.897.417,652	R\$ 4.209.230,332	R\$ 2.443.004,790
Superestrutura	R\$ 2.343.845,938	R\$ 2.345.099,891	R\$ 2.338.270,074
Subtotal	R\$ 5.241.263,589	R\$ 6.554.330,223	R\$ 4.781.274,864
Custo Indiretos	R\$ 899.017,161	R\$ 1.142.273,273	R\$ 830.883,934
Subtotal	R\$ 6.140.280,751	R\$ 7.696.603,495	R\$ 5.612.158,798
OAEs	R\$ 1.180.287,569	R\$ 1.604.764,595	R\$ 1.153.610,372
Total	R\$ 7.320.568,320	R\$ 9.301.368,090	R\$ 6.765.769,170

Nota: Os valores apresentados são por km de ferrovia

Fonte: Adaptado de BRASIL (2013a)

Devido aos orçamentos destes traçados serem referentes ao ano de 2013, com base em FGV (2022), estimou-se uma correção monetária de 68,16% entre os períodos de setembro de 2013 e setembro de 2021 para o INCC-M. Deste modo, o Quadro 24 apresenta o orçamento das ferrovias de bitola larga, por quilômetro de ferrovia, do trecho Maracaju a Lapa com os valores corrigidos.

Quadro 24 - Orçamento dos traçados do trecho de Maracaju (MS) a Lapa (PR) – INCC – por km

Traçado	1	2	3
Extensão (km)	978,825	970,366	1.018,297
Infraestrutura (Terraplanagem + Drenagem)	R\$ 4.872.297,523	R\$ 7.078.241,726	R\$ 4.108.156,855
Superestrutura	R\$ 3.941.411,329	R\$ 3.943.519,977	R\$ 3.932.034,956
Subtotal	R\$ 8.813.708,852	R\$ 11.021.761,703	R\$ 8.040.191,811
Custo Indiretos	R\$ 1.511.787,259	R\$ 1.920.846,735	R\$ 1.397.214,424
Subtotal	R\$ 10.325.496,110	R\$ 12.942.608,438	R\$ 9.437.406,235
OAEs	R\$ 1.984.771,576	R\$ 2.698.572,142	R\$ 1.939.911,201
Total	R\$ 12.310.267,687	R\$ 15.641.180,580	R\$ 11.377.317,436

Nota: Os valores apresentados são por km de ferrovia

Fonte: Adaptado de BRASIL (2013a) com base em FGV (2022)

Com base nas estimativas de custo de conversão de bitolas na superestrutura (Tabela 8 - Comparativos de estimativa de custo de conversão de bitolas) e os orçamentos do Quadro 23 e Quadro 24, comparou-se em porcentagem os custos das conversões de bitola em relação ao orçamento do traçado 3, de menor custo, do trecho de Maracaju a Lapa, como apresentado na Tabela 9. Devido a subjetividade de quantidade de OAEs para os traçados, desprezou-se os custos relacionados às mesmas.

Tabela 9 - Comparativos de custos de trecho de bitola larga e conversões de bitola (superestrutura) – por km

Via de bitola larga - Traçado 3	Bitola larga para métrica	Bitola larga para mista	Bitola métrica para larga	Bitola métrica para mista
Superestrutura	84,0%	77,4%	108,1%	152,8%
Superestrutura (IPCA)¹	49,9%	46,0%	64,3%	90,9%
Infraestrutura + Superestrutura	41,1%	37,9%	52,9%	74,7%
Infraestrutura + Superestrutura (IPCA)¹	24,4%	22,5%	31,4%	44,4%
Infraestrutura + Superestrutura + Custos Indiretos	35,0%	32,2%	45,0%	63,7%
Infraestrutura + Superestrutura + Custos Indiretos (IPCA)¹	20,8%	19,2%	26,8%	37,9%

Fonte: Desenvolvido pelo autor com dados de BRASIL (2013a); 1 FGV (2022)

Analisando-se os dados da Tabela 9, entende-se que o custo da conversão de bitola larga para a métrica (alternativa 1) e bitola larga para mista (alternativa 2) está em uma faixa de 19,2% a 35% em relação a construção de um trecho de bitola larga. Destaca-se que não foi considerado as construções das OAEs dos trechos de bitola larga.

Em relação a conversão da superestrutura da bitola métrica para larga, em comparação com o custo de construção da superestrutura de uma via de bitola larga, devido a custos como de demolição da superestrutura, acredita-se que o custo de conversão se encontra no limite superior, próximo a 108,1%.

Comparando-se o custo relativo à superestrutura de uma via de bitola larga e da conversão da bitola métrica para mista, somente em relação a superestrutura, a porcentagem pode estar mais perto de 152,8% do que de 90,9%, pois os trilhos compõem a maior parte do custo de uma superestrutura e já que a via de bitola mista emprega um trilho a mais, é provável que apresente um valor mais próximo dos 150% do que dos 91% em relação a construção de uma via de bitola larga.

O Quadro 25 apresenta um resumo das comparações de conversões de bitolas.

Quadro 25 - Resumo das comparações de conversões de bitolas

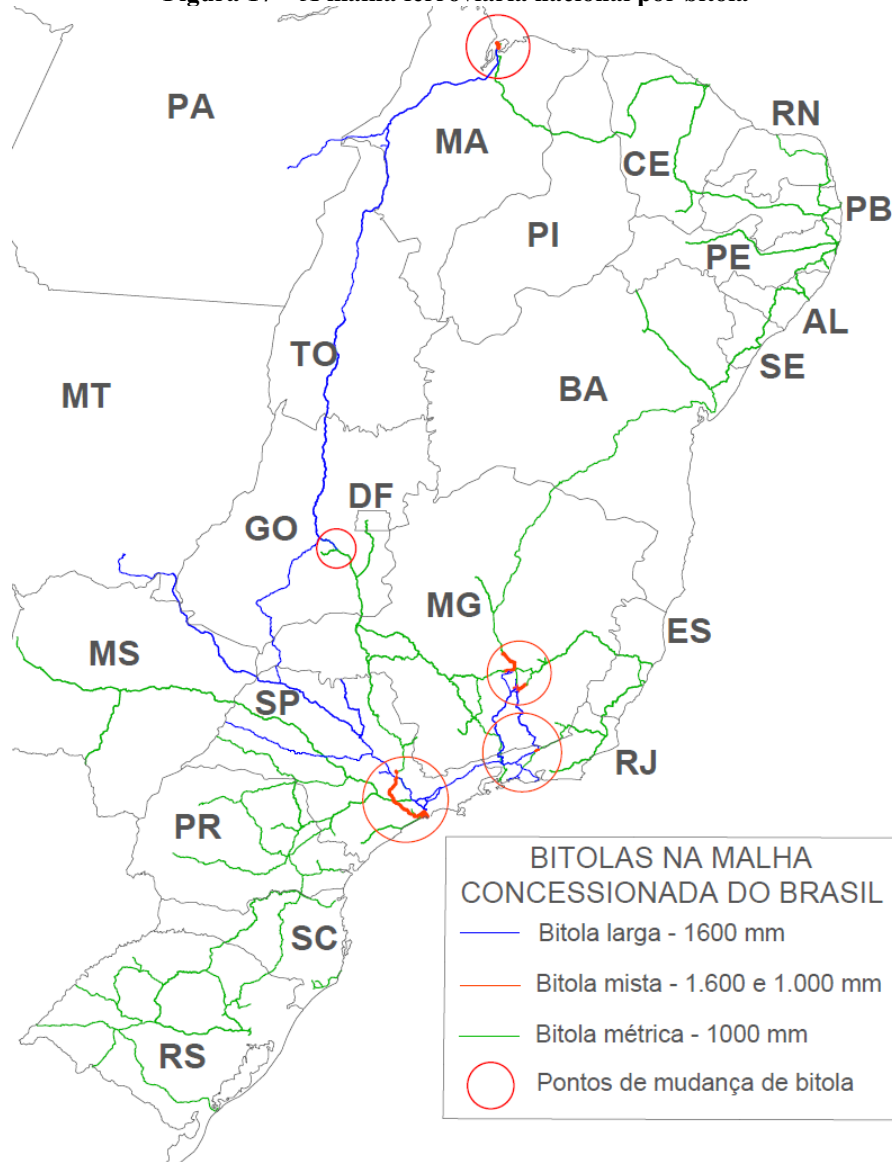
Aspectos	Bitola larga para métrica (por km)	Bitola larga para mista (por km)	Bitola métrica para larga (por km)	Bitola métrica para mista (por km)
Ordem de Grandeza de Custo	R\$ 1.963.762,36	R\$ 1.809.739,19	R\$ 2.528.167,51 + custo de intervenções na infraestrutura e OAEs	R\$ 3.573.472,82 + custo de intervenções na infraestrutura e OAEs
Tempo para conversão por km	Menor tempo	Menor tempo	Longo prazo	Longo prazo
Adequações em Infraestrutura	Não	Não	Sim	Sim
Adequações em OAEs	Não	Menor probabilidade	Sim	Sim
Impacto na operação de transporte da linha	Baixo	Baixo	Alto	Alto
Material rodante	Somente para bitola métrica	Para bitola métrica e bitola larga	Somente para bitola larga	Para bitola métrica e bitola larga
% de custo (2013) em relação a via de bitola larga	35,0%	32,2%	108,1% (somente em relação às superestruturas)	152,8% (somente em relação às superestruturas)
% de custo (INCC) em relação a via de bitola larga	20,8%	19,2%	-	-

Fonte: Desenvolvido pelo autor com dados de BRASIL (2013a; 2021); FGV (2022)

4.4 Possibilidade de integração na malha ferroviária do Brasil

Para um estudo da possibilidade de integração das ferrovias no Brasil, em perspectiva de bitolas, primeiramente, mapeou-se as malhas ferroviárias concessionadas em função das bitolas utilizadas (Figura 17). As linhas em azul representam os trechos em bitola de 1.600 mm; as linhas verdes, os trechos de bitola de 1.000 mm; e as laranjas, os trechos em bitola mista (1.000 mm e 1.600 mm). Além disso, circulou-se em vermelho os principais pontos de quebra de bitola.

Figura 17 – A malha ferroviária nacional por bitola



Fonte: Adaptado de BRASIL (2019) com dados de BRASIL (2022a)

Com base na Figura 17, é notória a predominância da bitola métrica na malha ferroviária brasileira, presente em cerca de 74,42% (Gráfico 3 - Distribuição das bitolas no Brasil atualmente) das vias férreas, enquanto as vias de bitola larga representam cerca de 23,0% (Gráfico 3) e as vias de bitola mista, aproximadamente 2,6% do total. Nota-se as limitações de um trem de bitola de 1.600 mm percorrer as regiões Sul e Nordeste do país, ou mesmo um trem de bitola de 1.000 mm percorrer os estados de Tocantins e certas regiões do Maranhão, Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, prejudicando um transporte ferroviário de mercado interno. Além disso, observando-se os pontos de mudança de bitola, destaca-se a concentração de quebras de bitolas no Sudeste do Brasil, onde há restrições de um trem de

bitola métrica trafegar do Sul diretamente para o Nordeste (ou vice-versa) através dos estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais, onde há um isolamento de uma malha ferroviária em bitola larga. Trata-se da malha ferroviária concessionada à MRS Logística, ilustrada na Figura 18 em linhas verdes.



Fonte: Adaptado de BRASIL (2019)

Analisando-se a Figura 18, percebe-se que a malha ferroviária em questão conecta as capitais dos três estados: São Paulo, Rio de Janeiro e Belo Horizonte. De acordo com dados do IBGE (2019), São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais foram responsáveis por 51,16% do Produto Interno Bruto (PIB) nacional em 2019, sendo o PIB de cada estado os valores de 31,78%, 10,56% e 8,82%, respectivamente. Portanto, refere-se a uma região de grande influência econômica nacional. Deste modo, a integração do transporte ferroviário, desta região com as demais regiões onde há malhas de bitola métrica, poderia impulsionar a participação do modo ferroviário na matriz do transporte de carga do Brasil e viabilizar mais o uso das ferrovias para distâncias acima de 1.000 km (Gráfico 4 - Transporte de carga ferroviária do Brasil em função da distância (2021))

A falta de integração entre as malhas pode elevar os custos de transporte devido à possível necessidade de transbordo e maior tempo de transporte. Além disso, inviabiliza-se um maior uso das ferrovias, limitando o rendimento com economias de escala do modo

ferroviário e o impacto multiplicador do abastecimento da infraestrutura ferroviária na economia (CNT, 2013).

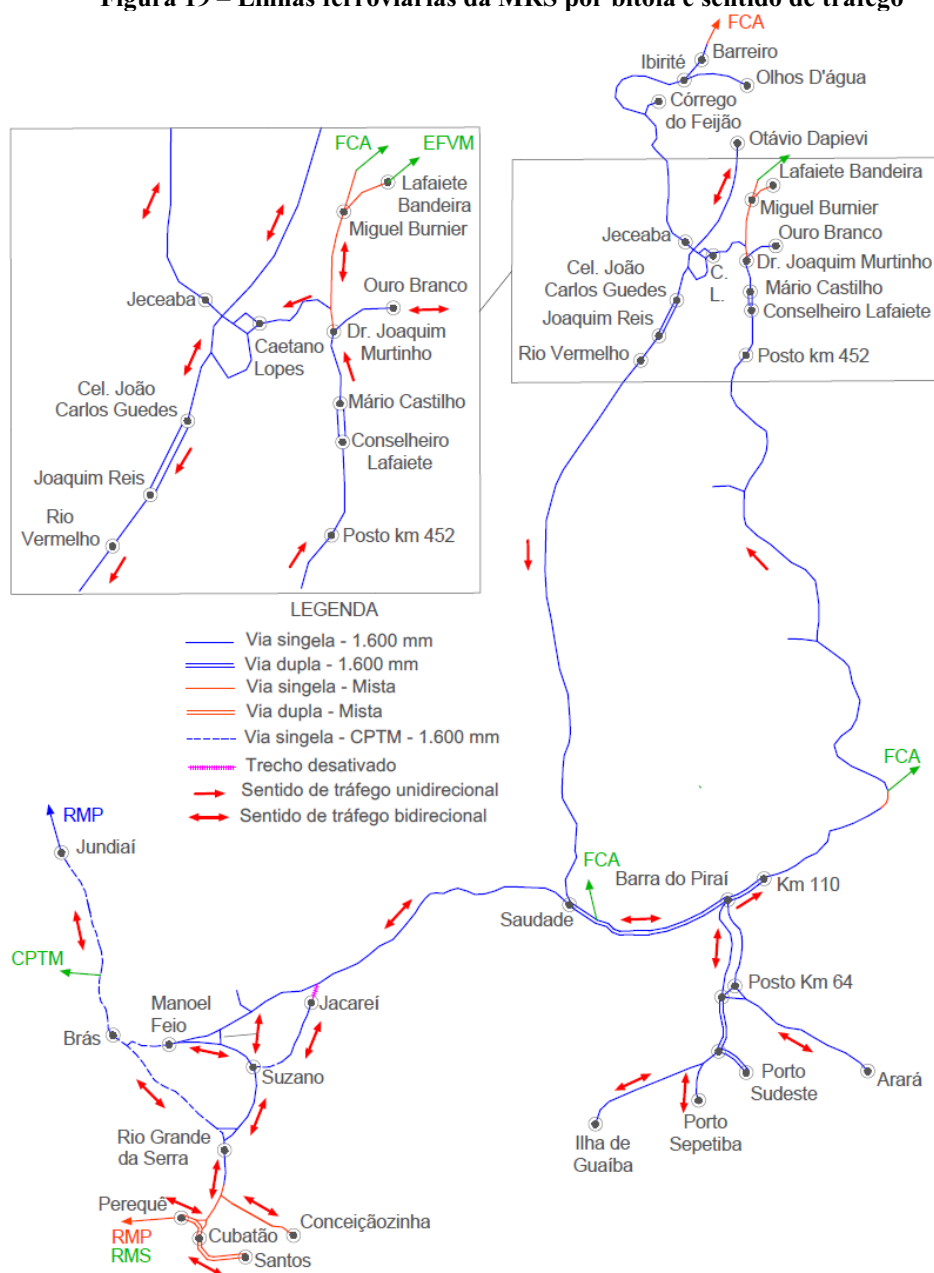
De acordo com a MRS (2022), a malha ferroviária concedida à mesma compõe uma fração de aproximadamente 6% (1.463 km) de todo sistema ferroviário nacional. Assim, além do fator de influência econômica regional, há um grande potencial para a possibilidade de integração devido à baixa em extensão de vias férreas se comparada à malha ferroviária brasileira. Portanto, essas linhas ferroviárias são o objeto de investigação deste trabalho.

Tratando-se de uma malha de bitola de 1.600 mm, adotou-se como solução a conversão da via de bitola larga em mista (implantação do terceiro trilho), alternativa mencionada predominantemente em respostas no questionário aplicado (Apêndice B). Embora determinou-se a bitola larga para as construções e projetos de novas ferrovias no Brasil (CURY, 2011), em razão da predominância da bitola métrica na malha nacional, há ainda muito material rodante¹⁸ configurados para esta bitola, assim, esta alternativa convém.

Inicialmente, buscou-se identificar os trajetos que viabilizassem a mitigação da falta de integração da malha ferroviária nacional. A Figura 19 apresenta a malha ferroviária em questão, destacando as bitolas, o tipo de via de cada trecho, o sentido de tráfego e as conexões com as outras concessionárias.

¹⁸ Vide Quadro 22 – Material rodante em relação as bitolas

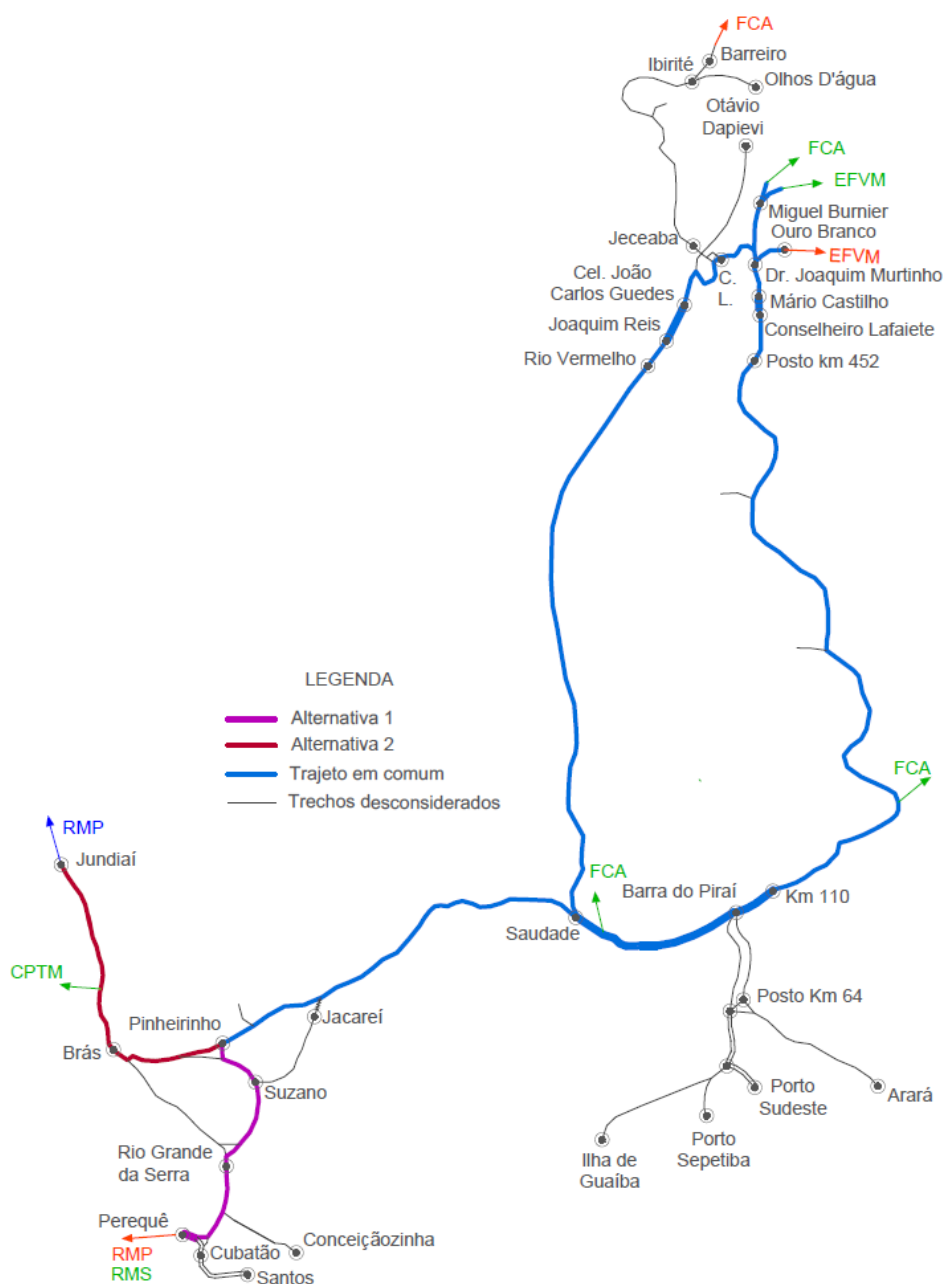
Figura 19 – Linhas ferroviárias da MRS por bitola e sentido de tráfego



Fonte: Adaptado de BRASIL [201-] com dados de BRASIL (2022a) e CPTM (2022).

Em análise às informações apresentadas na Figura 19, averiguou-se dois prováveis trajetos, como ilustrado na Figura 20.

Figura 20 – Análise de trajetos para integração das malhas ferroviárias



Fonte: Adaptado de BRASIL [201-]

No trajeto da Alternativa 1, observando-se a Figura 20, inicia-se na Estação Ferroviária do Perequê e parte em direção à estação do Pinheirinho. Por outro lado, o trajeto da Alternativa 2 inicia-se em Jundiaí em direção ao Pinheirinho. Sobre a Alternativa 2, segundo o presidente da MRS Logística, para a linha entre Rio Grande da Serra e Jundiaí, há o problema de compartilhamento com os trens urbanos da Companhia Paulista de Trens Metropolitanos (CPTM), onde estes têm a prioridade no compartilhamento do trecho. Cita-se ainda as limitações operacionais, de redução de carga e de velocidade (SURCURSAL DE BRASÍLIA, 2011). No entanto, segundo Brasil (2022c), para que ocorra a prorrogação

antecipada do contrato de concessão com a MRS até julho de 2022, umas das atribuições previstas para que haja tal prorrogação é a construção de uma malha da MRS no trecho, separando as linhas dela e da CPTM. Assim, resultaria em um novo acesso para trens de carga, possibilitando composições de maior comprimento e aumento de velocidade média das locomotivas. Prevê-se um investimento de aproximadamente R\$ 2,2 bilhões.

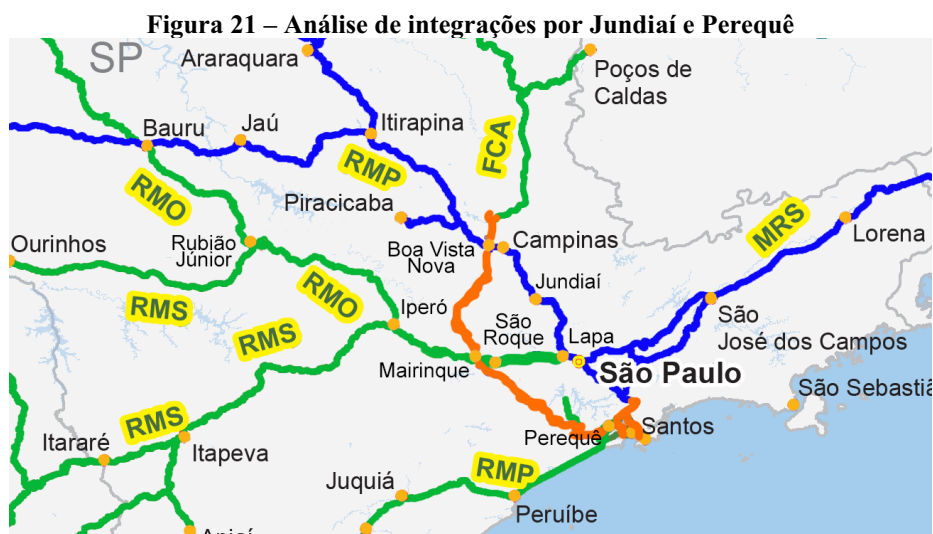
A partir de Pinheirinho, ambos trajetos são equivalentes, com destino à Miguel Burnier. O Quadro 26 apresenta as extensões (km), para as alternativas 1 e 2 da Figura 20. Para a Alternativa 1, considerou-se o início do trecho a partir de Raiz da Serra – km 22, onde termina-se o trecho de bitola mista a partir de Perequê e inicia-se o trecho em bitola larga, com base em dados de Brasil (2022).

Quadro 26 - Comparativo das extensões (km) das alternativas de trajeto

Alternativa 1: Perequê – Pinheirinho			Alternativa 2: Jundiaí - Pinheirinho		
Trecho		Extensão (km)	Trecho		Extensão (km)
Raiz da Serra - km 22,000	Rio Grande da Serra - km 41,109	19,109	Jundiaí - km 139,040	Brás - km 76,332	62,705
Rio Grande da Serra - km 41,109	Suzano Novo - km 25,000	25,000	Brás - km 76,332	Manoel Feio - km 461,858	30,597
Suzano Novo - km 25,000	Pinheirinho - km 39,095	19,202	Manoel Feio - km 461,858	Pinheirinho - km 39,095	7,072
TOTAL		63,311	TOTAL		100,374

Fonte: Desenvolvido pelo autor com dados de BRASIL (2022a)

Com base no Quadro 26, comparando-se as extensões das alternativas apresentadas, calcula-se uma diferença de 37,063 km. Além disso, calculando-se com base em dados de Brasil (2022), haveria mais um trecho de 52,160 km em bitola larga, de Jundiaí (SP) a Boa Vista Nova (SP), a ser convertida para bitola mista para que houvesse integração com as malhas de bitola métrica. Esta integração ocorreria com a Ferrovia Centro-Atlântica (FCA), a partir de Boa Vista Nova (SP); de Boa Vista Nova à Mairinque, haveria integração com a Rumo Malha Oeste (RMO); e adiante, em Iperó e Rubião Júnior, a integração com a Rumo Malha Sul (RMS). Estas integrações podem ser observadas na Figura 21, onde as linhas verdes representam as malhas de bitola métrica; as azuis em bitola larga; e as laranjas em bitola mista.

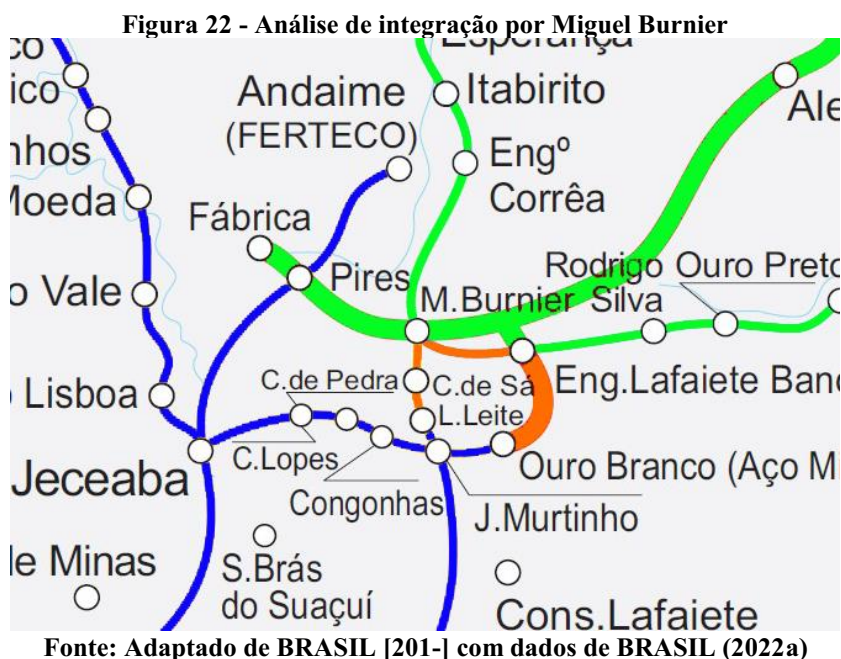


Fonte: Adaptado de BRASIL (2019)

Observando-se a Figura 21, contudo, nota-se que de Rubião Júnior e Iperó até Mairinque, e ainda de Boa Vista Nova à Mairinque, há a continuidade até Perequê, onde a Alternativa 1 (Figura 20), com menor extensão em relação a 2, se inicia.

Para este trabalho, portanto, adota-se a Alternativa 1 a partir de Perequê, pois para a possibilidade de uma integração nacional por meio da Alternativa 2, ainda haveria a necessidade de intervenções no trecho de Boa Vista à Jundiaí - 52,160 km. Justifica-se também o não uso da linha entre Mairinque e Lapa (Figura 21), pois, além do trecho entre Amador Bueno (bairro em divisa com São Roque) estar desativado (CARLOS, 2022), ainda haveria a mesma dificuldade de compartilhamento de linhas ferroviárias da CPTM com trens de carga.

A Figura 22 ilustra a outra extremidade adotada para a possibilidade de integração das malhas. As linhas verdes representam as vias de bitola métrica; as azuis, larga; e as laranjas, mistas.



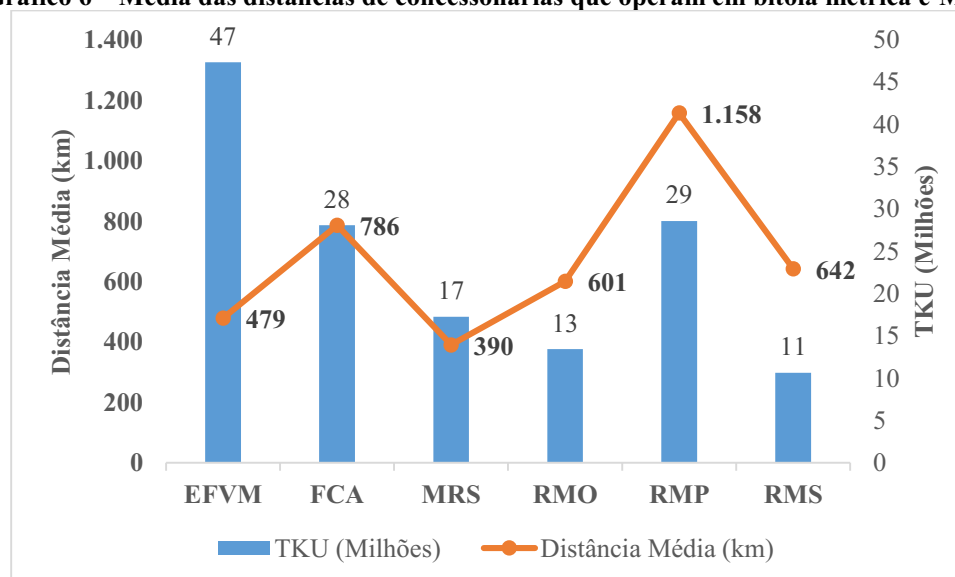
De acordo com a Figura 22, Miguel Burnier é o ponto de encontro entre a MRS, FCA e EFVM. Além disso, adotou-se também, para a conversão em bitola mista, o trecho de Dr. Joaquim Murtinho a Ouro Branco, de 9,575 km, pois haveria mais alternativas de retornos ou passagens, entre o triângulo de Miguel Burnier, Engenheiro Lafaiete Bandeira e Dr. Joaquim Murtinho. Portanto, o Quadro 27 apresenta as extensões (km) da possibilidade de integração através do trajeto em estudo para os dois sentidos de tráfego, considerando o trecho de Ouro Branco a Dr. Joaquim Murtinho.

Quadro 27 – As Distâncias para os dois sentidos de tráfego (km)

Perequê - Miguel Burnier / Ouro Branco			Ouro Branco / Miguel Burnier - Perequê		
Partida	Destino	Extensão (km)	Partida	Destino	Extensão (km)
Perequê	Rio Grande da Serra	27,339	Ouro Branco	Dr. Joaquim Murtinho	9,575
Rio Grande da Serra	Suzano Novo	25,000	Miguel Burnier	Dr. Joaquim Murtinho	19,128
Suzano Novo	Pinheirinho	19,202	Dr. Joaquim Murtinho	Caetano Lopes	20,697
Pinheirinho	Saudade	290,772	Caetano Lopes	Cel. João Carlos Guedes	11,737
Saudade	Barra do Pirai	48,050	Cel. João Carlos Guedes	Saudade	292,989
Barra do Pirai	Posto km 452	344,407	Saudade	Pinheirinho	290,772
Posto km 452	Dr. Joaquim Murtinho	37,852	Pinheirinho	Suzano Novo	19,202
Dr. Joaquim Murtinho	Miguel Burnier	19,128	Suzano Novo	Rio Grande da Serra	25,000
Dr. Joaquim Murtinho	Ouro Branco	9,575	Rio Grande da Serra	Perequê	27,339
Total		821,325	Total		716,439

Fonte: Desenvolvido pelo autor com dados de BRASIL (2022a)

Considerando as extensões apresentadas no Quadro 27, comparou-se com a média das distâncias de transporte de carga das concessionárias com malhas de bitola métrica (Gráfico 6), que supostamente se conectariam com a malha em estudo, além da própria MRS. Esta média das distâncias foi obtida a partir dos fluxos de carga dessas concessionárias durante 2021.

Gráfico 6 – Média das distâncias de concessionárias que operam em bitola métrica e MRS

Fonte: Desenvolvido pelo autor com dados de BRASIL (2022c)

Com exceção da RMP, nota-se que a média das distâncias dos fluxos de carga dessas concessionárias não ultrapassa os 800 km, o que seria somente a distância de tráfego no trajeto de Perequê à Miguel Burnier (Quadro 27) para um transporte de malha integrada. Deste modo, destaca-se o quanto em distância acrescentaria em um cenário de transporte interno, sendo este trajeto um intermediário. Portanto, uma integração da malha ferroviária viabiliza o alongamento das distâncias para o transporte de cargas.

A partir de dados de Brasil (2022a; 2020), considerou-se também as cargas por eixo máximas em cada uma dessas malhas. Para a malha em concessão à MRS considerou-se entre as cargas máximas por eixo, de entre trechos, o valor mínimo. Para outras malhas onde há a bitola métrica, considerou-se o maior valor das cargas por eixo máximas, de entre trechos, como apresenta a Tabela 10.

Tabela 10 - Carga máxima por eixo (entre trechos)

Malha Ferroviária - Concessão	Carga máxima¹ por eixo (t)	Bitola métrica	Bitola larga – 1.600 mm	Bitola mista
MRS	32	-	95,7%	4,3%
EFVM	27	97,6%	-	2,4%
FCA	25	98,2%	-	1,8%
FTL	20	99,5%	-	0,5%
RMO	31	100%	-	-
RMP	31	11,8%	75,1%	13,1%
RMS	25	100%	-	-

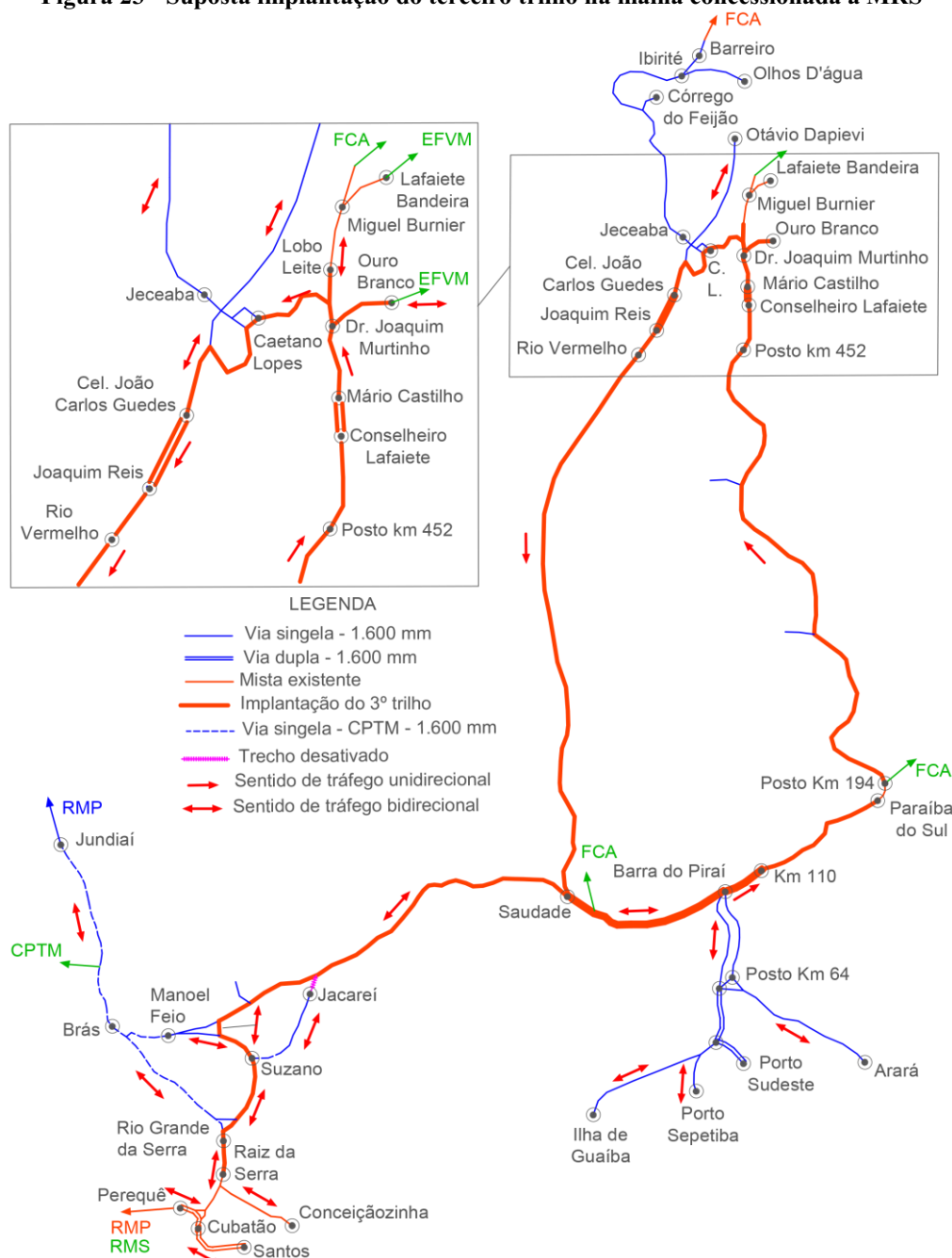
Nota: o menor valor para MRS e o maior valor para as outras

Fonte: Adaptado de CNT (2017) e BRASIL (2022a) ¹

Comparando-se o valor da carga máxima por eixo, de entre trechos da MRS, com os valores máximos de outras malhas com bitola métrica, a malha da MRS possui valor superior às outras. Portanto, em uma análise simples, há a possibilidade de trens das outras malhas trafegarem sem a necessidade de diminuição das cargas rotineiras. Por outro lado, para haver o transporte voltado para o mercado interno por serviço prestado pela MRS, para fora da própria malha, supõe-se que pode haver a necessidade de aquisição de material rodante em bitola métrica, bem como diminuição da carga rotineira. Acrescenta-se, que o compartilhamento do trajeto estudado da malha da MRS com as outras concessionárias, poderia resultar em complicações nas passagens de trens. Contudo, com um planejamento e acordo entre as concessionárias, a utilização do trecho estudado para o transporte interno no país pode expandir as distâncias de transporte e contribuir para o aumento de participação do modo ferroviário na matriz de transporte do Brasil.

Como já existem trechos em bitola mista na malha concessionada à MRS em algumas linhas, para melhor entendimento de onde haveria a implantação do terceiro trilho, destacou-se na Figura 23.

Figura 23 - Suposta implantação do terceiro trilho na malha concessionada à MRS



Fonte: Adaptado de BRASIL [201-] com dados de BRASIL (2022a)

A partir da delimitação de implantação do terceiro trilho, estimou-se com base em Brasil (2022a), conforme declaração de rede da MRS, a extensão de trechos a ser convertida para a bitola mista. No trajeto, considerou-se as extensões das vias singelas e duplas e os

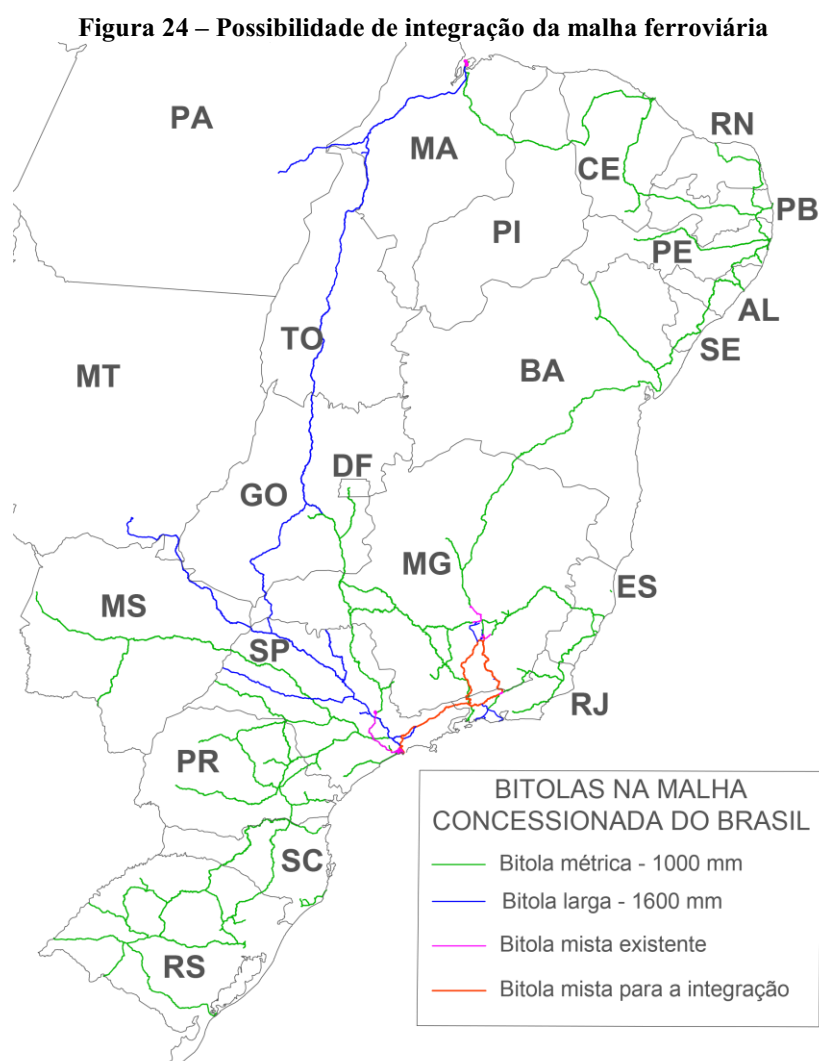
desvios dos pátios em operação. Além disso, dobrou-se as extensões de trechos com linhas duplas, como apresentado no Quadro 28.

Quadro 28 - Extensão a ser implantado o terceiro trilho (km)

Trecho	Linha	Extensão acumulada entre pátios (km)	Nº de pátios (desvios)	Extensão acumulada dos desvios (km)
Raiz da Serra - Saudade	Singela	354,083	37	75,365
Saudade - km 110	Dupla	99,1	10	25,446
km 110 – Paraíba do Sul	Singela	77,228	8	14,448
Posto km 194 – Conselheiro Lafaiete	Singela	281,188	36	72,793
Conselheiro Lafaiete - Mário Castilho	Dupla	12,040	1	4,761
Mário Castilho - Lobo Leite	Singela	14,447	0	0
Dr. Murтинho - Ouro Branco	Singela	9,575	0	0
Dr. Murтинho - Coronel João Carlos Guedes	Singela	32,434	8	15,825
Coronel João Carlos Guedes – Joaquim Reis	Dupla	38,098	0	0
Joaquim Reis - Saudade	Singela	273,940	26	65,09
Total	-	1.192,133	126	274,047

Fonte: Desenvolvido pelo autor com dados de BRASIL (2022a)

Com base nos dados do Quadro 28, haveria uma extensão de aproximadamente 1.466,18 km de vias férreas convertidas em bitola mista, entre linhas ferroviárias e desvios, para a integração das malhas no Brasil por meio do trajeto apresentado. De acordo com dados da CNT (2021), a extensão da malha ferroviária em concessão, no Brasil, é de cerca de 30.624 km. Deste modo, com a possibilidade de integração da malha nacional do trajeto deste estudo (Figura 23), haveria intervenções na superestrutura de aproximadamente 4,79% da malha nacional em concessão. A Figura 24 ilustra a alternativa em estudo de possibilidade de integração da malha ferroviária nacional em uma perspectiva mais ampla.



Fonte: Adaptado de BRASIL (2019) com dados de BRASIL (2022a)

Com base na Figura 24, nota-se a maior acessibilidade de um trem de bitola métrica percorrer do Sul do Brasil, passando pelo trajeto em estudo, e chegar à região Nordeste.

De acordo com Paraná (2017), tem-se projetado e expandido, atualmente, a malha ferroviária do Brasil com a bitola de 1.600 mm, conforme o que Plano Nacional de Viação preconiza (CURY, 2011). Deste modo, é imprescindível o aumento da densidade da malha ferroviária no país. No entanto, verifica-se um longo prazo e um alto custo para a conclusão de construções de novas linhas, trechos ferroviários e OAEs em um país extenso como o Brasil. Acrescenta-se, a baixa porcentagem da bitola de 1.600 mm, aproximadamente 23% (DNIT, 2010; CNT, 2017a), e a falta de integração na malha ferroviária brasileira. Por outro lado, a bitola métrica compõe cerca de 74,42% (DNIT, 2010; CNT, 2017a).

Considerando-se o contexto de falta de integração da malha ferroviária e a predominância da bitola métrica, a solução da implementação do terceiro trilho em vias de bitola larga (bitola mista), para integração, faz-se eficiente. Além disso, considera-se o suposto

menor prazo para conclusão e o baixo impacto nas operações de transporte rotineiras do trecho, onde haveria intervenção somente na superestrutura da via (CURY, 2011). Ainda, comparando-se os gabaritos de túneis¹⁹ com base em ABNT (2019), eventualmente, não haveria a necessidade e o custo de intervenções nos mesmos, já que os gabaritos de túneis de bitola larga são largos em comparação aos de bitola métrica. Além disso, considera-se a utilização de grande quantidade de material rodante em bitola métrica.

Conclui-se, a partir dessas considerações, que o trajeto em estudo (Figura 23) é uma possibilidade de atenuação para a falta de integração presente na malha ferroviária brasileira em relação às diferenças de bitolas. Consequentemente, alonga-se as distâncias de transporte para o modo ferroviário. Além disso, enquanto a malha ferroviária com bitola larga se expande, diante do contexto de uma cultura de transporte ferroviário voltado predominantemente para exportação, considera-se que há no trajeto estudado um potencial de aumento da participação do modo ferroviário para o transporte interno do Brasil.

¹⁹ Vide 2.3.2 – Obra de Arte Especial ferroviária

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em análise aos aspectos apresentados, conclui-se que a bitola mista (1.000 mm e 1.600 mm) é uma alternativa conveniente para a integração da malha ferroviária do Brasil, desde que implementada em trechos estratégicos para este objetivo. Embora tenha um alto custo inicial, trata da questão de modo definitivo, sem inutilização de material rodante e baixa probabilidade de outros custos com adequações em infraestrutura e túneis. Enquanto ampliasse, a longo prazo, os trechos em bitola larga conforme as demandas, implementa-se o terceiro trilho, em menor prazo, em vias de bitola larga, buscando-se a mitigação dos efeitos da falta de integração da malha nacional. Assim, cria-se mais alternativas para a demanda de cargas a serem transportadas em longas distâncias.

Para a construção de vias de bitolas largas que cruzam outras malhas de bitola métrica, preconiza-se o uso de dormentes de bitola mista, mesmo que inicialmente sejam instalados dois trilhos. Posteriormente, integra-se as linhas de rota estratégica à integração com um terceiro trilho. A longo prazo, com uma malha densa em bitola larga, além de mais material rodante configurado à mesma, e após estudos demanda, técnico e financeiro, pode-se converter trechos com bitola métrica em bitola larga; ou, construir trechos com bitola larga paralelos às vias de bitola métrica, com objetivo de haver baixo impacto nas operações de transporte rotineiras de determinada linha.

Considera-se a solução da bitola mista como uma transição para a padronização das bitolas ferroviárias no Brasil em bitola larga, a longo prazo. No entanto, não é descartada a ideia de uma padronização em bitola *standard* (1.435 mm), no futuro, aproveitando-se a estrutura de vias da bitola larga.

Por parte dos órgãos públicos responsáveis pelo transporte, sendo o Brasil um país extenso, deve-se discutir sobre o tema e desenvolver estudos para a integração da malha ferroviária com o objetivo de maior exploração do transporte de carga de longa distância para ao mercado interno, além de proporcionar uma infraestrutura adequada para o transporte combinado com outros terminais multimodais. Além disso, é importante criar políticas que tragam benefícios e incentivo às concessionárias a integrarem as malhas em concessão.

A integração da malha ferroviária nacional, em relação às diferenças de bitolas, contribui fortemente para a maior participação do modo ferroviário na matriz de transporte do Brasil, e conseqüentemente, haver uma matriz do transporte mais equilibrada. A integração dos trechos amplia as distâncias, possibilitando maior atratividade para o modo ferroviário no transporte de carga de escala do mesmo. É importante buscar alternativas para que cada modo

opere mais próximo no intervalo das distâncias ideais relativas a eles, considerando a eficiência energética, aspectos ambientais e riscos de acidentes. A integração da malha ferroviária é somente uma fração para um transporte intermodal efetivo, entre os modos de transporte de carga. Sendo assim, cada estudo com o objetivo de mitigar os fatores relativos à insuficiência da combinação dos transportes é imprescindível.

Para complementação deste estudo, recomenda-se para trabalhos futuros um estudo sobre fatores limitantes à implantação do terceiro trilho no trecho investigado. No questionário aplicado, citou-se exemplos como faixa de domínio da ferrovia, invasões, traçados urbanos e pontes. Qualquer um destes aspectos enriqueceria o tema.

Recomenda-se também trabalhos que investiguem mais alternativas da atenuação da falta de integração da malha ferroviária do Brasil, sendo estas um potencial para criar oportunidades para o desenvolvimento do transporte ferroviário de mercado interno e intermodal.

Uma outra sugestão seria um estudo de caso sobre intervenções na infraestrutura ou em OAEs em aspectos técnicos e em custo em ordem de grandeza, para a conversão de bitolas métricas em bitolas de 1.600 mm, ou qualquer uma mais estreita para uma mais larga.

REFERÊNCIAS

AFRICON; SSI; INGÉROP. National Transport Master Plan 2050: rail gauge study report. Pretoria: ago. 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 12915: via férrea – gabarito ferroviário e entrevia – especificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTADORES FERROVIÁRIOS (ANTF). **Histórico**. Disponível em: <<https://www.antf.org.br/historico/>>. Acesso em: 04 jun. 2019a

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTADORES FERROVIÁRIOS (ANTF). **Informações Gerais**. Disponível em: <<https://www.antf.org.br/historico/>>. Acesso em: 04 jun. 2019b.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTES FERROVIÁRIOS (ANTF). **Mapa Ferroviário**. [s. l]: ANTF, 23 maio 2019. 1 fotografia. Disponível em: <https://www.antf.org.br/mapa-ferroviario/>. Acesso em: 23 maio 2019c

AUSTRALIA RAIL TRACK CORPORATION – ARTC. **The Rise, decline and rise of Australia’s railways**. Australian Government. [200-?] Disponível em: http://www.artc.com.au/library/agreement_railwayrise.pdf. Acesso em: 17 out. 2020.

AUSTRALIASIAN RAILWAY ASSOCIATION – ARA. **Railways and major seaports**. Annual yearbook. 2003. 1 imagem.

BONNETT, C. F. Practical Railway Engineering. London: Imperial College Press, 1996.

BRASIL. Agência Nacional De Transportes Aquaviários. TKU da navegação interior, de cabotagem e longo curso em vias interiores – 2018. **TKU 2018**. [Brasília]: [ANTAQ], 2020

BRASIL. Agência Nacional de Transportes Terrestre. **Declaração de Rede**. [Brasília]: ANTT, 2022a. Disponível em: <https://portal.antt.gov.br/declaracao-de-rede-2022>. Acesso em: 27 maio 2022.

BRASIL. Agência Nacional de Transportes Terrestre. **Sistema de Custos Referenciais Ferroviários (SICFER)**. [Brasília]: ANTT, set 2021. Disponível em: <https://portal.antt.gov.br/sicfer>. Acesso em: 26 mar. 2022.

BRASIL. Agência Nacional de Transportes Terrestres. ANTT realiza visita técnica na MRS Logística em São Paulo. **Últimas notícias**. 10 jun. 2022b. Disponível em: <https://www.gov.br/antt/pt-br/assuntos/ultimas-noticias/antt-realiza-visita-tecnica-na-mrs-logistica-em-sao-paulo>. Acesso em: 10 jun. 2022.

BRASIL. Agência Nacional de Transportes Terrestres. **Anuário do Setor Ferroviário: Transporte de Carga – Origem Destino – 2006 – fevereiro 2022c**. Disponível em: <https://portal.antt.gov.br/anuario-do-setor-ferroviario>. Acesso em: 07 abril 2022.

BRASIL. Agência Nacional de Transportes Terrestres. **Sistema Ferroviário**. Distância entre eixos. [Brasília, DF]: ANTT, [201-].

BRASIL. Agência Nacional de Transportes Terrestres. **Tomada de subsídio nº 009/2013**. PROFERR Ferrovias: Programa de Investimentos em Logística. Estudo de Engenharia. Trecho: Maracaju/MS – Lapa/PR. Relatório II, Volume I. [Brasília, DF]: ANTT, 2013a.

BRASIL. Agência Nacional de Transportes Terrestres. **Tomada de subsídio nº 009/2013**. PROFERR Ferrovias: Programa de Investimentos em Logística. Estudo de Engenharia. Trecho: Maracaju/MS – Lapa/PR. Relatório II, Volume II. [Brasília, DF]: ANTT, 2013b.

BRASIL. Agência Nacional de Transportes Terrestres. **Tomada de subsídio nº 016/2013**. PROFERR Ferrovias: Programa de Investimentos em Logística. Estudo de Engenharia. Trecho: Lapa/PR – Paranaguá/PR. Relatório II, Volume I. [Brasília, DF]: ANTT, 2013c.

BRASIL. Agência Nacional de Transportes Terrestres. **Tomada de subsídio nº 016/2013**. PROFERR Ferrovias: Programa de Investimentos em Logística. Estudo de Engenharia. Trecho: Lapa/PR – Paranaguá/PR. Relatório II, Volume II. [Brasília, DF]: ANTT, 2013d.

BRASIL. Departamento Nacional De Infraestrutura De Transportes. **Atlas de Infraestrutura ferroviária**. Dez. 2019.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Especificação Técnica de Material ETM – 003: dormentes**. [s. l]: DNIT, 15 abril 2016a. 1 figura. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/ferrovias/instrucoes-e-procedimentos/especificacoes-tecnicas-de-materiais-e-servicos-ferroviarios-etm-ets/etm-003-dormentes.pdf/view>. Acesso em: 28 dez. 2021.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Histórico**. DNIT, 19 jul. 2016b. Disponível em: <<https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/ferrovias/historico>>. Acesso em: 03 jun. 2019.

BRASIL. Departamento Nacional De Infraestrutura De Transportes. **ISF-216**: projeto de obras de arte especiais. DNIT, 2012.

BRINA, H. L. **Estradas de Ferro I**. Rio de Janeiro: Ltc, 1979.

BRODBECK, P.; JUNGES, C. Largura de linha impede uso de ferrovia. **Gazeta do Povo**. Curitiba, ago. 2012. Economia. Disponível em: <https://www.gazetadopovo.com.br/economia/largura-de-linha-impede-uso-de-ferrovia-322ga9xfneyoxpxdrqsa25o3y/>. Acesso em: 01 jun. 2019.

CARLOS, J. Vias abandonadas pela CPTM são cedidas à Prefeitura de São Roque. **Metrô CPTM**. 22 abril 2022. Disponível em: <https://www.metrocptm.com.br/vias-abandonadas-pela-cptm-sao-cedidas-a-prefeitura-de-sao-roque/>. Acesso em: 26 maio 2022.

CHANDRA, S.; AGARWAL, M. M. Railway Engineering. New Delhi: Oxford University Press, 2007.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. Boletim Estatístico. **Boletins Técnicos CNT**, Brasília, p. 2-3, dez. 2021.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. Caracterização da logística de escoamento da produção de grãos. **Transporte & Desenvolvimento**: Entraves logísticos ao escoamento de soja e milho. Brasília: CNT, 2015.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. Concessões Ferroviárias. [s. l.]: CNT, 2017.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. Perfil dos Caminhoneiros 2019. **Pesquisa CNT**. Brasília: CNT, 2019.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Pesquisa CNT de rodovias 2019**. Brasília: CNT, 2019.

CONHEÇA como acontece a troca de dormente de aço. [s. l.]. MRS. 24 jun. 2016.1 vídeo (3 min). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=6WkAmo7Yab4>. Acesso em: 24 maio 2022.

CPTM (Companhia Paulista de Trens Metropolitanos). **Linhas CPTM**. Disponível em: <https://www.cptm.sp.gov.br/sua-viagem/Pages/Linhas.aspx>. Acesso em: 29 maio 2022.

CSN (Companhia Siderúrgica Nacional). **FTL**. [s. l.]. CSN, 15 fev. 2022. Disponível em: <https://www.csn.com.br/quem-somos/grupo-csn/ftl/>. Acesso em: 23 mar. 2022.

CUENCA, O. China unveils 400 km/h gauge changeable train. **International Railway Journal**. [S. l.]: IRJ, 20 out. 2020. Disponível em: <https://www.railjournal.com/news/china-unveils-400km-h-gauge-changeable-train/>. Acesso em: 23 ago. 2021.

CURY, M. V. Q. **Escolha entre a bitola larga brasileira e a bitola internacional padrão para a linha 4 do metrô do Rio de Janeiro**. Nota Técnica, Rio de Janeiro: 2011.

D'ERCOLE, R. Greve dos caminhoneiros já afeta setor de transportes, alimentação e fábricas. **O Globo**, São Paulo, 22 de maio de 2018. Disponível em: <<https://oglobo.globo.com/economia/greve-dos-caminhoneiros-ja-afeta-setor-de-transportes-alimentacao-fabricas-22707028>>. Acesso em: 22 maio 2019.

ESVELD, C. Modern Railway Track. Second Edition. Delft: MRT-Productions, 2001.

FACHIN, O. Fundamentos de Metodologia. 5ª Edição. São Paulo: Saraiva, 2006.

FCA (Ferrovia Centro-Atlântica). Raio X da FCA. **FCA hoje**. [s. l.]. FCA, c2021. Disponível em: <https://www.fcatransforma.com.br/#a-fca>. Acesso em: 23 mar. 2022.

FERREIRA, D. S. B. **Impacto do aumento de carga por eixo na degradação da via permanente** – estudo MRS Logística (vagões GDT para vagões GDU). 2015. Pós Graduação em Engenharia Ferroviária. Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2015.

FERROESTE (Estrada de Ferro Paraná Oeste S. A.). Sobre a Ferroeste. **Qual é a frota de locomotivas e de vagões da malha?**. Curitiba: FERROESTE, 2016. Disponível em: <https://www.ferroeste.pr.gov.br/FAQ/Sobre-Ferroeste>. Acesso em: 23 mar. 2022.

FGV (Fundação Getúlio Vargas). FGV Dados. **Atualização monetária de valor**. Disponível em: <https://extra-ibre.fgv.br/IBRE/sitefgvdados/default.aspx>. Acesso em: 15 jun. 2022.

FTC (Ferrovia Tereza Cristina). **Estrutura Operacional**. [Santa Catarina], [201-?]. Disponível em: <https://www.ftc.com.br/operacional>. Acesso em: 23 mar. 2022.

GIL, A. C. Como Elaborar Projetos de Pesquisa. 4ª Edição. São Paulo: Atlas, 2002.

JUNTOS NO CAMINHO. Vida de caminhoneiro: Adair Broering e as estradas do Brasil. **Caminhoneiro na Estrada**. 11 set. 2020. Disponível em: <https://juntosnocaminho.com.br/vida-de-caminhoneiro-2/>. Acesso em: 21 maio 2022.

LACERDA, S. M. Ferrovia Sul-Americanas: A Integração Possível. **Revista do BNDES**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 31, p. 185-214, jun. 2009.

MARCHETTI, D. S.; VILLAR, L. B. Dimensionamento do Potencial de Investimentos do Setor Ferroviário. Banco Nacional do Desenvolvimento – BNDS. Jun. 2007. Disponível em: https://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/liv_perspectivas/08.pdf. Acesso em: 19 nov. 2020

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. Fundamentos de Metodologia Científica. 5ª Edição. São Paulo: Editora Atlas S.A, 2003.

MRS. Malha Ferroviária e Frota. **Malha ferroviária e frota**. [s. l.] [201-?]. Disponível em: <https://www.mrs.com.br/empresa/ferrovia-frota/>. Acesso em: 23 mar. 2022

MUNDREY, J. S. Railway Track Engineering. Fourth Edition. New Delhi: Tata McGraw-Hill, 2010.

NABAIS, R. J. S. Manual Básico de Engenharia Ferroviária. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

NETWORK RAIL. Why the end of the gauge war didn't standardise Britain's railway. 20 maio 2021. Disponível em: <https://www.networkrail.co.uk/stories/why-the-end-of-the-gauge-war-didnt-standardise-britains-railway/>. Acesso em: 23 jul. 2021

PARANÁ. Secretaria do Planejamento e Coordenação Geral. **Estudo corredor oeste de exportação do Estado do Paraná**. Curitiba, PR: Secretaria do Planejamento e Coordenação Geral, 2017

PEREIRA, F. Movido a rebite, caminhoneiro dirigia três dias sem dormir do RS ao Ceará. **TAB Uol**. 25 mar. 2022. Disponível em:

<https://tab.uol.com.br/noticias/redacao/2022/03/25/movido-a-rebite-joel-dirigia-tres-dias-sem-dormir-do-rs-a-fortaleza.htm>. Acesso em: 21 maio 2022.

PROFILLIDIS, V. A. *Railway Management and Engineering*. Fourth Edition. England: Ashgate Publishing Limited, 2014.

PROJEX. **A history of the Australian railway**. c2020. Disponível em: <https://www.projex.com.au/australian-railway-history/>. Acesso em: 21 set. 2020.

PUFFERT, D. J. *Path Dependence in Spatial Networks: the standardization of rail track gauge*. Munich, Germany: Institute for Economic History, University of Munich, July 2001.

PUFFERT, D. J. The Standardization of Track Gauge on North American Railways, 1830 - 1890. **The Journal of Economic History**. Cambridge University Press, nº 4, Vol. 60, p. 933-960. Dez 2000.

PUFFERT, D. J. *Track across continents, paths through history: the economic dynamics of standardization in railway gauge*. Chicago, IL: The University of Chicago, 2009.

RAIL SYSTEM. **Rail Gauges**. 2015. 1 imagem. Disponível em: <http://www.railsystem.net/rail-gauges/>. Acesso em: 27 maio 2019.

RIETVELD, P.; BRUINSMA, F. *Is Transport Infrastructure Effective?: Transport Infrastructure and Accessibility: Impacts on the Space Economy*. Berlin/Heidelberg, Germany: Springer-Verlag, 1998.

RODRIGUE, J. P. *The Geography of Transport Systems*. 5th Edition. New York: Routledge, 2020.

SANTOS, F. G. D. **Estudo para implantação de eixo de bitolas variáveis no material rodante ferroviário brasileiro**. 2011. Projeto de Graduação, Universidade de Brasília, Brasília 2011.

SANTOS, S. **Um estudo sobre a participação do modal ferroviário no transporte de cargas no Brasil**. 2005. 159 f. Universidade Federal de Santa Catarina, 2005.

SHANG-SU, W. Gauge-changing train is no game changer for China. **The Interpreter**. 18 nov. 2020. Disponível em: <https://www.lowyinstitute.org/the-interpreter/gauge-changing-train-no-game-changer-china>. Acesso em: 22 jan. 2021.

SHEPHERD, B. The critical need for standard gauge rail. **Committee for Melbourne**. Melbourne, 06 ago. 2020. Disponível em: <https://melbourne.org.au/news/the-critical-need-for-standard-gauge-rail/>. Acesso em: 26 jan. 2021.

SOARES, A. Glossário de Termos Ferroviários. Departamento Nacional de Infraestruturas de Transportes, 2016.

SOUZA, C. B. P. Ferrovias brasileiras: conheça os fatos históricos mais curiosos. Portogente 23 nov. 2019. Disponível em: <https://portogente.com.br/portopedia/109992-ferrovias-brasileiras-conheca-fatos-historicos-curiosos>. Acesso em: 28 nov. 2020

SUCURSAL DE BRASÍLIA. Compartilhar rede impede melhor uso, afirma MRS. **Folha de São Paulo**. 22 maio 2011. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/fsp/mercado/me2205201105.htm>. Acesso em: 23 maio 2022.

SULL, D. N.; SILVA, A. D.; MARTINS, F. América Latina Logística. Harvard Business School. Cambridge, MA. 14 jan 2004.

TAMAGUSKO, T. B. **Custo de Falta de Padronização das Bitolas Ferroviárias do Brasil**. 2013. 84 f. Trabalho de Conclusão de Curso Engenharia Civil. Departamento de Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina, 2013.

TELLES, P. C. S. **História da engenharia ferroviária do Brasil**. Rio de Janeiro: Notícia & Cia., 2011

THE WORLD BANK. **Railway Reform: Toolkit for Improving Rail Sector Performance**. Washington: The World Bank, 2011.

VALE. Estrada de Ferro Carajás: trilhando os melhores caminhos. **Esse trem é bom! (Curiosidades)**. [s. l.]. EFC, [201-?] . Disponível em: <http://www.vale.com/brasil/PT/initiatives/innovation/carajas-railway/Paginas/default.aspx>. Acesso em: 23 mar. 2022.

VALE. Estrada de Ferro Vitória a Minas completa 111 anos sobre os trilhos. **EFVM em números** [s. l.]. EFVM, 13 maio 2015. Disponível em: <http://www.vale.com/brasil/PT/aboutvale/news/Paginas/estrada-ferro-vitoria-minas-completa-111-anos-sobre-trilhos.aspx>. Acesso em: 23 mar. 2022.

VILAÇA, R. **A Importância das ferrovias para o futuro do País**. Brasília. ANTF, 2010.

APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO DE PESQUISA



Bitolas Ferroviárias no Brasil: Panorama e Comparação com o Cenário Internacional²⁰

1. Nome, cargo e tempo de experiência na área.
2. Qual o grau de conhecimento possui sobre o tema?
() Muito Baixo () Baixo () Médio () Alto () Muito Alto

Observação:

3. Em relação à incompatibilidade de bitolas em linhas férreas, quais são as dificuldades e consequências enfrentadas pelas empresas ferroviárias no Brasil?
4. Há algum planejamento ou perspectiva de mudança para reverter ou atenuar os problemas gerados pela incompatibilidade das bitolas?
5. Há alguma perspectiva para a construção de bitolas mistas com a finalidade de integrar linhas em trechos específicos? Se sim, em quais trechos? Se não, por quê?
6. A incompatibilidade de bitolas influencia na velocidade comercial dos trens no Brasil? Se sim, qual é o tempo médio perdido, por exemplo, durante a operação de transbordo?
7. Em quais problemas logísticos, direta e indiretamente, a incompatibilidade de bitolas está inserida (processos construtivos, manutenção, capacidade de carga, etc.)?
8. Em sua perspectiva, quais seriam as alternativas viáveis para enfrentar a incompatibilidade das bitolas no Brasil?
9. As lajes de concreto (*slab track*), muito utilizada na Europa e no Japão, em substituição ao lastro, poderia auxiliar de algum modo na unificação das bitolas em túneis, como na mudança da bitola métrica para a bitola larga?
10. Em relação aos custos, há algum estudo ou dados que indiquem a perda com as operações de transbordo de cargas?

Campo para observações, críticas e sugestões a respeito do questionário e tema da pesquisa.

²⁰ Título antes de ser alterado

APÊNDICE B – QUESTIONÁRIOS RESPONDIDOS



Ministério da Educação
 UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
 Campus Pato Branco
 Departamento Acadêmico de Construção Civil
 Questionário de Pesquisa Acadêmica



Bitolas Ferroviárias no Brasil: Panorama e Comparação com o Cenário Internacional

1. Nome, cargo e tempo de experiência na área.
 - a. João Arthur Mohr – Gerente de Assuntos Estratégicos da Fiep – Federação das Indústrias do Estado do Paraná – 12 anos de experiência nesta função

2. Qual o grau de conhecimento possui sobre o tema?

() Muito Baixo () Baixo () Médio () Alto (x) Muito Alto

Observação: ___ Mestrado em Sistemas de Transportes pela UFSC e visitas técnicas a sistemas ferroviários do Japão, Rússia, EUA e Canadá bem como participação em diversos congressos, feiras e seminários do setor ferroviário sendo inclusive palestrante neste tema

3. Em relação à incompatibilidade de bitolas em linhas férreas, quais são as dificuldades e consequências enfrentadas pelas empresas ferroviárias no Brasil?
 - a. O Brasil possui 3 tipos de bitolas (a métrica – 1.00 - usada nas linhas antigas, a larga 1.60 usada nas novas ferrovias e a universal 1.435 usada no sistema de transportes de passageiros
 - b. As principais dificuldades são a interoperabilidade entre trens, por exemplo, na futura integração do sudeste com o sul do Brasil, o Sudeste usa em sua maioria a bitola larga, por exemplo na ferrovia Norte Sul e na Malha Paulista, enquanto o Sul usa a bitola métrica, ou seja ou acontecerá uma unificação de bitolas ou teremos sempre o custo do transbordo de cargas na interconexão destas linhas
 - c. Outro problema é que a malha de ferrovias de carga, não servirá para transporte de passageiros pois as linhas dentro das cidades acabam sendo em outra bitola, então o transporte de passageiros à longa distância por trens no Brasil está praticamente inviável
4. Há algum planejamento ou perspectiva de mudança para reverter ou atenuar os problemas gerados pela incompatibilidade das bitolas?
 - a. As novas ferrovias estão sendo construídas em padrão de bitola larga 1.60 e as reformas de trechos deverão seguir esta linha. Acredito que teremos

uma transição com o uso de bitolas mistas (1.00 e 1.60) no mesmo trecho, ou seja uma infraestrutura com dormentação e três trilhos permitindo a interoperabilidade tanto de composições de bitola métrica, mais antigas, como composições de bitola larga mais modernas. No futuro, quando as locomotivas e vagões forem todos modernizados, retira-se o trilho intermediário e opera-se apenas com bitola larga, porém esta transição levará muitos anos

5. Há alguma perspectiva para a construção de bitolas mistas com a finalidade de integrar linhas em trechos específicos? Se sim, em quais trechos? Se não, por quê?
 - a. Sim como respondido acima
 - b. Trechos que sejam remodelados na malha sul deverão operar com bitola mista
6. A incompatibilidade de bitolas influencia na velocidade comercial dos trens no Brasil? Se sim, qual é o tempo médio perdido, por exemplo, durante a operação de transbordo?
 - a. O transbordo praticamente inviabiliza a operação ferroviária em função de custos, então hoje na prática, não temos a interligação ferroviária entre o Sudeste e o Sul do Brasil. No futuro, com a reforma da Malha sul e a adaptação da mesma com bitola mista, o transbordo não será necessário. Os custos com o transbordo e o tempo perdido levam a carga para o modal rodoviário
 - b. Quanto a velocidade, e capacidade de transporte a bitola larga 1.60 é mais eficaz pois pela largura, o volume transportado pelos vagões é maior e também pelo deslocamento do centro de gravidade em curvas, a bitola larga gera mais estabilidade e conseqüentemente velocidade
7. Em quais problemas logísticos, direta e indiretamente, a incompatibilidade de bitolas está inserida (processos construtivos, manutenção, capacidade de carga, etc.)?
 - a. O principal problema na transformação da bitola métrica em larga é a questão construtiva (gabaritos de tuneis, larguras de pontes e viadutos, trechos de terraplenagem, enfim , não é tão simples transformar um trecho de bitola métrica em larga pelas características técnicas da faixa de domínio e das obras de arte especiais

8. Em sua perspectiva, quais seriam as alternativas viáveis para enfrentar a incompatibilidade das bitolas no Brasil?
 - a. Tem-se que padronizar. Como a escolha está na bitola larga 1.60, tem-se que fazer todos os novos trechos nesta bitola e reformar paulatinamente os trechos antigos de bitola métrica em bitola mista permitindo a interoperabilidade. Trechos isolados em bitola métrica podem permanecer assim.
 - b. Já o transporte de passageiros deverá focar as regiões metropolitanas apenas e eventualmente trens de média / alta velocidade entre grandes cidades
 - c. Ou seja dois sistemas independentes, um para carga e outro para passageiros
9. As lajes de concreto (*slab track*), muito utilizada na Europa e no Japão, em substituição ao lastro, poderia auxiliar de algum modo na unificação das bitolas em túneis, como na mudança da bitola métrica para a bitola larga?
 - a. Não vejo como importante esta mudança pois tanto com laje ou com dormente de 3 trilhos a bitola mista pode funcionar normalmente
10. Em relação aos custos, há algum estudo ou dados que indiquem a perda com as operações de transbordo de cargas?
 - a. Como citei anteriormente não existe esta operação hoje. O trem deve ser um porta a porta, carregando no interior e descarregando no porto, e vice versa, transbordos encarecem a operação e inviabilizam o uso deste modal

Campo para observações, críticas e sugestões a respeito do questionário e tema da pesquisa.

Tema extremamente importante, especialmente neste momento que o país vive da retomada do transporte ferroviário de cargas no Brasil



Bitolas Ferroviárias no Brasil: Panorama e Comparação com o Cenário Internacional

1. Nome, cargo e tempo de experiência na área.

Resposta emitida pela Gerência de Projetos Ferroviários - GEPEF.

2. Qual o grau de conhecimento possui sobre o tema?

() Muito Baixo () Baixo () Médio () Alto (X) Muito Alto

Observação: A unidade responsável pela resposta à Ouvidoria conta com diversos profissionais de engenharia, com experiência em avaliação de projetos de ferrovias, e que desempenham atividades de regulação no setor ferroviário.

3. Em relação à incompatibilidade de bitolas em linhas férreas, quais são as dificuldades e consequências enfrentadas pelas empresas ferroviárias no Brasil?

Via de regra, nos principais corredores logísticos do país, não há problemas significativos em virtude de diferenças de bitolas.

A descida da Malha Paulista, por exemplo, a partir de Campinas, no Estado de São Paulo, até sua chegada ao Porto de Santos, possui bitola mista. Referido trecho recebe cargas oriundas da Rumo Malha Norte, Rumo Malha Paulista, Rumo Malha Oeste, MRS e Ferrovia Centro Atlântica, e as diferentes bitolas dessas malhas não impossibilitam a interoperabilidade.

O mesmo ocorre na chegada ao Porto de Itaquí, que recebe cargas da Estrada de Ferro Carajás, subconcessionária Ferrovia Norte Sul (Tramo Norte) e Ferrovia Transnordestina Logística, e possui bitola mista.

No caso dos Portos de Tubarão (ES), Guaíba e Sepetiba (RJ), e Paranaguá e São Francisco do Sul (SC), as cargas, praticamente em sua totalidade, possuem origem e destino em mesma bitola.

Por fim, caso as características do transporte ferroviário brasileiro se alterem ao longo dos próximos anos, com uma maior dinâmica de fluxos de mercado interno (ou seja, fluxos com origem e destino no interior do país), as diferenças de bitola podem se mostrar um complicador. Contudo, essa não é a realidade atualmente.

4. Há algum planejamento ou perspectiva de mudança para reverter ou atenuar os problemas gerados pela incompatibilidade das bitolas?

Esta unidade técnica não tem conhecimento de nenhuma iniciativa ou política pública relacionada à harmonização ou compatibilização de bitolas em todo o Subsistema Ferroviário Federal.

Tendo em vista que não há obrigação nesse sentido nos contratos de concessão administrados pela Agência Nacional de Transportes Terrestres - ANTT, esta medida somente poderia ser implementada através de diretriz o formulador de políticas públicas, no caso em análise, o Ministério da Infraestrutura – MINFRA, em observância ao disposto na Lei nº 10.233/2001, art. 20, inc. I.

Ademais, a implementação da referida medida, a partir de diretriz de política pública, possivelmente implicaria na necessidade de reequilíbrio econômico-financeiro dos Contratos de Concessão do setor ferroviário.

5. Há alguma perspectiva para a construção de bitolas mistas com a finalidade de integrar linhas em trechos específicos? Se sim, em quais trechos? Se não, por quê?

Todos os novos trechos estão sendo construídos ou previstos com bitola larga, por decisão do formulador de políticas públicas.

Para além dessa situação, não há iniciativas visando a construção de bitolas mistas em novos trechos.

6. A incompatibilidade de bitolas influencia na velocidade comercial dos trens no Brasil? Se sim, qual é o tempo médio perdido, por exemplo, durante a operação de transbordo?

Não há estudos sobre a matéria realizados por esta ANTT.

Contudo, destaca-se que fluxos de transporte com operações de transbordo de uma ferrovia para outra, os quais possuem impactos negativos sobre seu tempo de percurso, não são comuns no contexto do transporte ferroviário brasileiro.

7. Em quais problemas logísticos, direta e indiretamente, a incompatibilidade de bitolas está inserida (processos construtivos, manutenção, capacidade de carga, etc.)?

Especificamente para trechos com fluxos de transporte com necessidade de transbordo de uma ferrovia para outra, a incompatibilidade de bitolas implica em perda de capacidade ferroviária e aumento de custos.

Contudo, deve-se frisar novamente que fluxos de transporte com operações de transbordo de uma ferrovia para outra não são comuns nas ferrovias brasileiras.

8. Em sua perspectiva, quais seriam as alternativas viáveis para enfrentar a incompatibilidade das bitolas no Brasil?

Não há estudos sobre a matéria realizados por esta ANTT.

9. As lajes de concreto (*slab track*), muito utilizada na Europa e no Japão, em substituição ao lastro, poderia auxiliar de algum modo na unificação das bitolas em túneis, como na mudança da bitola métrica para a bitola larga?

Não há estudos sobre a matéria realizados por esta ANTT.

10. Em relação aos custos, há algum estudo ou dados que indiquem a perda com as operações de transbordo de cargas?

Os estudos de demanda apresentados na modelagem das novas outorgas consideram os custos relacionados às operações de transbordo na modelagem de demanda de determinada ferrovia. Nesse sentido, ver, por exemplo, o Caderno de Demanda constata da aba “Licitação”, disponível no link abaixo indicado (Audiência Pública nº 007/2017, aba “Licitação”, documento “Caderno de Demanda”):

<http://antigo.antt.gov.br/index.php/content/view/51854.html>

Contudo, não há estudo específico desenvolvido por esta ANTT sobre perdas com operações de transbordo de cargas.

Campo para observações, críticas e sugestões a respeito do questionário e tema da pesquisa.

Não há observações adicionais sobre o questionário.

Ademais, entende-se que o desenvolvimento de estudos dessa natureza se mostra positivo para o setor ferroviário do país.

Por fim, caso se entenda pertinente, recomenda-se o envio dos Resultados ao MINFRA e à ANTT, após a conclusão dos trabalhos.



Bitolas Ferroviárias no Brasil: Panorama e Comparação com o Cenário Internacional

1. Nome, cargo e tempo de experiência na área.

Mário Cícero Soares de Oliveira, Gerente de Engenharia e Manutenção de Via Permanente, 18 anos de experiência na área.

2. Qual o grau de conhecimento possui sobre o tema?

() Muito Baixo () Baixo () Razoável () Alto () Muito Alto

3. Em relação à incompatibilidade de bitolas em linhas férreas, quais são as dificuldades e consequências enfrentadas pelas empresas ferroviárias no Brasil?

Dentre as principais dificuldades cito como a mais latente:

- Impossibilidade de uma integração nacional entre as ferrovias, onde 01 único trem não consegue trafegar toda a malha ferroviária Brasileira, aumentando os custos logísticos;

E conseqüentemente:

- Custo alto em manutenção de via e ativos (locomotivas e vagões) haja vista que os materiais em bitola métrica estão ficando ultrapassados a cada dia;
- Impossibilidade na redução do valor do frete, o que agrega maior valor final à mercadoria, reduzindo a competitividade com outros modais

4. Há algum planejamento ou perspectiva de mudança para reverter ou atenuar os problemas gerados pela incompatibilidade das bitolas?

Este planejamento deverá ter origem no Ministério da Infraestrutura. Para as malhas operacionais, deverá ser feito um estudo de caso por ferrovia, com avaliação de viabilidade financeira para mudança e adequação de super e infraestrutura ferroviária. Para os novos trechos, estes também devem ser planejados para construção em bitola

larga e em alguns casos, para bitola mista. Mas todo estudo tem como ponto inicial a demanda de carga na região.

5. Há alguma perspectiva para a construção de bitolas mistas com a finalidade de integrar linhas em trechos específicos? Se sim, em quais trechos? Se não, por quê?

Idem resposta anterior. Atualmente a Ferrovia Transnordestina está sendo construída em bitola mista.

6. A incompatibilidade de bitolas influencia na velocidade comercial dos trens no Brasil? Se sim, qual é o tempo médio perdido, por exemplo, durante a operação de transbordo?

A velocidade máxima admissível varia com os limites de manutenção estipulados para cada classe de ferrovia, sua geometria, interferência com rodovias (Passagem em nível), densidade de tráfego assim como seu material rodante e do tipo de carga a ser transportado.

A velocidade comercial só será influenciada se no mesmo fluxo de origem / destino da carga tiver incompatibilidade de bitola, caso que não acontece da Transnordestina.

7. Em quais problemas logísticos, direta e indiretamente, a incompatibilidade de bitolas está inserida (processos construtivos, manutenção, capacidade de carga, etc.)?

Para todos os casos citados acima, principalmente em capacidade de carga. Quanto maior o tamanho e capacidade de carga do trem, mais eficiente, seguro e ambientalmente correto será o transporte ferroviário.

Em alguns casos podem ocorrer que o transbordo seja inviável por fatores como: tempo, integridade da carga, custo e vale mais a pena a utilização de outros modais para auxiliar no completo transporte da carga de sua origem ao destino. Exemplo: mix de rodoviário com ferroviário e cabotagem.

8. Em sua perspectiva, quais seriam as alternativas viáveis para enfrentar a incompatibilidade das bitolas no Brasil?

A implantação do 3º trilho (bitola mista) embora tenha um alto custo para a ferrovia, é mais viável do que a eliminação da bitola métrica, haja vista que os ativos (locomotivas e vagões) ainda seriam utilizados. No entanto há requisitos de engenharia a serem considerados para a implantação da bitola mista como: faixa de domínio da ferrovia, invasões, traçados urbanos, pontes etc que podem ser fatores limitantes. Em todo segmento ferroviário deverá haver estudo de caso e análise técnica financeira da melhor solução de engenharia.

9. As lajes de concreto (*slab track*), muito utilizada na Europa e no Japão, em substituição ao lastro, poderia auxiliar de algum modo na unificação das bitolas em túneis, como na mudança da bitola métrica para a bitola larga?

Só agregaria se houvesse continuidade na ferrovia, o que deveria ser fato após um estudo de viabilidade financeira. Além disso, tratar túneis como pontos isolados não influencia positivamente o sistema como um todo.

10. Em relação aos custos, há algum estudo ou dados que indiquem a perda com as

operações de transbordo de cargas?

Isso varia conforme a ferrovia, o tipo de carga e o valor do frete contratado. No caso da ferrovia Transnordestina não há esta operação de transbordo especificamente.

Campo para observações, críticas e sugestões a respeito do questionário e tema da pesquisa.

Como trata-se de um tema “descentralizado”, sugiro que haja pesquisas com todas as ferrovias (já que são poucas) para que se tenha uma gama maior de informações para tirada de conclusão mais assertiva.



Bitolas Ferroviárias no Brasil: Panorama e Comparação com o Cenário Internacional

1. Nome, cargo e tempo de experiência na área.

Sílvio dos Santos 37 anos

2. Qual o grau de conhecimento possui sobre o tema?

() Muito Baixo () Baixo (x) Médio () Alto () Muito Alto

Observação:

3. Em relação à incompatibilidade de bitolas em linhas férreas, quais são as dificuldades e consequências enfrentadas pelas empresas ferroviárias no Brasil? O maior problema é a falta de integração entre as concessionárias, como o fluxo entre elas é muito pequeno a diferença de bitola não é o maior problema.

4. Há algum planejamento ou perspectiva de mudança para reverter ou atenuar os problemas gerados pela incompatibilidade das bitolas? A única media existente é na construção de bitola métrica fazer a infraestrutura para a bitola larga, condição que não foi respeitada na Ferroeste/PR.

5. Há alguma perspectiva para a construção de bitolas mistas com a finalidade de integrar linhas em trechos específicos? Se sim, em quais trechos? Se não, por quê? Não, pois esse tema não é debatido nem prioridade para as concessinárias e ANTT.

6. A incompatibilidade de bitolas influencia na velocidade comercial dos trens no Brasil? Se sim, qual é o tempo médio perdido, por exemplo, durante a operação de transbordo? Não, a velocidade é muito baixa na maioria dos casos por falta de manutenção da via permanente.

7. Em quais problemas logísticos, direta e indiretamente, a incompatibilidade de bitolas está inserida (processos construtivos, manutenção, capacidade de carga, etc.)? O acesso da bitola métrica aos mercados situados entre as cidades de São Paulo, Rio de Janeiro e Belo Horizonte fica prejudicado pela diferença de bitolas.

8. Em sua perspectiva, quais seriam as alternativas viáveis para enfrentar a incompatibilidade das bitolas no Brasil? Construir o 3º trilho em algumas concessionárias para a bitola métrica atingir mercados importantes.

9. As lajes de concreto (*slab track*), muito utilizada na Europa e no Japão, em substituição ao lastro, poderia auxiliar de algum modo na unificação das bitolas em túneis, como na mudança da bitola métrica para a bitola larga? Não vejo relação

10. Em relação aos custos, há algum estudo ou dados que indiquem a perda com as operações de transbordo de cargas? No meu conhecimento não existem estudos sobre esse tema.

Campo para observações, críticas e sugestões a respeito do questionário e tema da pesquisa.



Bitolas Ferroviárias no Brasil: Panorama e Comparação com o Cenário Internacional

1. Nome, cargo e tempo de experiência na área.
 2. José dos Passos Nogueira, consultor e com mais de 40 anos de experiência
2. Qual o grau de conhecimento possui sobre o tema?
 () Muito Baixo () Baixo (X) Médio () Alto () Muito Alto
 Observação:
-
3. Em relação à incompatibilidade de bitolas em linhas férreas, quais são as dificuldades e consequências enfrentadas pelas empresas ferroviárias no Brasil?
 Seria basicamente a impossibilidade do tráfego ferroviário de norte a sul do país, um trem percorrer de Fortaleza a Porto Alegre e a consequência é econômica.
4. Há algum planejamento ou perspectiva de mudança para reverter ou atenuar os problemas gerados pela incompatibilidade das bitolas?
 Fala-se em unificação de bitolas no país, desde o governo Lula, no entanto o assunto está parado.
5. Há alguma perspectiva para a construção de bitolas mistas com a finalidade de integrar linhas em trechos específicos? Se sim, em quais trechos? Se não, por quê?
 Sim, a Valec construiu o trecho de Anápolis até Uruaçu do tramo central da FNS em bitola mista. Transnordestina também tem trechos em bitola mista.
6. A incompatibilidade de bitolas influencia na velocidade comercial dos trens no Brasil? Se sim, qual é o tempo médio perdido, por exemplo, durante a operação de transbordo?
 Sim, entendo que com relação ao tempo, deve ser indagado ao pessoal de operação das concessionárias.
7. Em quais problemas logísticos, direta e indiretamente, a incompatibilidade de bitolas está inserida (processos construtivos, manutenção, capacidade de carga, etc.)?
 A maior dificuldade é encontrar mestre de linhas que saibam montar AMVs de bitola mista
8. Em sua perspectiva, quais seriam as alternativas viáveis para enfrentar a incompatibilidade das bitolas no Brasil?
 O problema existe também com relação a compra de material rodante americano, porque lá é bitola stander (1435 mm)

Hoje existe equipamento que mudam de bitola com o trem em movimento, parece que na Espanha.

9. As lajes de concreto (*slab track*), muito utilizada na Europa e no Japão, em substituição ao lastro, poderia auxiliar de algum modo na unificação das bitolas em túneis, como na mudança da bitola métrica para a bitola larga?

10. Em relação aos custos, há algum estudo ou dados que indiquem a perda com as operações de transbordo de cargas?

Campo para observações, críticas e sugestões a respeito do questionário e tema da pesquisa.

Este tema é antigo porém não tenho notícias se os órgãos federais como ANTT, DNIT e Valec estão com isso no radar, sugiro pesquisar mais nestes e outros.



Bitolas Ferroviárias no Brasil: Panorama e Comparação com o Cenário Internacional

1. Nome, cargo e tempo de experiência na área. José Leomar Fernandes Júnior, Professor, 36 anos.
2. Qual o grau de conhecimento possui sobre o tema?
 Muito Baixo Baixo Razoável Alto Muito Alto
3. Em relação à incompatibilidade de bitolas em linhas férreas, quais são as dificuldades e consequências enfrentadas pelas empresas ferroviárias no Brasil? R: Não sei. A concessão da operação do transporte ferroviário de carga não é transparente para o meio acadêmico.
4. Há algum planejamento ou perspectiva de mudança para reverter ou atenuar os problemas gerados pela incompatibilidade das bitolas? R: Os novos trechos têm sido construídos com três trilhos, de maneira a se ter duas bitolas. É uma possibilidade no caso de intervenção nos trechos existentes.
5. Há alguma perspectiva para a construção de bitolas mistas com a finalidade de integrar linhas em trechos específicos? Se sim, em quais trechos? Se não, por quê? R: Esta informação pode ser obtida nos sites de empresas ferroviárias.
6. A incompatibilidade de bitolas influencia na velocidade comercial dos trens no Brasil? Se sim, qual é o tempo médio perdido, por exemplo, durante a operação de transbordo? R: Não sei.
7. Em quais problemas logísticos, direta e indiretamente, a incompatibilidade de bitolas está inserida (processos construtivos, manutenção, capacidade de carga etc.)? R: Tem influência em tudo: o processo construtivo, tem exigido três trilhos, na reabilitação pode-se aproveitar a substituição da grade ferroviária para a reabilitação com três trilhos, a capacidade de carga é função da bitola etc.
8. Em sua perspectiva, quais seriam as alternativas viáveis para enfrentar a incompatibilidade das bitolas no Brasil? R: O que já foi comentado: construir e reabilitar com o intuito, também, de reduzir a incompatibilidade de bitolas.
9. As lajes de concreto (*slab track*), muito utilizada na Europa e no Japão, em substituição ao lastro, poderia auxiliar de algum modo na unificação das bitolas em túneis, como na mudança da bitola métrica para a bitola larga? R: Não sei se haveria necessidade de algo tão “drástico” para haver uma minimização da incompatibilidade de bitolas.

10. Em relação aos custos, há algum estudo ou dados que indiquem a perda com as operações de transbordo de cargas? R: Não sei.

Campo para observações, críticas e sugestões a respeito do questionário e tema da pesquisa.

Acho que o título (Panorama e Comparação com o Cenário Internacional) está equivocado, pois as perguntas não buscam identificar o “panorama”, pois o “panorama” (visão do que está ao redor) já é conhecido há quase um século. Por outro lado, não vai ser com um questionário que se conseguirá resolver um problema crônico de um país com dimensões continentais como o Brasil (deve-se e pode-se contribuir para a minimização do problema, mas achar que perguntas e respostas farão mágica explica a falta de respostas dos que foram consultados). E, quanto à comparação com o cenário internacional, não sei o que pode ser feito além da constatação de que temos um problema que os países que nos servem de referência não têm, afinal de contas eles usam a bitola internacional, definida a partir do início do século XX.