

**JOÃO GUILHERME MENEZES DO MONTE LIMA SILVA  
LUCAS AJAJ PICCOLI**

**ESTUDO DE CASO DA IMPLANTAÇÃO DE NOVA FERROVIA  
LIGANDO O PORTO DE PARANAGUÁ AO INTERIOR DO  
PAÍS**

Trabalho de Formatura do Curso de  
Engenharia Civil apresentado à Escola  
Politécnica da Universidade de São  
Paulo

São Paulo  
2018

**JOÃO GUILHERME MENEZES DO MONTE LIMA SILVA  
LUCAS AJAJ PICCOLI**

**ESTUDO DE CASO DA IMPLANTAÇÃO DE NOVA FERROVIA  
LIGANDO O PORTO DE PARANAGUÁ AO INTERIOR DO  
PAÍS**

Trabalho de Formatura do Curso de  
Engenharia Civil apresentado à Escola  
Politécnica da Universidade de São  
Paulo

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Rosângela dos  
Santos Motta

Co-orientador: Prof. Dr. Telmo Giolito  
Porto

São Paulo  
2018

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

## Catalogação-na-publicação

Silva, João

Estudo de caso da implantação de nova ferrovia ligando o Porto de Paranaguá ao interior do país / J. Silva, L. Piccoli -- São Paulo, 2018.  
78 p.

Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Transportes.

1.Engenharia ferroviária 2.Ferroviás 3.Engenharia civil I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Transportes II.t. III.Piccoli, Lucas

## AGRADECIMENTOS

João Guilherme Menezes do Monte Lima Silva

Agradeço, primeiramente, a Deus, aos meus pais, Daurio e Losane, e a toda minha família por toda a força e apoio que me deram durante os anos da graduação. Agradeço, também, aos professores e profissionais da engenharia civil com quem encontrei ao longo do caminho que estiveram dispostos a me transmitir seu conhecimento e incentivar o gosto pela profissão.

Lucas Ajaj Piccoli

Agradeço a Deus e à minha família pelo suporte e incentivo que me deram ao longo do curso e da execução deste trabalho.

Agradecemos, entre outras pessoas, aos nossos orientadores Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Rosângela dos Santos Motta e Prof. Dr. Telmo Giolito Porto. A este último por fornecer-nos contatos da área do tema, acompanhar-nos a todas as entrevistas e reuniões e suprir-nos com os dados e conceitos necessários ao adequado desenvolvimento do trabalho. Àquela, por orientar formalmente nosso Trabalho de Formatura.

Além disso, agradecemos às pessoas e instituições que colaboraram com o trabalho por meio de fornecimento de dados e opiniões sobre os aspectos pertinentes ao tema, dentre os quais: Paulo Assis Benites, presidente da STS – Sistemas de Transportes Sustentáveis; Rodrigo Pinto de Campos, sócio da Porto Lauand Advogados; e Humberto Moreira Pullin, sócio da Pullin e Campano Consultores Associados.

Por fim, como contribuímos para o Trabalho de Formatura de Gabriel Reis Souza, aluno de graduação em Engenharia Civil pela UNESP, e dele recebemos também contribuição, visto que estamos fazendo o trabalho simultaneamente em temas semelhantes, deixamos a ele também nossos agradecimentos.

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	1
2	OBJETIVOS .....	4
2.1	Objetivos Gerais.....	4
2.2	Objetivos Específicos.....	4
3	JUSTIFICATIVA E MÉTODO .....	5
4	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	6
4.1	Legislação das Concessões, PPP e PMI .....	6
5	ESTUDO DE CASO .....	9
5.1	Legislação das Concessões, PPP e PMI .....	9
5.2	Edital do Chamamento Público Nº 02/2017 .....	10
5.3	Estrutura da proposta apresentada para atender ao chamamento .....	14
5.4	Análise do Volume 1 do Caderno 1 de ambos os trechos.....	15
5.4.1	Premissas e características físicas do projeto .....	15
5.4.2	Velocidade e Operação.....	21
5.4.3	Estimativa de demanda – Metodologia e resultados.....	27
5.4.4	Receitas e análise financeira .....	34
5.4.5	Traçado preliminar e alternativas .....	36
5.4.6	TPS .....	52
6	CONCLUSÕES .....	59
6.1	Das entrevistas realizadas .....	59
6.2	Da legislação das Concessões, PPP e PMI .....	60
6.3	Complexidade da definição do traçado .....	61
6.4	Das questões entre modais.....	62
6.5	Da estimativa de demanda.....	64
	REFERÊNCIAS.....	65

## RESUMO

Diante do gargalo na região do Porto de Paranaguá (PR) em razão de uma ferrovia desatualizada, congestionamento rodoviário e saturação da capacidade do porto, o governo do Estado do Paraná decidiu convidar projetistas, em 2017, para avaliar um novo acesso ferroviário ao porto. Motivado pelo impacto desse possível empreendimento na economia da região, sede de aprendizado por ferrovias e perspectiva de inovação no setor, o presente Trabalho de Formatura intende expor, ao realizar um estudo de caso de estudos de viabilidade da Nova Ferroeste, os principais aspectos considerados pelas projetistas participantes e fatores em jogo no procedimento aberto pelo governo do Estado do Paraná. Os aspectos analisados foram a legislação pertinente a este procedimento, exigências do governo estadual, parâmetros do traçado, estudo preliminar de demanda e análise financeira prévia. Para isso, foram realizadas revisão bibliográfica, consulta a sítios eletrônicos e entrevistas a participantes do procedimento. Foram expostas as principais diferenças entre os instrumentos legais analisados e quais ambientes em que cada um deles é mais apropriado, as principais exigências do Edital do procedimento e quais suas possíveis repercussões. Posteriormente, foram analisadas as primeiras partes do estudo de viabilidade solicitado pelo governo, estimativa de demanda na ferrovia pelas próximas décadas e definição do traçado preliminar dela advinda, com a colaboração de algumas projetistas participantes. Com isso, pôde-se obter uma ideia da demanda, receita e desenho do traçado previsto para os trechos solicitados, seus possíveis efeitos e algumas propostas de melhoria para os métodos utilizados. Do estudo da legislação, foi possível concluir que o PMI, procedimento adotado pelo governo do Paraná para estruturar o estudo de viabilidade, apresenta alto risco ao setor privado e só funciona em ambientes de elevadas certeza jurídica e garantias. Em relação à análise financeira preliminar, há já um valor mínimo de receita e carga que será realizado. Porém, como os valores foram muito subestimados devido a razões metodológicas, ainda é inconclusivo se a Nova Ferroeste é totalmente viável financeiramente ao setor privado ou se é necessário um aporte do setor público.

Palavras-Chave: engenharia ferroviária; ferrovias; engenharia civil

## ABSTRACT

Facing the bottleneck represented by an outdated railway that reaches the Paranaguá harbour region, traffic congestions and saturation of the harbour capacity, the government of the State of Paraná has decided to make a call for designers, in 2017, to assess a new rail access to the harbour. Prompted by the impact of this possible development at the region's economy, by interest on acquiring knowledge on railway subjects and the perspective of watching innovations on this sector, this undergraduate final project intends to expose, at making a case study on viability studies of this new railway Nova Ferroeste, the major aspects regarded by the participant designers and the decisive issues at the procedure opened up by the government of the State of Paraná. The assessed issues were the concerning legislation to this procedure, exigencies of the state government, parameters of the track layout design, preliminary study of commodities demand and prior finance assessment. For this purpose, there has been made a bibliographic review, consultation to websites and some interviews to the participants of the procedure. There has been exposed the major differences between the assessed legal tools and in which situation each one is more suitable, the major exigencies of the Procedure Notice and their most likely implications. Then, assessments were made of the former parts of the viability study requested by the government, demands estimates for the railway in the coming decades and its definition of the preliminary track design, counting on the cooperation of some of the designers. As an outcome, it was possible to attain an idea of the demand levels, incomes and an outline of the track design for the selected stretches, its possible effects and some enhancing proposals for the used methods. From the legal studies, it was possible to conclude that the PMI (Procedure for the Manifestation of Interest), procedure adopted by the Paraná State government to set the viability study, features a high level risk to the private sector and is only suitable for a high level of juridical safety and guarantees environment, which might not be the case. Regarding the preliminary finance assessment, there is a minimum rate of incomes and loadings to be performed. However, as these rates has been underestimated due to methodological reasons, it's still inconclusive if the Nova Ferroeste railway is financially feasible to the private sector or if there will be a need of some financial support coming from the government to enable this project to go on.

Key-words: railway engineering; railways; civil engineering

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Trem subindo a Serra do Mar na Ferrovia Curitiba-Paranaguá, construída no século XIX .....	1
Figura 2 - Número de PMI publicados e efetivados de 2010 a 2015 até o ano de 2015 .....	10
Figura 3 - Mapa da região de estudo para perceber as distâncias relativas .....	12
Figura 4 - Seção transversal típica de aterro para a ferrovia.....	20
Figura 5 - Seção transversal típica de corte para a ferrovia .....	20
Figura 6 - Seção transversal típica em pátios para a ferrovia .....	20
Figura 7 - Gráfico indicando a relação entre custo da tonelada transportada x demanda, para vias singela e dupla.....	21
Figura 8 - Perfil do trilho do tipo UIC60 .....	23
Figura 9 - Trecho construído entre Cascavel e Guarapuava, sob concessão da Ferroeste .....	23
Figura 10 - Mapa mostrando malhas onde há operação da empresa Rumo, inclusive os trechos entre Guarapuava e Paranaguá, na Malha Sul.....	24
Figura 11 - Evolução anual da carga transportada pela atual Ferroeste (trecho Cascavel-Guarapuava), em gráfico.....	26
Figura 12 - Variação sazonal de movimentação de cargas em 2014 na Ferroeste, em gráfico .....	26
Figura 13 - Mapa indicando a localização dos nove municípios referentes aos terminais iniciais usados como área de influência direta para a definição da área de estudo .....	28
Figura 14 - Divisão modal do escoamento de carga pelo Porto de Paranaguá de 1980 a 2015 .....	31
Figura 15 - Curva de esforço trativo da locomotiva .....	43
Figura 16 - Alternativas possíveis de traçado no trecho da Serra do Mar, para R300 (60 km/h) e rampa de 2,5% .....	45
Figura 17 - Alternativa escolhida do traçado no trecho da Serra do Mar, para R300 (60 km/h) e rampa de 2,5% .....	45
Figura 18 - Alternativas possíveis do traçado no trecho entre Guarapuava e Curitiba, para R1000 (100 km/h) e rampa de 1,8% .....	46
Figura 19 - Alternativa escolhida do traçado no trecho entre Guarapuava e Curitiba, para R1000 (100 km/h) e rampa de 1,8% .....	47
Figura 20 - Alternativas possíveis de traçado no trecho entre Cascavel e Guarapuava, para R500 (80 km/h) e rampa de 1,8%.....	49
Figura 21 - Alternativa escolhida de traçado no trecho entre Cascavel e Guarapuava, para R500 (80 km/h) e rampa de 1,8% .....	49
Figura 22 - Alternativas possíveis de traçado no trecho entre Dourados e Cascavel, para R1000 (100 km/h) e rampa de 1,8% .....	51
Figura 23 - Alternativa escolhida de traçado no trecho entre Dourados e Cascavel, para R1000 (100 km/h) e rampa de 1,8% .....	51
Figura 24 - Exibição em escala microscópica do editor de infraestrutura do TPS ....	53
Figura 25 - Exibição detalhada de estações do Editor de Infraestrutura do software TPS .....	54
Figura 26 - Interface do usuário no editor de cronograma do software TPS .....	54
Figura 27 - Planejamento de dias de operação do Editor de cronograma do software TPS .....	55

Figura 28 - Editor Gráfico Interativo com informações sobre localização dos trens ao longo do tempo de trajeto e previsão de conflitos na ocupação de espaços pelos trens .....	55
Figura 29 - Resultado da simulação da operação pelo TPS de uma das alternativas de traçado preliminar, analisando o perfil de velocidades do trem adotado no trecho .....	57
Figura 30 - Resultado da simulação da operação pelo TPS de uma das alternativas de traçado preliminar, analisando o perfil de velocidades do trem adotado no trecho .....	57

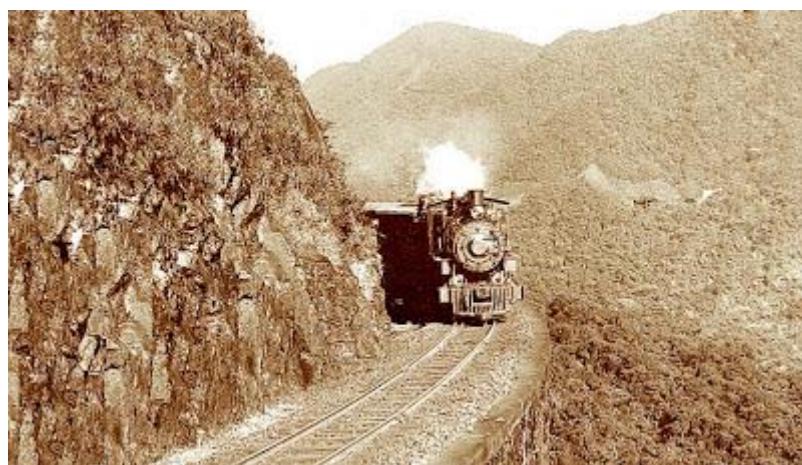
## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Síntese de aspectos relevantes da legislação das concessões, PPP e PMI .....	8
Tabela 2 - Evolução anual da carga transportada pela atual Ferroeste (trecho Cascavel-Guarapuava) .....	26
Tabela 3 - Variação sazonal de movimentação de cargas em 2013 e 2014 na Ferroeste .....	26
Tabela 4 - Taxas de crescimento por tipo de carga de 2013 a 2035 .....	29
Tabela 5 - Matriz origem-destino total projetada para 2025 (valores em ton) .....	29
Tabela 6 - Matriz origem-destino total projetada para 2035 (valores em ton) .....	29
Tabela 7 - Matriz origem-destino total projetada para 2045 (valores em ton) .....	29
Tabela 8 - Carregamento total entre terminais de 2025 a 2050 (valores em ton) .....	30
Tabela 9 - Custo de transporte entre terminais potenciais pelo modal rodoviário, em R\$/ton .....	32
Tabela 10 - Custo de transporte entre terminais potenciais pelo modal ferroviário para a soja, em R\$/ton .....	32
Tabela 11 - Distâncias entre os terminais potenciais pelo modal ferroviário, em km .....	33
Tabela 12 - Valores das receitas anuais pelas alternativas de traçado de 2025 a 2050, em R\$ 1000,00 .....	35
Tabela 13 - Resultados da análise financeira para as oito alternativas de traçado .....	36
Tabela 14 - Esquema das combinações de variáveis de projeto propostas para os traçados preliminares .....	40
Tabela 15 - Associação de possibilidades combinadas de raios mínimos, rampas e velocidades comerciais nos trechos da ferrovia .....	41
Tabela 16 - Composições de alternativas preliminares com variáveis de projeto ainda viáveis .....	41
Tabela 17 - Composição das alternativas remanescentes após análise de resultados dos traçados preliminares .....	44
Tabela 18 - Quantitativos principais do traçado da Serra do Mar (opção R300 e 2,5%) .....	46
Tabela 19 - Quantitativos principais do traçado no trecho entre Guarapuava e Curitiba, para R1000 (100 km/h) e rampa de 1,8% .....	48
Tabela 20 - Quantitativos principais do traçado no trecho entre Cascavel e Guarapuava, para R500 (80 km/h) e rampa de 1,8% .....	50
Tabela 21 - Quantitativos principais do traçado no trecho entre Dourados e Cascavel, para R1000 (100 km/h) e rampa de 1,8% .....	52
Tabela 22 - Resultados da simulação da operação pelo TPS das alternativas de traçado preliminar .....	57
Tabela 23 - Matriz origem-destino total pelo modal ferroviário projetada para 2050 para o traçado 1 de 18 .....	63

## 1 INTRODUÇÃO

No final do século XIX, a economia do Paraná era movida principalmente pela comercialização de produtos agrícolas, especialmente a erva-mate, que, em boa parte, eram exportadas pelo Porto de Paranaguá. Dessa forma, a criação de uma ligação de transporte entre o planalto e o litoral, capaz de vencer a barreira topográfica imposta pelo relevo escarpado da Serra do Mar de maneira mais eficiente e econômica, era um desafio que se fazia necessário para que o Estado pudesse manter a sua competitividade e autonomia. Neste contexto, em fevereiro de 1885 foi inaugurado o primeiro trecho ferroviário da Estrada de Ferro Curitiba-Paranaguá, com 110 km de extensão total, construído pela companhia francesa *Compagnie Générale des Chemins de Fer Brésiliens*. As obras levaram cinco anos e utilizaram as tecnologias disponíveis na época, com túneis, pontes e viadutos que contornavam a topografia accidentada da região.

Apesar de ter servido muito bem à demanda de produtos durante muitas décadas, a priorização nacional pelo modal rodoviário na década de 1960 foi uma escolha que levou à queda dos investimentos nas ferrovias de carga, cujos atributos físicos se tornaram obsoletos e limitados para atender à demanda crescente, trazida pelo crescimento da economia, e que exigiria investimentos para se obter aumentos na capacidade de transporte e mudanças em outras variáveis de projeto, que não ocorreram. O prolongamento dessa situação levou à baixa utilização do modal ferroviário e à saturação dos demais, especialmente rodoviário, impondo um gargalo para a exportação pelo porto que eleva fortemente os custos logísticos. Como ocorreu no passado, hoje a revitalização do modal ferroviário por meio de nova linha ligando o planalto ao litoral, com variáveis de projeto atualizadas que permitem uma capacidade compatível com a demanda atual, inclusive com possibilidade de expansão dessa capacidade, se faz muito necessário para trazer novo fôlego à economia regional, beneficiando os pólos produtores de carga com mais uma opção de transporte econômica e de operação eficiente. A Figura 1 (BARBOSA, 201?) exibe uma foto de um trem subindo a Serra do Mar do Paraná pela via férrea construída no século XIX.



**Figura 1 - Trem subindo a Serra do Mar na Ferrovia Curitiba-Paranaguá, construída no século XIX**

A atual condição do Porto de Paranaguá e da malha ferroviária da região dos estados do Paraná e do Mato Grosso do Sul levou órgãos governamentais, nos

últimos anos, a considerar a implantação de uma nova ferrovia ligando o Mato Grosso do Sul ao Porto de Paranaguá, a fim de atender à demanda de carga existente e solucionar os problemas logísticos da região devidos à desatualização da malha ferroviária e capacidade do porto diante do crescimento da demanda.

O Porto de Paranaguá movimenta atualmente cerca de 50 milhões de toneladas por ano, operando no limite de sua capacidade. A ferrovia existente que conecta o porto transporta por volta de 10 a 12 milhões de toneladas por ano, sendo os outros 40 quase totalmente escoados pela rede rodoviária. Estes dois últimos modais também se apresentam no limite de sua capacidade, ocasionando congestionamento nas rodovias de entrada e no acesso ao porto e gargalos na ferrovia, principalmente nos trechos de serra: Guarapuava-Ponta Grossa (Serra da Esperança) e Curitiba-Porto de Paranaguá (Serra do Mar). O problema agrava-se porque a ferrovia existente é em via singela, tornando a operação lenta, sobretudo em trechos de Serra, com alto tempo de espera por cruzamento.

A ferrovia existente operada pela Rumo Logística, que cobre o trecho de Guarapuava (PR) ao porto, foi desenhada há mais de um século e apresenta restrições que não havia naquela época, como geometria desfavorável ao bom desempenho operacional dos atuais trens de carga. Além disso, há interesse artístico e cultural no trecho que atravessa a Serra do Mar.

A região apresenta elevada taxa de exportação e capacidade de produção agrícola. Porém, atualmente, apenas 20% das cargas agrícolas produzidas no Paraná e no Mato Grosso do Sul, principalmente milho, soja, trigo e cana-de-açúcar, chegam ao Porto de Paranaguá por meio do modal ferroviário. Em sentido contrário, este porto é o mais importante na importação de fertilizantes, respondendo por mais de 35% de todo o fertilizante importado pelo país.

O porto apresenta um plano de expansão que pode aumentar esta capacidade para aproximadamente 100 milhões de toneladas por ano por meio de expansão de berços offshore. Porém, essa expansão não é viável sem um novo acesso ferroviário, pois a rede rodoviária não suporta escoar 90 milhões de toneladas por ano, mais do que o dobro da movimentação atual. Assim, a expansão da ferrovia e do porto são mutuamente dependentes, pois o impacto ambiental da enorme frota de caminhões é grande, tal como sua mitigação.

Diante desse problema, e considerando que a maior parte da movimentação dos produtos agrícolas produzidos no Brasil é exportada pelos portos, o governo estadual do Paraná decidiu buscar soluções. Ao final de 2017, apresentou um Chamamento Público para Procedimento de Manifestação de Interesse a fim de obter, mediante interessados da iniciativa privada, estudos de viabilidade de implantação de novos trechos (Guarapuava-Paranaguá, ramal para Pontal do Paraná e Dourados-Cascavel) e modernização do trecho existente Cascavel-Guarapuava. O ramal visa preparar-se para a futura instalação do complexo portuário de Pontal do Paraná.

O Edital publicado procura atender à demanda de transporte de cargas da Região Oeste do Paraná e do Mato Grosso do Sul, além da de estados vizinhos e países fronteiriços, para o Porto de Paranaguá por meio do modal ferroviário. A ampliação

do modal ferroviário é vista como forma de tornar o transporte mais eficiente e a região produtora mais competitiva.

Assim, o estudo de viabilidade analisado, do grupo autorizado 4, intenta responder se há viabilidade técnica, econômica e financeira para a implantação da ferrovia e, se existir, qual a sua configuração para garantir essa viabilidade.

## 2 OBJETIVOS

O presente trabalho intentou realizar um estudo de caso de estudos de viabilidade de implantação de uma nova linha ferroviária ligando Dourados (MS) ao Porto de Paranaguá (PR). Os aspectos do estudo de viabilidade, a serem analisados, foram as exigências do Edital de Chamamento Público Nº 02/2017-CGC – Procedimento de Manifestação de Interesse – PMI – Projeto Nova Ferroeste (Dourados/MS – Paranaguá/PR – Pontal do Paraná/PR). O objetivo foi atingido até a parte em que os estudos de viabilidade do grupo autorizado acompanhado, o 4, foram realizados: estudo de demanda e definição do traçado preliminar.

### 2.1 Objetivos Gerais

O presente trabalho objetivou, por meio de um estudo de caso, consolidar o conhecimento e apreciação crítica multidisciplinar a partir do acompanhamento de estudo de viabilidade de implantação de extensa ferrovia (aproximadamente 1.000 km) sob os seguintes aspectos: de planejamento, de projeto, de métodos construtivos, institucional, técnico, operacional, de manutenção, ambiental, econômico e financeiro.

Por meio do acompanhamento do estudo e análise crítica, intentou-se abordar, ao menos, o seguinte conteúdo: legislação vigente pertinente ao processo em andamento, estudos de logística e de demanda de fluxos ferroviários, superestrutura e infraestrutura ferroviária, parâmetros de traçado, otimização do traçado, tecnologia de túneis, questões ambientais, integração modal ferrovia-porto, análise econômico-financeira de investimentos em infraestrutura.

### 2.2 Objetivos Específicos

O desenvolvimento do estudo de caso foi previsto em quatro etapas: estudo da legislação do processo de PMI, fase atual da elaboração da Nova Ferroeste; estudo técnico, incluindo de demanda, ambientais, topográficos, do traçado geométrico, geológicos, geotécnicos, hidrológicos, hidráulicos, de terraplenagem, superestrutura e infraestrutura ferroviária, demais estudos de engenharia necessários à adequada cobertura do estudo de caso, operacionais e de planejamento da obra; estudo da análise econômico-financeira, incluindo orçamento de investimentos e de despesas operacionais e gerais, matriz de riscos e externalidades (benefícios diretos e indiretos); síntese, a partir de apreciação crítica de todo o conteúdo produzido, com possíveis propostas de melhoria ou solução para o problema em questão.

Além disso, esperamos também que do presente trabalho resulte a exposição de alguma inovação no setor ferroviário diante dos desafios presentes, seja no traçado em trecho de serra, seja na otimização do traçado de toda a ferrovia ou em algum outro aspecto.

### 3 JUSTIFICATIVA E MÉTODO

O tema escolhido, estudo de caso de implantação de ferrovia ligando região produtora de carga de baixo valor agregado a porto de significativa capacidade de escoamento de carga, se deu, principalmente, por razões socioeconômicas. Visto que o país é carente em transporte ferroviário de cargas, o que o torna menos competitivo na exportação desse tipo de produto, o caso em questão, Nova Ferroeste, foi uma oportunidade de, ao mesmo tempo, entender as razões desse problema e refletir sobre como solucioná-lo.

Além disso, outras razões que levaram à escolha desse tema foram de ordem de aprendizado: ampliação do conhecimento específico na área de ferrovias; conhecimento do retorno do processo de participação da iniciativa privada em infraestrutura, recente e muito discutida no debate público nacional; caráter multidisciplinar e sistêmico envolvido na implantação de projetos de grande dimensão ferroviários e de infraestrutura em geral; e, consolidação de aprendizados da graduação numa aplicação prática profissional.

Por fim, a última razão, relevante para a Engenharia Civil, foi a possibilidade de surgimento de inovação no setor ferroviário com a implantação dessa obra devido aos desafios ambientais existentes na região.

Os métodos utilizados para a realização deste trabalho foram revisão bibliográfica, incluindo de bibliografia especializada, consulta a sítios eletrônicos, incluindo pertinentes ao projeto, como o da ANTT (Agência Nacional de Transportes Terrestres) e da Nova Ferroeste, e entrevistas com especialistas e participantes do PMI. A utilização de entrevistas, tanto a especialistas quanto a participantes do PMI, deveu-se ao conhecimento dos estudos de viabilidade em desenvolvimento em detalhe pelos participantes e consultores especializados em atender-lhes.

## 4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo contém uma revisão bibliográfica, baseada na legislação pertinente, para a adequada compreensão dos procedimentos inerentes ao processo corrente da elaboração dos estudos de viabilidade da implantação da Nova Ferroeste.

### 4.1 Legislação das Concessões, PPP e PMI

A fim de contextualizar o arcabouço institucional necessário à adequada análise do estudo de caso em questão, expõe-se, brevemente, neste item, as principais normas que regulam o regime de concessão, as parcerias público-privadas (PPP) e o Procedimento de Manifestação de Interesse (PMI).

A Constituição Federal de 1988, em seu artigo 175, obriga o Poder Público à prestação de serviços públicos, na forma da lei, diretamente ou sob o regime de concessão ou permissão. A lei que dispõe sobre o regime de concessão e permissão da prestação de serviços públicos é a Lei Federal 8.987, de 1995, que apresenta algumas peculiaridades relevantes, a seguir mencionadas, para as análises posteriores.

Concessão de serviço público é definida como a delegação do poder concedente, a quem incumbe a prestação do serviço público, à pessoa jurídica ou consórcio de empresas que demonstre capacidade para seu desempenho. A concessão deve ser realizada por meio de licitação, na modalidade concorrência, apresenta prazo determinado e pode ou não incluir a execução de obra pública para a prestação do serviço público.

A permissão também é definida e apresenta regime detalhado na Lei, mas não será tratada por não pertencer ao escopo do estudo visto que é sabido desde já que a possível execução e operação da Nova Ferroeste se dará por alguma espécie de concessão.

A Lei apresenta, no Art. 18-A, possibilidade de inversão da ordem das fases de habilitação e julgamento durante o processo de licitação, uma alternativa à ordem dos procedimentos de licitação previstos na Lei Federal 8.666, de 1993, que dispõe sobre licitações e contratos da Administração Pública e é utilizada para contratos administrativos que não caracterizam concessão, que consiste na realização da habilitação previamente ao julgamento. Essa alternativa foi introduzida na Lei em 2005.

Em seu Art. 21, a Lei 8.987, estabelece que os estudos, investigações, levantamentos, projetos, obras, despesas e demais investimentos efetuados com utilidade para a licitação pelo poder concedente ou com sua autorização deverão estar à disposição dos interessados e devem ser resarcidos pelo vencedor da licitação, devendo estar especificado no edital.

Complementando o regime de concessão e dispondo sobre normas para outorga e prorrogação das concessões e permissões de prestação de serviços públicos, há a

Lei Federal 9.074, de 1995. O aspecto relevante para o estudo em questão é, novamente, um contraste com a Lei 8.666: ao passo que esta, em seu Art. 9º, veda a participação na licitação do autor do projeto utilizado para sua realização, a Lei 9.074, no Art. 31, permite a participação dos autores ou responsáveis economicamente pelos projetos utilizados para a licitação para a concessão.

Em se tratando do regime de parceria público-privada (PPP), há a Lei Federal 11.709, de 2004, e outras de âmbito estadual. O Estado do Paraná apresenta a Lei Estadual 17.046, de 2012, que trata sobre o assunto e é mencionada no Edital que orienta o PMI da Nova Ferroeste. Como não foram percebidas diferenças relevantes nos aspectos de interesse do estudo de caso e a Lei 11.079 é mais abrangente, apresenta-se aqui apenas os aspectos da Lei Federal.

Parceria público-privada é definida como o contrato administrativo de concessão, na modalidade patrocinada ou administrativa. Concessão patrocinada é a concessão de serviços públicos, como definida pela Lei 8.987, em que há, além de tarifa cobrada dos usuários do serviço, contraprestação pecuniária do parceiro público ao parceiro privado. É utilizada quando o resultado da prestação do serviço não é suficiente para atender à viabilidade econômico-financeira exigida pelo setor privado. Concessão administrativa, por sua vez, é o “contrato de prestação de serviços de que a Administração Pública seja a usuária direta ou indireta”. Quando não envolver contraprestação pecuniária do parceiro público ao parceiro privado, não se trata de parceria público-privada, mas de concessão comum (Lei Federal 11.079, Art. 3º).

Em seu Art. 8º, a Lei prevê as garantias que a Administração Pública deve fornecer ao parceiro privado para a contraprestação e no Art. 13, prevê, assim como a Lei 8.987, possibilidade de inversão de ordem das etapas de julgamento e habilitação na licitação. Para os aspectos relevantes ao estudo de caso, as parcerias público-privadas, à parte dos detalhes mencionados, regem-se pela Lei 8.987.

Por fim, a fim de levantar os aspectos do Procedimento de Manifestação de Interesse, etapa do processo em que está a elaboração da Nova Ferroeste, temos o Decreto 8.428, de 2015, da Presidência da República. Este decreto dispõe sobre o “Procedimento de Manifestação de Interesse (PMI) a ser observado na apresentação de projetos, levantamentos, investigações ou estudos, por pessoa física ou jurídica de direito privado, a serem utilizados na administração pública.” A finalidade do procedimento é subsidiar a estruturação de empreendimentos objeto de concessão, incluindo parceria público-privada ou permissão de, entre outras atividades, serviços públicos.

O PMI consiste em três etapas: abertura, autorização e seleção. A abertura do PMI pode ocorrer por iniciativa da própria administração pública, que considera conveniente ou oportuno que o setor privado auxilie nos estudos, ou após proposta vinda da sociedade civil e considerada pertinente pela administração pública, que opta por proceder ou não a um PMI. A proposta vinda da sociedade civil com a intenção de que se proceda a um PMI chama-se Manifestação de Interesse Privado (MIP). Após a abertura, mediante publicação de Edital de Chamamento Público, há prazo determinado para as empresas ou grupo de empresas interessadas manifestarem interesse e enviarem as propostas de estudos ao órgão especificado no Edital. Após a verificação de atendimento das propostas aos requisitos pelo

órgão gestor do procedimento e constatada a qualificação e validade da proposta segundo critérios estabelecidos no Decreto e no Edital, publica-se as empresas e grupos autorizados. A partir da data de publicação da autorização, as empresas e grupos devem, dentro do prazo previsto no Edital, apresentar os estudos ao órgão gestor, com possibilidade de apresentações parciais estabelecidas pelo órgão. Após a apresentação, procede-se à seleção, verificando-se o atendimento dos estudos aos requisitos estabelecidos no Edital, especificamente no Termo de Referência, e selecionando-se os estudos segundo os critérios pré-estabelecidos.

Este procedimento não obriga a realização de procedimento licitatório para a concessão, tampouco a indenização ou ressarcimento dos estudos pela administração pública. A única hipótese de ressarcimento ocorre quando houver vencedor em processo licitatório de fato ocorrido para a concessão do empreendimento e os estudos da empresa ou grupo participante do PMI tiverem, parcial ou totalmente, sido utilizados para a estruturação da licitação, ocasião em que o vencedor do certame deve ressarcir os estudos utilizados nas suas devidas proporções, não ultrapassando, no total, o valor limite estabelecido no Edital de Chamamento Público que rege o PMI.

Além disso, em seu Art. 18, autoriza que os autores ou responsáveis economicamente pelos estudos possam participar de eventual licitação para a concessão dos serviços públicos estudados, salvo disposição em contrário no Edital de Chamamento Público que estabelece o PMI.

Apesar do Edital do estudo de caso em questão reger-se pelo Decreto-Lei Estadual do Paraná 6.823, que trata do Procedimento de Manifestação de Interesse no Estado do Paraná, como não foram notadas diferenças relevantes para o Decreto 8.428, somente este foi considerado.

A Tabela 1 sintetiza alguns dos principais aspectos supracitados.

**Tabela 1 - Síntese de aspectos relevantes da legislação das concessões, PPP e PMI**

	L. 8.666/93 Licitações e contratos	L. 8.987/95 Concessão e permissão	L. 9.074/95 Complementa a L. 8.987/95	L. 11.079/04 PPP	DL. 8.428/15 PMI e MIP
Permite inverter ordem de habilitação e julgamento?	Não	Sim	N/A	Sim	N/A
Permite participação de autor ou responsável por projeto estruturante?	Não	N/A	Sim	Sim	Sim, salvo disposição em contrário no Edital

## 5 ESTUDO DE CASO

Neste capítulo apresenta-se o estudo de caso, com base em entrevistas realizadas e documentos obtidos com o grupo 4 autorizado, explicado adiante. Entende-se que tal análise, assim como a articulação entre temas, é conhecimento relevante por refletir a interdisciplinaridade e a articulação dos diversos conhecimentos acadêmicos no desenvolvimento de um projeto real. O estudo de caso sobre o estudo de viabilidade da empresa STS – Sistemas de Transportes Sustentáveis, uma projetista ferroviária, foi realizado até a parte do estudo de demanda e definição do traçado preliminar.

### 5.1 Legislação das Concessões, PPP e PMI

De acordo com entrevista realizada em 4 de maio de 2018 com empresa especialista, entre outras atividades, em assessoria jurídica à implementação de empreendimentos de infraestrutura e construção, Porto Lauand Advogados, na pessoa de Rodrigo de Campos, que nos permitiu ampliar nossa visão sobre a legislação das concessões, PPP e PMI, e com a leitura das leis correspondentes e mencionadas no item 4.1, pudemos inferir a ideia por trás desses processos e algumas de suas vantagens.

A parceria público-privada, por ser uma concessão em que não é necessário que o resultado seja suficiente para atender à viabilidade econômico-financeira exigida pelo setor privado nem que o aporte financeiro seja totalmente realizado pela administração pública, é mais flexível, permitindo, portanto, maior celeridade à execução e operação de obras e outros serviços públicos.

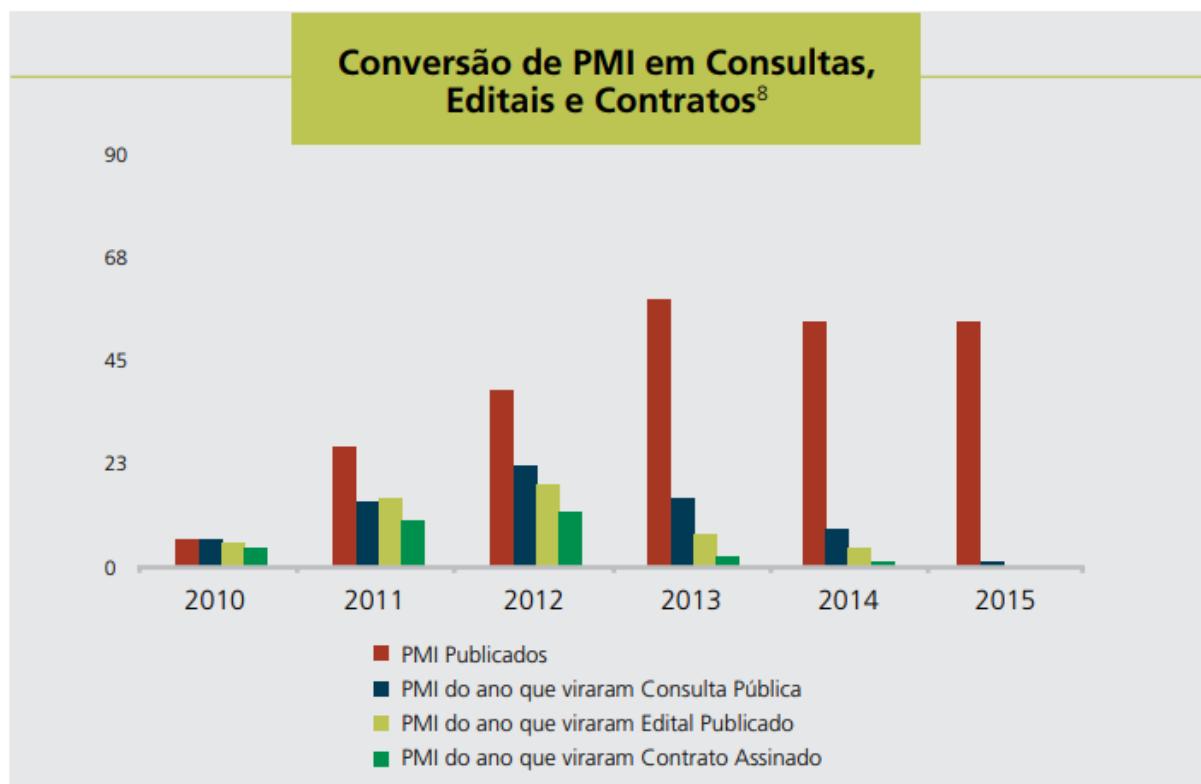
O Procedimento de Manifestação de Interesse, por sua vez, soluciona o problema da assimetria dupla de informações entre o setor público e privado, em que este, num modelo clássico de estruturação de uma concessão ou parceria público-privada, não conhece o projeto e aquele não conhece as características técnico-econômicas do ente privado desde o início, pois permite que os setores público e privado alinhem desde a autorização do PMI a condução dos estudos e projetos e que o setor público conheça a qualificação técnico-econômica dos participantes.

Outra vantagem é a permissão de participação dos autores e responsáveis econômicos dos estudos no eventual processo licitatório decorrente do PMI, o que é vantagem tanto se o participante tiver seus estudos utilizados para a estruturação da licitação quanto se não tiver, pois conhece desde cedo as condições de projeto do empreendimento em questão e não se torna impedido de participar da licitação.

Além disso, como estabelecido no Decreto 8.428, de 2015, há possibilidade de a administração pública convocar reuniões para apresentação do andamento dos estudos, incorrendo em melhor alinhamento entre os setores.

Assim, o PMI também aumenta a celeridade da prestação do serviço público, pois com os estudos bem alinhados, eventuais conflitos entre os setores público e privado são evitados e a execução e operação podem ocorrer mais cedo.

Apesar das vantagens do PMI, não podemos ignorar dois fatores que ainda colocam sua eficiência em dúvida: risco elevado ao participante e utilização recente. O risco para o participante é elevado, visto que além da possibilidade baixa de ser resarcido, há a possibilidade de a licitação para a concessão do serviço público sequer ocorrer, tornando os investimentos nos estudos prejuízos quase completos. Além disso, a legislação sobre PMI é recente e tanto o número absoluto quanto proporcional de PMI que efetivamente tornaram-se processos licitatórios ou contratos assinados são baixos, conforme mostra a Figura 2 (RADAR PPP, 2018). Assim, pode ser precipitado afirmar várias vantagens e desvantagens desse processo.



**Figura 2 - Número de PMI publicados e efetivados de 2010 a 2015 até o ano de 2015**

## 5.2 Edital do Chamamento Público Nº 02/2017

O governo estadual do Paraná, por meio do Conselho Gestor de Concessões (CGC), da Secretaria de Estado de Infraestrutura e Logística (SEIL), da Estrada de Ferro Paraná Oeste – Ferroeste, da Secretaria do Planejamento e Coordenação Geral (SEPL) e da Coordenadoria de Concessões e Parcerias (CCP), tornou público, no dia 27 de novembro de 2017, o Edital de Chamamento Público Nº 02/2017 para a participação de interessados no Procedimento de Manifestação de Interesse (PMI) do Projeto da Nova Ferroeste. Anexo ao Edital, encontra-se o Termo de Referência, que detalha as atividades exigidas. As leis que regem o procedimento são: Lei Federal 8.987, de 1995; Lei Federal 9.074, de 1995; Lei Estadual 17.046, de 2012; e Decreto Estadual 6.823, de 2012. Essas leis foram brevemente apresentadas no item 4.1.

O objeto do Edital é a orientação da participação de interessados no PMI da Nova Ferroeste (Projeto), por meio do desenvolvimento de estudos, levantamentos, investigações, pesquisas, informações técnicas, econômicas, financeiras e ambientais (Estudos de Viabilidade) necessários à estruturação dos Projetos, para que estes possam ser usados em procedimento licitatório que contemplem duas concessões.

As concessões são: Concessão Estadual para a implantação, operação, gestão e manutenção de Transporte Ferroviário de Cargas, entre Guarapuava (PR) e o Porto de Paranaguá (PR), com ramal para o futuro Complexo Portuário de Pontal do Paraná (PR) – Trecho 1; Subconcessão Federal para a implantação, operação, gestão e manutenção de Transporte Ferroviário de Cargas, no Trecho de Dourados (MS) a Guarapuava (PR) – Trecho 2. A Subconcessão do Trecho 2 deve-se à existência de concessão federal vigente da Ferroeste, com duração de 90 anos e firmada em 1989, que lhe garante a construção, uso e gozo de estrada de ferro que parte de Dourados (MS) até Guarapuava (PR), estando apenas o trecho de Cascavel (PR) até Guarapuava (PR) construído e operando.

Os Estudos de Viabilidade devem estruturar-se nos seguintes produtos, separados para cada Trecho devido à necessidade de duas licitações: Caderno 1 – Estudos Técnico-Operacionais e Ambientais; Caderno 2 – Estudos Econômico-Financeiros e de Externalidades.

Como já existe ferrovia entre Cascavel e o Porto de Paranaguá, sendo o trecho Cascavel – Guarapuava a concessão federal da Ferroeste e Guarapuava – Porto de Paranaguá o trecho operado pela concessionária Rumo Logística, a proposta dos participantes devem contemplar soluções que permitem eliminar os gargalos e aumentar a capacidade de carga por modal ferroviário por meio de: implantação e operação de uma nova ferrovia, em traçado alternativo ao operado pela Rumo, e um ramal para o futuro complexo portuário de Pontal do Paraná; implantação e operação do trecho entre Dourados e Cascavel; e modernização e operação do trecho existente Cascavel – Guarapuava, da Ferroeste. Além disso, as soluções devem contemplar a interoperabilidade entre os dois Trechos e a definição de percentual de direito de passagem que viabilize o uso por operadores independentes.

Apesar de não mostrar o trecho antigo, do século XIX, operado atualmente pela Rumo Logística, nem o local do futuro complexo portuário de Pontal do Paraná, a Figura 3 (FERROESTE, 2017?) permite perceber as proporções e localizações relativas envolvidas.



Figura 3 - Mapa da região de estudo para perceber as distâncias relativas

As condições de participação do PMI contemplam, entre outros aspectos, a não necessidade de vínculo formal entre o grupo que intenta participar e o prazo de 60 dias, contados a partir da data de publicação do Edital, para o recebimento de propostas.

O conteúdo da solicitação para autorização contempla, entre outros requisitos, indicação do valor de ressarcimento pretendido, acompanhado de devido embasamento, plano de trabalho contendo o detalhamento das atividades planejadas e cronograma indicando as datas de conclusão de cada etapa e a data final para a conclusão e entrega dos Estudos de Viabilidade.

Os critérios de autorização das propostas são a entrega da solicitação completa dentro do prazo, com a indicação do valor de ressarcimento pretendido, devidamente acompanhado dos parâmetros utilizados para sua definição, inferior ao valor estabelecido no Edital. Como a autorização não é conferida com exclusividade, é permitido que mais de uma proponente obtenha autorização.

Autorizadas a participar, as proponentes podem, em qualquer fase do PMI, decidir se associar. Porém, não é permitida a participação de uma mesma empresa em mais de um PMI. O Edital em questão permite a participação dos autores ou patrocinadores dos Estudos de Viabilidade do PMI na eventual licitação ou execução das obras. A participação dos interessados no PMI implica cessão ao Estado do Paraná dos direitos autorais sobre todos os documentos apresentados, caso estes venham a ser utilizados em procedimento licitatório.

O prazo estabelecido para a apresentação dos Estudos de Viabilidade é de 270 dias a partir da data de publicação da autorização, ou seja, 25 de novembro de 2018, visto que a autorização foi publicada no dia 28 de fevereiro de 2018, conforme será detalhada adiante. O Edital permite que sejam estabelecidas datas intermediárias

para a apresentação parcial dos estudos a fim de acompanhar o andamento do processo. Além disso, os Estudos de Viabilidade devem obedecer às diretrizes constantes do Termo de Referência para serem aceitos.

Dentre os critérios para ressarcimento dos custos do PMI, destacam-se a adoção das melhores técnicas de elaboração e nível de detalhamento das justificativas apresentadas para as soluções propostas. O Estado Paraná pode selecionar os Estudos de Viabilidade das proponentes parcial ou totalmente, sendo os autores dos estudos selecionados resarcidos pelo vencedor da eventual licitação na proporção das partes dos estudos selecionados. O valor limite para ressarcimento é de R\$ 25.000.000,00 na data de base de julho de 2017, sendo limitado a 60% desse valor para os estudos relativos ao Trecho 1 e 40% para os relativos ao Trecho 2.

Em 28 de fevereiro de 2018 foi publicada a relação dos grupos autorizados a participar do PMI. Os nomes seguem.

1. Consórcio HaB, constituído pelas empresas: BUREAU DA ENGENHARIA ECT LTDA, HENDAL ENGENHARIA, e ADVICE CONSULTORIA E SERVIÇOS;
2. Consórcio SSSE, constituído pelas empresas: SENER SETEPLA, SENER INGENIERIA Y e ENGEFOTO;
3. Consórcio Egis-Esteio-COPEL, constituído pelas empresas: EGIS – ENGENHARIA E CONSULTORIA LTDA, ESTEIO ENGENHARIA E AEROLEVANTAMENTOS S.A. e a COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA – COPEL;
4. Sistemas de Transportes Sustentáveis – STS, Pullin e Campano Consultores Associados, Navarro Prado Advogados, e as Consultorias Millennia Systems e EnVia Technologies Internacional.

A empresa cujos estudos estamos acompanhando é a Sistemas de Transportes Sustentáveis – STS, do último grupo mencionado.

O Anexo 1 – Termo de Referência estabelece as diretrizes para a elaboração dos Estudos de Viabilidade e seus requisitos. Dentre as diversas diretrizes e requisitos, destacam-se: possibilidade de proposta de novos ramais ferroviários e outras sugestões julgadas pertinentes; impossibilidade do uso do traçado já utilizado pela Rumo Logística; consideração da crescente ocupação urbana na Região Metropolitana de Curitiba; e obediência das metodologias adotadas às normas, manuais, instruções, procedimentos e especificações em vigor no país, complementadas, quando couber, por normas internacionais. Além disso, o Termo de Referência menciona estudos já realizados pela ANTT (Agência Nacional de Transportes Terrestres) para suprir a realização dos Estudos de Viabilidade.

O Anexo 1 também menciona as externalidades a serem consideradas: benefícios diretos e indiretos. Dentre os benefícios diretos, há a redução do consumo de combustível, do tempo de viagem, da poluição e de acidentes. Dentre os benefícios indiretos: geração de empregos temporários, durante a execução do empreendimento, e empregos permanentes, durante a operação da ferrovia, geração de renda, além de arrecadação tributária em todos os níveis da administração pública.

### **5.3 Estrutura da proposta apresentada para atender ao chamamento**

A estrutura do plano de trabalho do quarto grupo (STS, 2018b), liderado pela empresa Sistemas de Transportes Sustentáveis – STS é apresentada a seguir. A adoção de detalhamento até terceiro nível, exceto para o Volume 5 (Orçamento e Cronograma), deu-se devido à necessidade de objetividade da exposição.

#### **1. CADERNO 1: ESTUDOS TÉCNICO-OPERACIONAIS E AMBIENTAIS**

##### **1.1 VOLUME 1: ESTUDOS DE DEMANDA**

1.1.1 Aspectos Metodológicos

1.1.2 Resultados

1.1.3 Definição do Traçado Preliminar

##### **1.2 VOLUME 2: ESTUDOS AMBIENTAIS**

##### **1.3 VOLUME 3: ESTUDOS DE ENGENHARIA**

1.3.1 Estudos Topográficos

1.3.2 Traçado Geométrico

1.3.3 Estudos Geológico-Geotécnicos

1.3.4 Estudos Hidrológicos e Hidráulicos

1.3.5 Terraplenagem

1.3.6 Obras de Arte Correntes (OAC) e Drenagens

1.3.7 Obras de Arte Especiais

1.3.8 Superestrutura Ferroviária

1.3.9 Interferências e Obras complementares

1.3.10 Centro de Controle Operacional (“CCO”)

1.3.11 Sistemas de Sinalização

1.3.12 Sistemas de Telecomunicações

1.3.13 Sistemas de Energia

1.3.14 Plano de Execução das Obras

##### **1.4 VOLUME 4: ESTUDOS OPERACIONAIS**

1.4.1 Estudos Operacionais

1.4.2 Estudos de Interoperabilidade

##### **1.4.3 VOLUME 5: ORÇAMENTO E CRONOGRAMA**

1.4.3.1 Orçamento

1.4.3.2 Custos com Investimentos

1.4.3.3 Custos e Despesas Operacionais

1.4.3.4 Cronograma Físico-Financeiro

#### **2 CADERNO 2: ESTUDOS ECONÔMICO-FINANCEIROS E DE EXTERNALIDADES**

##### **2.1 VOLUME 1: ESTUDOS ECONÔMICO-FINANCEIROS**

A Planilha digital contendo o modelo econômico-financeiro

B Proposta de modelo de financiamento

C Relatório consolidado do modelo econômico-financeiro

D Relatório contendo matriz de riscos

E Relatório contendo Quadro de Indicadores de Desempenho proposto

F Relatório contendo descrição detalhada de todas as obrigações da Concessão

G Relatório sobre a estrutura de garantias necessárias à Concessão

H Relatório sobre a estrutura de Seguros necessários à Concessão

## 2.2 VOLUME 2: ESTUDOS DE EXTERNALIDADES

### 2.2.1 Dos Benefícios Diretos e Indiretos

## 3 CRONOGRAMA DE REALIZAÇÃO DAS ATIVIDADES

Na proposta, além do plano de trabalho, também consta o valor do ressarcimento e detalhamento dos custos de cada atividade a ser desenvolvida.

Além disso, nota-se a estrita observância da estrutura proposta à estrutura do Termo de Referência, demonstrando o rigor do plano de trabalho.

## 5.4 Análise do Volume 1 do Caderno 1 de ambos os trechos

Neste segundo semestre, tivemos acesso ao Volume 1 do Caderno 1 (STS, 2018a), que trata dos estudos de demanda e da definição do traçado preliminar, referente aos dois trechos do projeto, entregue ao governo do Estado do Paraná como cumprimento ao PMI pelo grupo autorizado 4. O texto nos foi fornecido pela empresa cujos estudos acompanhamos, Sistemas de Transportes Sustentáveis – STS, e segue analisado criticamente neste item.

### 5.4.1 Premissas e características físicas do projeto

O projeto da Nova Ferroeste intenta, ao trabalhar com dois cenários, considerando 50% e 60% de participação do modal ferroviário no transporte de cargas movimentadas pelo Porto de Paranaguá, ambas supondo a expansão do porto, ter potencial para transportar de 35 a 40 milhões de toneladas por ano na nova linha no primeiro cenário e de 45 a 50 milhões no segundo. Ambos os cenários também consideram que, com a construção da nova ferrovia, o trecho já em operação atualmente sob concessão da Rumo, entre Guarapuava e Paranaguá, permanecerá operando no limite, transportando em torno de 10 a 15 milhões de toneladas por ano, e que a rodovia continuará transportando 40 milhões de toneladas por ano, sendo a nova demanda devido à expansão do porto totalmente absorvida pela nova ferrovia.

Para verificar a viabilidade do projeto, certos requisitos e questões devem ser considerados. Os principais requisitos a serem atendidos são os físicos, operacionais, de viabilidade econômica e de viabilidade financeira. As principais questões a serem esclarecidas ao longo dos estudos são: operacionais, relacionadas à concorrência com o transporte rodoviário e à concorrência ou possível parceria com a Rumo, que opera o trecho da atual Ferroeste entre Guarapuava - Paranaguá; financeira, relacionada à fonte de recursos, que pode ter de ser parcialmente o poder público; e jurídica, relacionada ao modelo de contratação.

Porém, apesar de não principais, outras questões merecem destaque: o nível de serviço, pois define a demanda atraída para a nova linha; e a implantação física, devido à declividade do trecho da Serra do Mar, Curitiba-Paranaguá.

Considerando a configuração ótima do sistema, é preciso se atingir níveis de serviço adequados tanto técnicos quanto operacionais. Entre os técnicos, pode-se citar velocidade, localização dos terminais, formação do trem tipo, variáveis de projeto como raio mínimo, rampa máxima, etc. Entre os operacionais, compreendem-se tarifa, confiabilidade, segurança e flexibilidade.

Para tornar o sistema ferroviário mais eficiente no corredor em que atuará, serão definidas configurações do sistema que devem ser adequadas ao projeto, sob os seguintes fatores: demanda (como o sistema será usado pelos clientes), que engloba concorrência de mercado, previsão de uso futuro, etc; tecnologia incorporada, como envolve velocidade, propulsão, tonelagem e variáveis físicas de projeto; terminais (não apenas a localização como os procedimentos adotados neles, por exemplo, formação de composições, que precisam ocorrer com eficiência para não impactar no tempo de ciclo da operação).

Outros fatores capazes de influenciar na configuração do sistema são as restrições do tipo sócio-ambientais (por exemplo, presença de unidades de conservação ambientais, de jazidas e de reservas indígenas na Serra do Mar), físicas (como o desnível de 650 metros a ser vencido também na Serra do Mar), etc; particularidades da companhia operadora da rede; a já existente estrutura da rede ferroviária do estado do Paraná, com a qual as obras irão interagir ou mesmo alterar; e a viabilidade do traçado (no que se refere a ser aprovado pela política de transporte do estado do Paraná).

As variáveis do sistema (velocidade, variáveis de projeto e esquema de operação), à medida que definam os parâmetros necessários para a construção e operação, serão grandes responsáveis por determinar as receitas, custos de construção (CAPEX-*Capital Expenditure*), custos de operação (OPEX-*Operational Expenditure*) e viabilidade financeira do projeto. Para que isto possa ocorrer, elas devem ser capazes de fornecer os requisitos de disponibilidade do sistema e conveniência de seu uso.

Entendem-se como fatores de disponibilidade: localização favorável e procedimentos eficientes nos terminais, existência de um adequado sistema de transporte do sistema alimentador aos terminais, tempo de operação ocorrendo dentro do esperado, bom procedimento de manuseio das cargas, etc. Já por fatores de conveniência se incluem: tarifa, tempo de entrega, confiabilidade, segurança e flexibilidade, que serão decisivos para a opção dos clientes pelo modal.

Em suma, espera-se que a configuração ideal do sistema seja composta de uma boa combinação dos fatores físicos que influem no projeto (velocidade, localização dos terminais, sistema de transporte alimentador dos terminais, etc) com os operacionais (tarifa, confiabilidade, segurança e flexibilidade).

Para se detalhar as configurações ótimas do sistema, é preciso atender a determinadas condições de projeto que o levarão ao nível de serviço desejado, em especial nos quesitos de tonelagem, velocidade, tecnologia e demanda.

A velocidade é a variável mais importante do sistema, pois garante a produtividade da linha através do tempo de ciclo e dimensionamento do número de composições necessárias para estar em operação, visando o atendimento da demanda. Este tema é mais detalhado no subitem 5.4.2 (Velocidade e operação).

A tonelagem está associada à capacidade de carga da ferrovia, e por isso definirá a escala de economia do modal através da produtividade da linha. Possui influência nas variáveis de velocidade e de traçado. Também é parâmetro para o dimensionamento do sistema tração da linha, que deve ser suficiente para atender a classificação de tonelagem adotada, na qual a configuração básica dos trens possui 97 vagões e 2 locomotivas de alta potência. As locomotivas possuem potência de pelo menos 4.000 kW, considerando trens mais rápidos e com composições mais longas (contra 1.500 kW = 2.000 HP das locomotivas da atual Ferroeste).

Os terminais são um fator que corresponde tanto à escolha dos locais estratégicos de parada do trem para carregamento e descarregamento de mercadorias quanto aos procedimentos operacionais adotado neles. É importante escolher localidades que estejam nas proximidades dos pólos produtores e exportadores de carga e de intersecções ferroviárias, para minimizar as distâncias percorridas no sistema alimentador dos terminais, que majoritariamente será feito por modal rodoviário. Desta forma, os custos logísticos também serão minimizados e a atratividade do modal ferroviário permanecerá beneficiada sob o ponto de vista econômico. Este fator também impõe grande influência ao estudo do traçado, ao colocar pontos no trajeto onde a passagem do trem será obrigatória, e as cidades escolhidas para comportar terminais foram sete, citadas no subitem 5.4.3 (estimativa de demanda, metodologia e resultados). Deve-se também adotar procedimentos, como os de formação de composições, que sejam eficientes e não impactem negativamente no esquema operacional e tempo de ciclo, pois isto reduziria um pouco a atratividade do modal.

A tecnologia incorporada à linha ou a trechos fornece subsídios para operações com parâmetros de projeto mais exigentes que a média deles, sob o mesmo traçado, sem ela. No caso das rampas, adoção de tecnologias pode auxiliar a se obter um equilíbrio entre os esforços de tração e as forças de resistência ao movimento do trem (que incluem as resistências normais, nas curvas, rampas, devido ao peso por eixo, à inércia na mudança de velocidade, etc), quando a resistência ao movimento tende a ser muito alta. No trecho de serra, que é o mais crítico da linha sob o ponto de vista de tração, por ser onde o trem precisa vencer o maior desnível em um trecho de curto comprimento na projeção horizontal, tendendo a gerar rampas de maior inclinação, e onde apenas o contato roda-trilho e as locomotivas padrão não são suficientes para vencer a resistência ao movimento, estuda-se o uso de *Helper*, que é uma locomotiva extra acoplada à cauda do trem e que fornece tração extra a ele durante o trecho, sendo desengatada e trocada por outra ao final deste (quando o trem chega ao Planalto). Então, o *Helper* desacoplado é conduzido à próxima composição que esteja precisando da tração extra, reiniciando o ciclo. Durante o panorama de tempo da operação do projeto, estuda-se a possibilidade de realizar a

eletrificação da via no trecho de serra, que é outra possibilidade de tecnologia incorporada, caso haja viabilidade econômica, sendo inclusive deixada no projeto a brecha para que este tipo de obra seja realizada no futuro, que garantiria maior tração que a alternativa a diesel. Entretanto, para que esta alteração se justifique, é necessário que a utilização da via se torne intensa demais, a ponto de compensar o alto custo que ela implica. Para o nível de demanda do início da operação, o uso de locomotivas a diesel com o auxílio de *Helper* se mostra mais apropriado, como é mais detalhado no subitem 5.4.5 (Traçado preliminar e alternativas).

A bitola adotada na linha terá influência direta na produtividade desta, por ser determinante na tonelagem permitida. A atual Ferroeste utiliza bitola estreita, tendo capacidade de transportar 5 milhões de toneladas de carga por ano, um valor baixo diante das demandas esperadas no projeto da Nova Ferroeste. Desta forma, a opção no novo projeto é pela bitola larga, que é necessária para comportar o patamar de velocidade e de capacidade requeridas para a linha. Uma das dificuldades ao lidar com bitolas, entretanto, é a questão da interoperabilidade com outras linhas férreas, uma vez que, no Brasil, foi feita a adoção por diferentes tamanhos das suas bitolas ao longo do tempo. As bitolas mais comuns de se encontrar nas linhas férreas do Brasil são as métricas, com cerca de 25.000 km construídos, porém, são as linhas que utilizam bitola larga, constituindo em cerca de 5.000 km construídos no total, as que geram o maior faturamento bruto ao país. No contexto da Nova Ferroeste, sabe-se que, ao se optar pela bitola larga, a interoperabilidade com a malha sul, controlada pela empresa Rumo não será assegurada, e já a conexão com a ferrovia norte-sul, sim, o que são fatos que precisam ser levados em conta ao se projetar a intersecção ferroviária entre estas diferentes redes.

O esquema operacional se refere ao modo de operação dos trens em circulação pela ferrovia e nos pátios ferroviários, a fim de atender aos fluxos de transporte, ou seja, transporte dos volumes de carga entre suas origens e destinos. Para que ocorra corretamente, deve haver uma harmonia entre ela e as áreas de material circulante, sinalização e telecomunicação e via permanente. No projeto da Nova Ferroeste, como as variáveis de projeto para definição do traçado são muito diferentes nos trechos da Serra do Mar e o do interior, haverá consequências para os esquemas operacionais, que precisam ser diferenciados em cada um para possibilitar o atendimento às exigências de projeto. Considerando as especificidades da região da Serra do Mar, com rampas possivelmente mais elevadas e velocidades de projeto mais baixas que no interior, o esquema operacional precisará contar com o uso de locomotiva de alta potência (4.000 kW), além de *Helpers* ou outro sistema de tração capaz de fornecer mais energia ao sistema, como o elétrico. Assim, haverá impacto, no trecho em questão, em fatores como tempo de ciclo mais elevado e maior dificuldade de execução de manutenções devido ao terreno acidentado. Cabe também ressaltar o maior cuidado ao se projetar regiões de ultrapassagem, tendo em vista que a execução de manutenções na região pode ser mais desafiante. Um fator que pode se tornar gargalo à interoperabilidade entre os trechos, se não considerada, é a configuração da via na intersecção entre eles, onde os diferentes esquemas de operação adotados em cada um deverão ser compatibilizados para evitar perdas de tempo ou de capacidade na linha como um todo.

Considerando as variáveis de projeto do traçado, o raio mínimo é a que será o principal fator limitador à velocidade máxima de projeto, como é melhor explorado no subitem 5.4.2 (Velocidade e operação). As rampas, por sua vez, trarão impacto na tonelagem e no sistema de propulsão requerido (potência de tração).

A execução de linha singela ou linha dupla é uma decisão associada ao nível de demanda, custo de construção e de operação de cada uma. Para o projeto, é mais provável a implantação de via singela, devido ao fato que o nível do aporte de investimentos privados disponível é mais compatível com o CAPEX desta do que com o da via dupla, tornando a sua viabilidade econômico-financeira mais alta com a adoção de singela. O montante extra para a construção da segunda via seria difícil de ser captado até o momento da construção, considerando-se que, no início da operação, o nível de demanda ainda é pequeno para justificar a existência da via dupla, sendo possível atendê-lo melhor com apenas uma via e desvios de ultrapassagem a determinados intervalos de distância. Por outro lado, já será considerado no projeto a possibilidade de que a via dupla venha a existir em algum momento, de modo que a infraestrutura da linha (ou seja, plataforma, seções de terraplenagem, sistemas de drenagem e faixa de domínio), será preparada com capacidade para receber duas vias, permitindo a possibilidade de que a segunda via seja implantada quando esta se tornar economicamente desejável. Então, bastará construir a superestrutura da segunda via para que esta entre em operação (trilhos, fixações, dormentes, lastro e sublastro). O motivo é que o custo total de se construir a infraestrutura e superestrutura de ambas as vias em momentos distintos, ou seja, preparar a infra e super da segunda via quando a infra e super da primeira já existem e operam, seria muito mais alto do que preparar a toda infraestrutura para ambas as vias ao mesmo tempo, no momento da construção da linha, quando também é executada a superestrutura da primeira via a operar, e deixar a superestrutura da segunda via em espera para execução em momento oportuno. A escolha indevida desta questão, apenas para se obter um CAPEX mais baixo no momento da construção, poderia inviabilizar a presença da segunda via no futuro, limitando a expansão de capacidade do sistema e tornando-se um gargalo. Deve-se ressaltar, em especial, a região da Serra do Mar, onde a presença de vários túneis e viadutos tornaria a expansão ainda mais difícil, financeiramente, caso houvesse a necessidade de se construí-los em dois momentos distintos, sendo o segundo para comportar a segunda via. Para se ter ideia da relevância da quantidade de túneis, que são obras de alto custo, neste trecho, cerca de 70% dele será construído em túneis, para viabilizar as rampas e raios mínimos de projetos adotados. Sendo assim, é preferível construí-los, respectivamente, com diâmetros ou larguras maiores e capazes de conter a infraestrutura das duas vias, de uma só vez, mesmo que isso traga um aumento inicial no CAPEX. Esta análise também se aplica ao trecho do interior, com menos túneis e viadutos, mas onde as seções de corte e aterro também seguem esta lógica. Este ainda será um valor pago menor considerando-se a perspectiva de longo prazo. As Figuras 4, 5 e 6 mostram seções típicas de corte, aterro e no pátio, projetadas já no gabarito capaz de comportar via dupla. Na Figura 7 (ROSA, 2016) há um gráfico indicando-se a relação entre custo da tonelada transportada x demanda, para vias singela e dupla, corroborando com a ideia de que, para demandas menores, a via singela é mais econômica.

### SEÇÃO TRANSVERSAL TÍPICA DE ATERRO

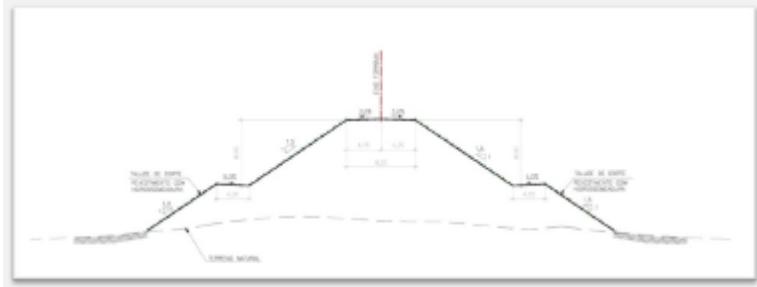


Figura 4 - Seção transversal típica de aterro para a ferrovia

### SEÇÃO TRANSVERSAL TÍPICA DE CORTE

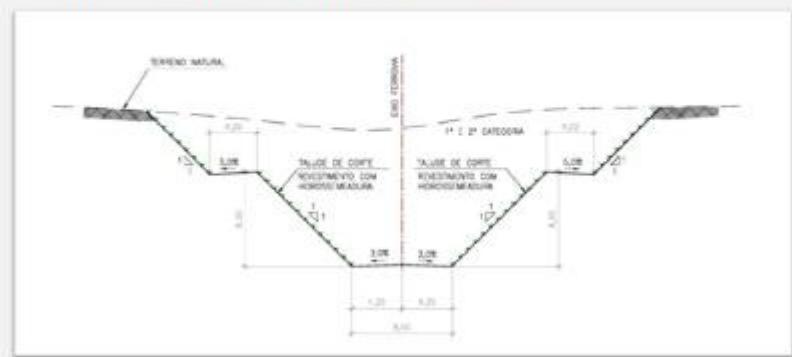


Figura 5 - Seção transversal típica de corte para a ferrovia

### SEÇÃO TÍPICA EM PÁTIOS (VIA DUPLA)

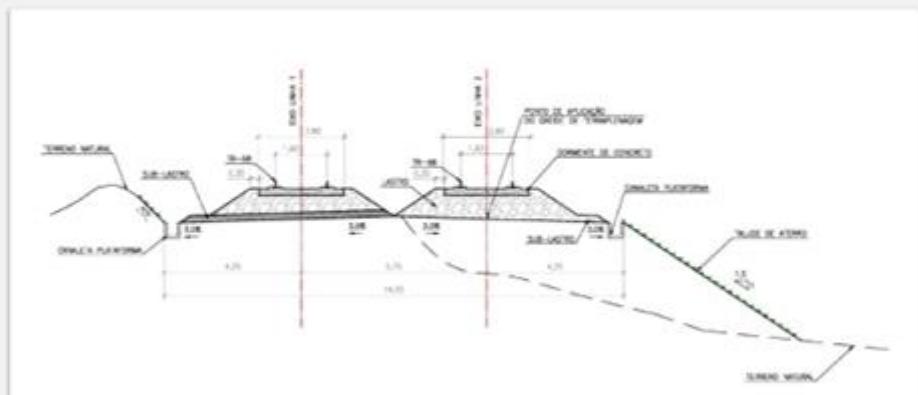
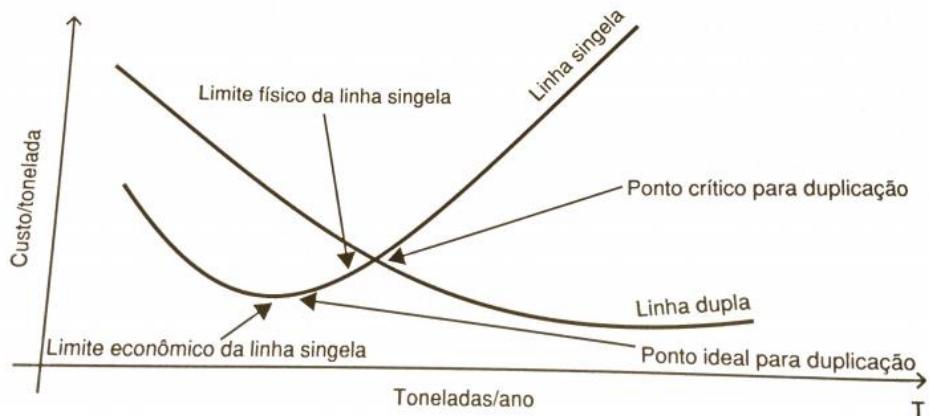


Figura 6 - Seção transversal típica em pátios para a ferrovia



**Figura 7 - Gráfico indicando a relação entre custo da tonelada transportada x demanda, para vias singela e dupla**

Por fim, não se pode desprezar as interrelações de todas as demais variáveis de configuração do sistema para determinar a configuração de sistema final, uma vez que conflitos entre elas podem ocorrer e, caso as incompatibilidades não sejam resolvidas previamente, poderá haver perda de qualidade na execução e desperdícios de recursos. A partir das 18 alternativas de traçado preliminar, a escolha da melhor alternativa buscará reduzir os conflitos e incompatibilidades entre as variáveis de projeto, maximizando a capacidade do sistema em função da demanda e a viabilidade econômica global do empreendimento.

#### 5.4.2 Velocidade e Operação

A opção do usuário pelo modal ferroviário envolve algumas vantagens em relação aos demais, como tarifa, prazo de entrega, confiabilidade, segurança e flexibilidade. Entre elas, o tempo de entrega é o principal fator a influir na escolha, tendo grande influência nas variáveis de projeto associadas, que incluem, especialmente, a velocidade de deslocamento e a operação dos terminais e da linha (incluindo os desvios da linha singela). Ainda assim, a velocidade é o fator mais influente no tempo de entrega, sendo crucial ter seu atendimento de projeto para que se obtenha o nível de serviço esperado.

A partir da análise econômico-financeira da linha, na qual receitas potenciais e custos despendidos são comparados para diversos cenários de demanda de transporte, são definidas a capacidade que a linha deve obter e o nível de investimentos disponível. A partir desses dois fatores, são geradas alternativas de traçado preliminares da linha com velocidades que sejam capazes de atendê-los. A velocidade é viabilizada pelas variáveis de projeto adotadas em cada alternativa de traçado, e deve estar em consonância com o esquema operacional adotado. As principais variáveis de projeto que determinam a velocidade são os raios mínimos, rampas e tonelagem.

Deve-se considerar que a velocidade de projeto é maior que a velocidade autorizada, e esta, por sua vez, é mais elevada que a velocidade comercial. A velocidade de projeto é definida com base nas restrições impostas pelas variáveis de projeto, garantindo teoricamente o equilíbrio dos trens no movimento; a velocidade autorizada é a máxima que os trens podem eventualmente desempenhar na linha, e

corresponde a 80% da velocidade de projeto, para garantir um coeficiente de segurança que abarque as incertezas das hipóteses feitas no projeto; já a velocidade comercial é aquela na qual a operação se sucede em condições de normalidade. Para executar o projeto do traçado e o esquema de operação básico, são consideradas as velocidades de projeto.

A velocidade está fortemente associada ao raio mínimo das curvas, que talvez seja o seu maior fator limitante, pois, quanto maior é o raio mínimo de uma curva, menor é a força centrípeta a que as rodas ficam sujeitas nelas, e, desta forma, maior pode ser a velocidade desempenhada pelo trem com segurança. Isto é especialmente importante no modal ferroviário, onde o contato roda-trilhos não conta com o efeito homocinético do modal rodoviário, no qual a força de atrito nas curvas é maior pois é gerada em todas as quatro ou mais rodas do veículo no contato com o pavimento, ajudando a equilibrar a força centrípeta. Já nos trens, ao se fazer uma curva, um dos eixos de roda permanece aderido ao trilho, gerando a força de atrito necessária para equilibrar a força centrípeta, enquanto o outro eixo fica patinando, com força de atrito praticamente nula. Isto faz com que o eixo que esteja auxiliando o trem a realizar uma curva acaba se desgastando bastante neste momento, por ficar estar mais solicitado por tensões. Por isso a velocidade deve ser bem controlada, não só para garantir o equilíbrio entre força de atrito e força centrípeta nas curvas, como também para manter essas forças em níveis aceitáveis, a fim de evitar o desgaste prematuro dos boletos dos trilhos, o que infringiria em grande aumento no custo OPEX.

Sendo assim, as velocidades de projeto associadas às curvas são, no trecho de Serra, de 60 km/h para curvas com raio mínimos de 300m e, para 80 km/h, raios mínimos um pouco maiores, de 500m. Já no trecho do interior, entre Dourados e Curitiba, a velocidade de projeto de 80 km/h está associada a curvas com raio mínimo de 500m, a velocidade de 100 km/h às com raio mínimo de 1000m, e a de 150 km/h às com raio mínimo de 1700m.

As rampas também trazem influência na velocidade, à medida em que, nas subidas, o esforço trator precisa ser maior que o das resistências ao movimento (provenientes da força normal, das curvas, peso e número de eixos, velocidade e área frontal), para que o trem possa se movimentar, e a velocidade será tanto maior quanto maior for a capacidade de fornecimento de energia pelo sistema trator. Nas descidas, a velocidade pode se tornar alta demais devido à resistência ao movimento ter se tornado pequena demais em relação às forças favoráveis a ele, tendendo a acelerar o sistema, o que exige um sistema de frenagem confiável. Entretanto, o gargalo nas rampas permanece sendo o movimento dos trens na subida.

As rampas estudadas nas alternativas de traçado preliminar são de 1,5 e 1,8% nos trechos de topografia mais regular (embora a de 1,5% tenha sido descartada), que corresponde ao segmento do interior, entre Dourados e Curitiba, e de 1,8%; 2,5% e 3,5% no trecho da Serra do Mar, onde o desafio representado pela topografia é mais elevado. Também neste trecho de maior desnível, é avaliado o potencial de se instalar eletrificação ou o uso de outro sistema de propulsão, como as locomotivas *Helper*, para aumentar a potência do sistema trator no local, como citado no subitem 5.4.1 (Premissas e características físicas do projeto).

Quanto à tonelagem, esta influi na velocidade pois, quanto maior o peso do carregamento, maiores são as forças normais, e, consequentemente, as forças de atrito, que consistem em uma resistência ao movimento, tendendo a reduzir o nível da velocidade atingida. Por isto, deve-se adotar um sistema de tração compatível com a classificação de tonelagem adotada para o sistema, em regiões planas e de rampa. Além disso, devem-se adotar trilhos e bitolas capazes de suportar a classificação de tonelagem de projeto, que não se desgastem excessivamente ao longo da operação. Por isto, optou-se pela bitola larga, com 1,6 metros de largura e forte expressão comercial (capazes de comportar o aumento de capacidade de carga e de velocidade previstos, cujo atendimento por bitolas de menor largura seria inapropriado), e trilhos do tipo UIC60, como mostra a Figura 8 (AGICO, 2018), com uma massa de 60,21 kg/m de comprimento, carga suportada por eixo de 32 ton, incluindo o peso da locomotiva, e utilização de 2 locomotivas e 97 vagões.

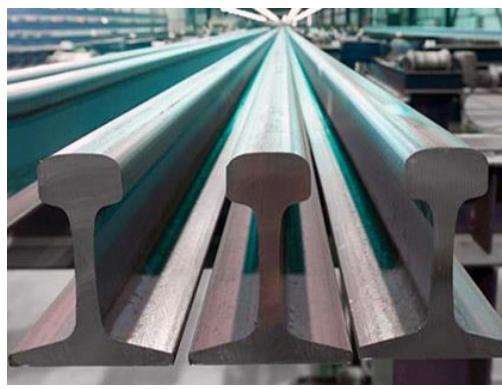


Figura 8 - Perfil do trilho do tipo UIC60

Quanto à operação ferroviária, na região esta ocorre atualmente no trecho construído entre Cascavel e Guarapuava, como mostra o mapa da Figura 9 (FERROESTE, 201-?), no qual as empresas Ferroeste e ALL utilizam esse mesmo corredor, porém, com a concessão pertencendo à Ferroeste (obtida da União pelo Decreto Federal Nº 96.913 em 3 de outubro de 1988). Esta empresa é 99,46% de propriedade do Estado do Paraná, sendo o restante dividido entre empresas e transportadores individuais.

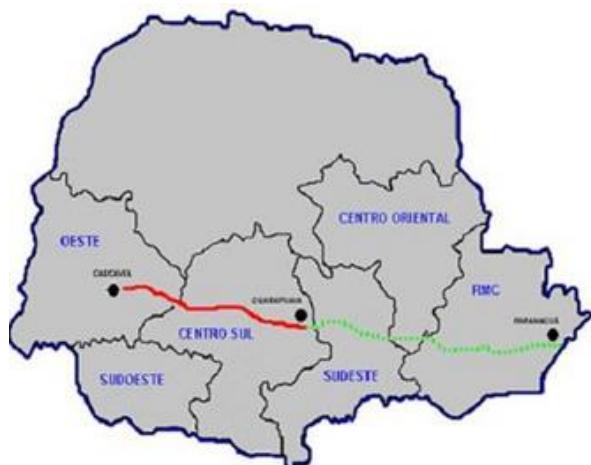
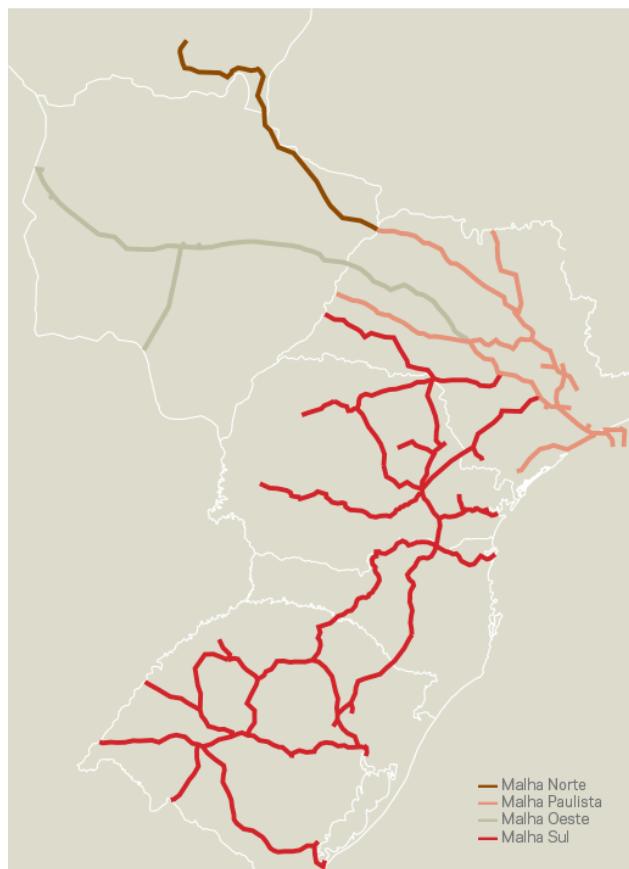


Figura 9 - Trecho construído entre Cascavel e Guarapuava, sob concessão da Ferroeste

No esquema operacional atual, as cargas partem de Cascavel pelo trecho ferroviário da Ferroeste e chegam a Guarapuava, onde já se encontram vagões vazios que ficam estrategicamente aguardando para que a passagem do carregamento a eles possa ser feito assim que os trens chegam à estação. A Rumo, empresa que opera os trechos pertencentes à Malha Sul entre Ponta Grossa e Paranaguá, envia trens partindo de Ponta Grossa até Guarapuava, e lá ocorre o desacoplamento desses vagões e o acoplamento daqueles que haviam sido carregados previamente (que partiram de Cascavel), e, então, esses trens retornam a Ponta Grossa levando agora os vagões cheios (G1, 2013). Estes vagões, então, ficam incorporados à malha sul da Rumo, seguindo viagem por outras linhas que levarão o carregamento até o Porto de Paranaguá para o escoamento dos produtos. A Figura 10 (ALL, 2013) mostra algumas redes das malhas ferroviárias operadas pela empresa Rumo, inclusive a Malha Sul, com os trechos que levam a carga da Ferroeste desde Guarapuava até o Porto de Paranaguá. A vantagem desse método de formação de composições é reduzir o tempo de ciclo para os trens que vieram de Ponta Grossa, que não mais necessitam aguardar no terminal de Guarapuava o carregamento completo da carga proveniente de Cascavel, aumentando a eficiência da operação, o que implica em menos custos logísticos e melhor atratividade do modal.



**Figura 10 - Mapa mostrando malhas onde há operação da empresa Rumo, inclusive os trechos entre Guarapuava e Paranaguá, na Malha Sul**

O trecho Cascavel – Guarapuava da Ferroeste possui 248 km de distância e, atualmente, capacidade de transportar 5 milhões de toneladas de mercadoria por ano, mas, na prática, está apenas transportando cerca de 1 milhão ton/ano. A velocidade regulamentada é de 50 km/h, porém a velocidade comercial autorizada é

de 20 km/h, levando longos tempos para se efetuar o trajeto. O trem tipo possui 3 locomotivas e 40 vagões, com 495 metros de comprimento, sendo capaz de transportar de 1.100 a 1.200 toneladas por trem. Atualmente, a capacidade da ferrovia é de até 13 operações por dia no trecho, porém, apenas cerca de metade da capacidade está sendo utilizada.

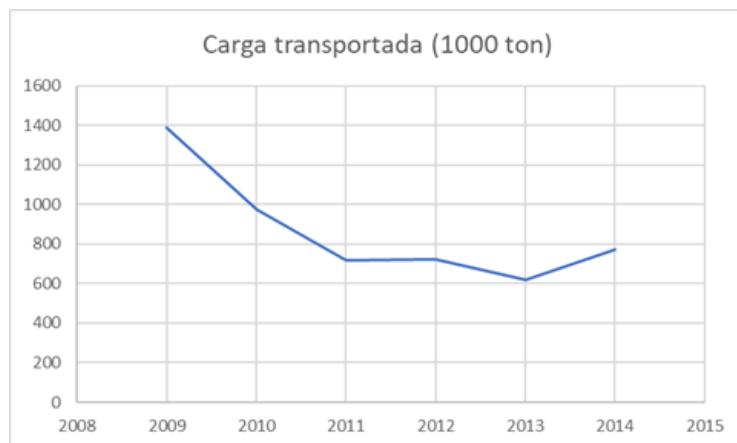
Neste trecho é feita a utilização de bitola métrica, que possui capacidade inferior à da bitola larga. O raio de curvatura mínimo é de 312 metros, sendo que em alguns segmentos críticos podem ter o raio mínimo de 250 metros, impactando na velocidade da operação. Há desvios para ultrapassagem em intervalos a cada 25 km. A rampa máxima é de 1,5% em direção a Guarapuava e de 2% em direção a Cascavel. São utilizados 1720 dormentes de madeira por quilômetro de linha, a carga máxima por eixo é de 20 toneladas e o trilho tipo adotado é o Padrão TR ARA-A (TR45) (definido em função das dimensões da altura, base, boleto e alma do perfil).

Estes valores são baixos diante do potencial de demanda da região, tendo em vista que a escassez de investimentos para a modernização da linha ao longo de vários anos a tornou obsoleta do ponto de vista das variáveis de projeto, limitando muito o nível de serviço possível. Isso consiste em um gargalo para a instalação da Nova Ferroeste, que utilizará variáveis de projeto mais ambiciosas que as que a atual Ferroeste, e que pretende incorporar este trecho já existente. Então, essa consideração deve ser feita ao se ponderar os investimentos na região, com uma listagem de todos os itens da linha já existente que podem ou não serem reaproveitados na nova linha.

Em 2014, a Ferroeste transportou próximo de 800 mil toneladas de carga, bem abaixo da sua capacidade instalada, tendo uma leve reação após alguns anos de queda nos valores, como mostra a Tabela 2 e Figura 11. Na Tabela 3 e Figura 12 é possível observar a tendência de demanda sazonal da linha ao longo do ano, que pode ser bastante variável. A instauração do novo procedimento de formação de composições descrito, que reduz o ciclo do transporte, naquele ano, foi um dos motivos do início da recuperação da operação na Ferroeste, sendo sentido pelo mercado através da redução do tempo de viagem até o porto, o que tornou o modal um pouco mais competitivo e atrativo. Entretanto, os valores ainda são muito tímidos perto da capacidade atual da ferrovia, e ainda mais perto do potencial de demanda para a região, como podem ser vistos nas estimativas de demanda para a Nova Ferroeste que, já em 2025, projeta transportar cerca de 10 milhões de toneladas por ano no corredor, recebendo cargas de um número muito maior de regiões que as de influência da atual Ferroeste. Já no ano de 2050, a estimativa é que a demanda possa chegar a cerca de 30 milhões de toneladas por ano na Nova Ferroeste, que, sendo atendida, poderia alterar fortemente a estrutura logística da região, trazendo-lhe benefícios, e isto evidencia a necessidade de atualização da atual Ferroeste.

**Tabela 2 - Evolução anual da carga transportada pela atual Ferroeste (trecho Cascavel-Guarapuava)**

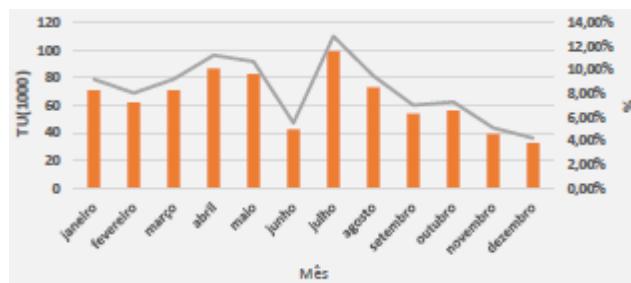
	Acumulado (t)		Variação	
	2009	1.389.661	2008-2009	-21,66%
2010	971.808		2009-2010	-30,00%
2011	717.595		2010-2011	-26,16%
2012	721.495		2011-2012	0,01%
2013	616.991		2012-2013	-14,48%
2014	770.942		2013-2014	24,95%



**Figura 11 - Evolução anual da carga transportada pela atual Ferroeste (trecho Cascavel-Guarapuava), em gráfico**

**Tabela 3 - Variação sazonal de movimentação de cargas em 2013 e 2014 na Ferroeste**

Ano	2013	2014
janeiro	82.525	70.995
fevereiro	67.654	62.041
março	65.207	71.124
abril	56.750	86.687
maio	47.060	82.584
junho	30.388	42.628
julho	40.924	99.124
agosto	39.817	73.337
setembro	46.414	54.113
outubro	50.059	56.339
novembro	45.975	39.328
dezembro	44.217	32.643
Total	616.991	770.942
Média Mensal	51.416	64.245



**Figura 12 - Variação sazonal de movimentação de cargas em 2014 na Ferroeste, em gráfico**

### 5.4.3 Estimativa de demanda – Metodologia e resultados

A previsão de transporte de cargas foi estimada com base em pesquisa com transportadoras e remetentes. A modelagem da demanda considerou essa previsão e considerações da demanda latente, além da competição entre os modais, intercâmbio de carga e modelo de escolha de modo de transporte.

A análise de demanda foi feita para as 18 alternativas de traçado, detalhadas no subitem 5.4.5 - Traçado preliminar e alternativas, e posteriormente serviu de base para o cálculo da receita potencial. Variáveis de níveis de serviço conforme as pesquisas da EPL (EPL, 2013, 2015), como custo, tempo de viagem, tempo de entrega, segurança, flexibilidade e confiabilidade, foram consideradas na análise. Desses pesquisas, temos também que os transportadores consideram o transporte ferroviário em relação ao rodoviário mais lento, menos confiável e menos seguro, sendo a única vantagem o menor custo.

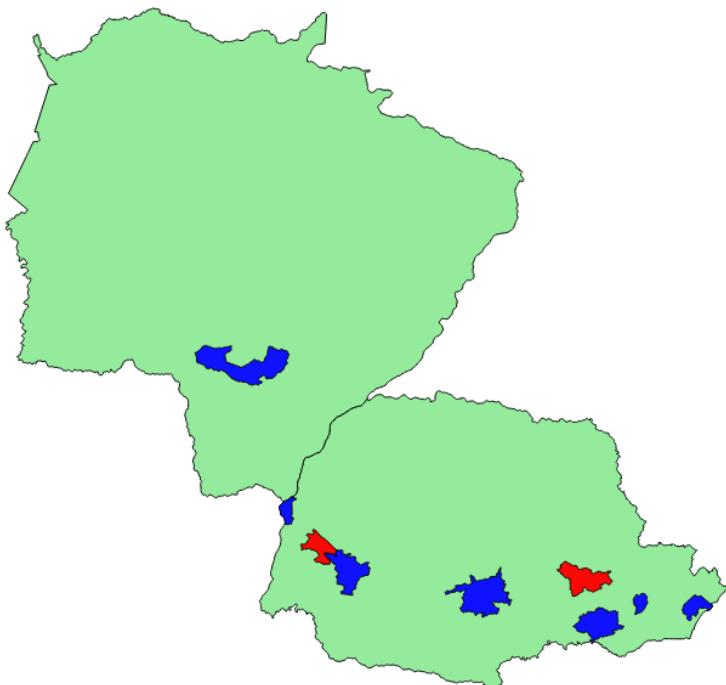
A previsão de demanda deve considerar a abertura de uma nova via com nível de serviço aprimorado na região de Dourados, o que é não considerada na pesquisa de preferência declarada nem na de origem-destino da EPL porque estas consideram a situação da época da pesquisa, 2015 e 2013, respectivamente. Assim, apesar da necessidade de uma complementação à pesquisa de preferência declarada, foi utilizado o banco de dados da EPL para resultados preliminares.

A estimativa de previsão de demanda ocorreu em três etapas: definição da área de estudo; montagem das matrizes origem-destino de 2015 e projetadas; alocação da demanda projetada nos modais existentes e no transporte ferroviário planejado.

Para a primeira etapa da estimativa de demanda, a definição da área de estudo, foi utilizado o zoneamento da pesquisa de origem-destino de transporte de carga nacional da EPL. Para a definição da área de estudo, das 579 zonas, foram consideradas todas as 49 zonas do estado do Paraná e todas as 11 zonas do estado do Mato Grosso do Sul. Para a área de influência direta dos nove terminais potenciais, foram utilizadas ao todo 30 zonas. Para algumas zonas, foram necessárias agregação ou desagregação devido ao pertencimento às áreas de influência diretas dos terminais. Desse procedimento, podem ter resultado estimativas conservadoras de demanda e impacto da ferrovia, pois ignora as outras zonas do país e do mundo.

Os terminais potenciais são localizados em: Dourados, terminal inicial da ferrovia; Guaíra, em cujo município passa o rio Paraná, podendo ser um terminal estratégico para multimodalidade com a hidrovia Tietê-Paraná; Cascavel, pois já existe terminal; Guarapuava, pois já existe estação; Lapa, pois já existe o terminal Engenheiro Bley; Curitiba, que deve estar localizado nas proximidades da cidade devido às dificuldades e custos de se passar com a linha férrea pelo interior da capital; Porto de Paranaguá, término da linha. Inicialmente, também foram considerados terminais em Toledo e Ponta Grossa, mas essas opções foram descartadas. Porém, a localização pode alterar-se durante os estudos de viabilidade devido ao volume de intercâmbio, geração ou atração de viagens, ou plano de operação. A localização dos nove municípios referentes aos possíveis terminais iniciais está indicada no mapa da Figura 13. Nela, os municípios dos sete terminais considerados estão, em

azul, de Oeste a Leste, dispostos na ordem em que foram mencionados. Os terminais descartados de Toledo, a Oeste, e Ponta Grossa, a Leste, estão em vermelho.



**Figura 13 - Mapa indicando a localização dos nove municípios referentes aos terminais iniciais usados como área de influência direta para a definição da área de estudo**

Para a segunda etapa, montagem das matrizes origem-destino de 2015 e projetadas a partir destas, a matriz origem-destino do transporte de cargas na área de estudo foi extrapolada de 2015 para 2017, o ano-base considerado no projeto. Como estima-se o fim da concessão em 2050, também foram extrapolados dados da pesquisa da EPL para os anos de 2040, 2045 e 2050, pois os dados da EPL só mostram projeção até 2035, a cada cinco anos. A pesquisa da EPL considera cenários otimista, médio e pessimista e 15 tipos de carga. A consistência dos dados foi verificada comparando-os com um estudo realizado pelo estado do Paraná.

Esses quinze tipos de carga, em relação aos quais são expostas as matrizes origem-destino de 2015 e projetadas e as taxas de crescimento projetadas até 2035, são: 1 - Alimentos e bebidas (processados); 2 - carvão mineral; 3 - papel e celulose; 4 - cimento; 5 - combustíveis; 6 - farelo de soja; 7 - manufaturados; 8 - milho; 9 - minério de ferro; 10 - outras culturas e animais; 11 - outros minerais; 12 - petróleo e produtos químicos; 13 - produtos básicos de borracha, plásticos e não-metais; 14 - produtos da silvicultura; 15 - soja.

De prévia observação da pesquisa da EPL, percebe-se que há projetado para 2015, no Porto de Paranaguá, fluxo de importação de 9,5 milhões de toneladas de fertilizante e de exportação de 2,6 milhões de toneladas de açúcar, 7,5 milhões de toneladas de soja e 3,6 milhões de toneladas de milho. Além disso, das 28,4 milhões de toneladas exportadas, 80% são produto agrícola.

Considerando horizontes de tempo de 2013 e 2015 a 2050 a cada cinco anos extrapolados a partir de 2035 por taxas de crescimento por tipo de carga da pesquisa da EPL, como mostra a Tabela 4, e os sete terminais potenciais propostos, foram calculadas as matrizes origem-destino totais, ou seja, para todos os modais e tipos de carga, entre terminais para os anos de 2025, 2035 e 2045, conforme as Tabelas 5, 6 e 7, em que os valores estão em toneladas anuais. O carregamento total entre terminais, em toneladas anuais, consta da Tabela 8, em que as distâncias representadas correspondem a uma das alternativas de traçado estudadas e “down” refere-se ao sentido Paranaguá.

**Tabela 4 - Taxas de crescimento por tipo de carga de 2013 a 2035**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Total
<b>Inc Rate</b>																
2013-2035	2.32%	1.91%	2.24%	2.28%	1.53%	2.65%	1.68%	2.25%	6.28%	2.00%	0.90%	0.57%	0.94%	1.86%	3.05%	2.80%
2015-2035	1.20%	3.79%	2.60%	2.11%	1.47%	2.43%	1.17%	2.13%	6.47%	1.84%	0.75%	0.56%	0.30%	1.92%	1.92%	2.44%
2020-2035	0.81%	4.94%	2.81%	1.47%	1.09%	2.00%	1.06%	1.87%	8.87%	1.77%	1.09%	0.84%	0.10%	1.91%	1.76%	2.74%
2025-2035	0.48%	5.67%	2.48%	2.16%	0.64%	1.68%	1.21%	1.66%	14.08%	1.72%	1.30%	1.22%	0.39%	2.00%	1.42%	3.47%
2030-2035	0.22%	4.65%	2.23%	3.52%	0.52%	1.45%	3.33%	1.50%	-0.27%	1.67%	1.31%	1.44%	2.54%	-2.84%	1.44%	0.81%

**Tabela 5 - Matriz origem-destino total projetada para 2025 (valores em ton)**

2025	Dourados	Guaíra	Cascavel	Guarapuava	Lapa	Curitiba	Paranaguá	Total
Dourados	5,449	361,467	452,251	127,417	47,062	424,838	9,573,006	10,991,489
Guaíra	311,604	358	503,546	70,509	30,588	619,289	1,255,026	2,790,920
Cascavel	250,132	261,850	5,083	390,124	49,361	464,918	2,927,674	4,349,142
Guarapuava	88,998	83,010	264,616	1,147	227,756	500,243	1,798,690	2,964,459
Lapa	53,187	38,751	192,371	148,875	338	542,490	767,920	1,743,931
Curitiba	409,455	360,449	1,499,032	955,652	357,543	2,331	5,744,174	9,328,636
Paranaguá	644,119	442,024	1,191,165	540,005	278,258	2,295,965	1,796,509	7,188,045
Total	1,762,944	1,547,908	4,108,064	2,233,729	990,906	4,850,072	23,862,999	39,356,621

**Tabela 6 - Matriz origem-destino total projetada para 2035 (valores em ton)**

2035	Dourados	Guaíra	Cascavel	Guarapuava	Lapa	Curitiba	Paranaguá	Total
Dourados	0	441,030	546,006	149,785	58,958	651,824	17,197,076	19,044,678
Guaíra	386,151	0	607,200	86,596	36,951	735,252	1,262,354	3,114,504
Cascavel	294,113	322,161	0	449,801	61,161	561,116	3,032,506	4,720,858
Guarapuava	99,961	102,414	296,844	0	276,247	563,621	1,866,960	3,206,048
Lapa	59,583	46,084	254,741	174,206	0	630,119	751,531	1,916,264
Curitiba	467,932	421,120	1,613,643	1,042,799	443,659	0	5,673,463	9,662,615
Paranaguá	847,203	568,876	1,485,844	719,182	391,067	3,370,429	0	7,382,600
Total	2,154,943	1,901,684	4,804,277	2,622,369	1,268,042	6,512,361	29,783,890	49,047,567

**Tabela 7 - Matriz origem-destino total projetada para 2045 (valores em ton)**

2045	Dourados	Guaíra	Cascavel	Guarapuava	Curitiba	Lapa	Paranaguá	Total
Dourados	0	496,929	625,132	169,355	67,605	753,541	19,852,575	21,965,136
Guaíra	426,665	0	672,365	91,291	40,018	793,135	1,366,760	3,390,232
Cascavel	323,809	348,364	0	489,091	63,149	635,227	3,404,218	5,263,859
Guarapuava	107,302	104,343	302,406	0	291,349	633,493	2,159,558	3,598,449
Curitiba	66,512	46,881	262,502	149,873	0	719,173	895,742	2,140,683
Lapa	583,784	486,641	1,866,979	1,137,616	507,271	0	6,600,787	11,183,079
Paranaguá	992,788	655,573	1,730,854	837,903	466,030	4,218,550	0	8,901,698
Total	2,500,859	2,138,732	5,460,238	2,875,129	1,435,422	7,753,117	34,279,639	56,443,137

**Tabela 8 - Carregamento total entre terminais de 2025 a 2050 (valores em ton)**

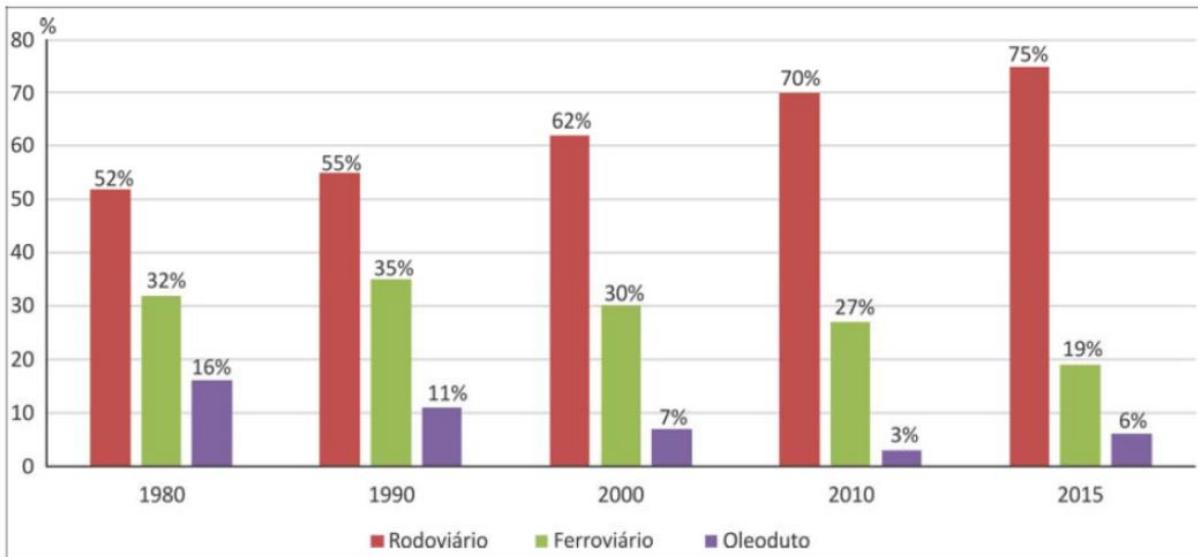
	Distance (KM) **	2025		2035		2045		2050		
		Down	Up	Down	Up	Down	Up	Down	Up	
Dourados	275.5	10,986,040	1,757,495	19,044,678	2,154,943	21,965,136	2,500,859	23,605,910	2,712,353	
Guaíra	151	13,103,532	2,631,975	21,332,001	3,229,446	24,431,775	3,715,998	26,175,030	4,015,996	
Cascavel	259.4	15,979,811	5,267,176	24,283,380	6,264,245	27,725,963	7,206,566	29,667,916	7,788,606	
Guarapuava	250.2	17,918,449	6,475,084	26,304,026	7,701,212	30,060,626	8,817,908	32,192,526	9,507,051	
Lapa	45	18,874,093	6,338,481	27,252,359	8,001,323	31,213,420	9,265,441	33,474,825	10,035,575	
Curitiba	43	22,066,490	5,391,535	29,783,890	7,382,600	34,279,639	8,901,698	36,839,993	9,825,563	
Paranaguá										
Ton-Km		1024.1	15,431,839,574	4,385,057,414	23,855,380,607	5,310,632,948	27,332,504,910	6,125,444,157	29,296,771,865	6,626,797,095

Pela observação dos resultados da montagem das matrizes origem-destino, percebe-se que há um direcionamento desigual das cargas, implicando operação inevitável de vagões vazios, cujo prejuízo pode ser minimizado com uma análise detalhada da combinação carga/vagão, sistema eficiente de gerenciamento de vagões baseado em sistemas de monitoramento e rastreamento informatizado em tempo real, uso conjunto de vagões para cargas diferentes e desenvolvimento de um modelo de negócios eficiente. Outra questão é a sazonalidade da produção agrícola, que implica pico alto de transporte durante a colheita. Isso é problemático por demandar alta capacidade por curto período e pode ser mitigado com medidas de nivelamento de pico, como expansão de silos, produtos entre-safra e safrinha. Por fim, devido aos distintos clientes-alvos e cargas de destino e suas dependências em relação ao tipo de vagão, deve-se identificar quais são as cargas de interesse para nelas se concentrar, desenvolvendo um modelo negócios robusto. Uma solução complementar para esse problema é a adoção de vagões versáteis.

Como a pesquisa da EPL não categoriza cargas conteinerizadas, estas não foram consideradas como tal. Porém, deve haver uma reflexão maior desse tipo de carga ao longo do estudo dada a importância que apresenta para o transporte ferroviário em outros países.

A terceira etapa, a alocação da demanda projetada nos modais existentes e no transporte ferroviário planejado, desenvolveu e utilizou um modelo preditivo. Como a alocação da demanda depende principalmente do nível de serviço de cada modal visto que cada transportador escolhe o modal ponderando seus aspectos, estes foram considerados para o desenvolvimento e uso do modelo de escolha do modal.

Os dados de entrada para desenvolvimento do modelo derivaram da pesquisa de preferência declarada da EPL. Porém, estes são insuficientes, pois não consideram explicitamente variáveis de tamanho de carga, tipos de carga e distância de viagem e apresentam amostras de escolha do modal real limitadas. Além disso, não há matrizes origem-destino por modais disponíveis atualmente, o que dificulta calibrar os modelos de alocação modal. Assim, é necessário aprimorar a pesquisa de preferência declarada, incluindo a expansão na área de estudo. Apesar disso, estes dados foram utilizados para resultados preliminares enquanto não há pesquisa considerando especificamente a implantação de uma nova opção ferroviária. A divisão modal atual das cargas movimentadas pelo porto segue na Figura 14 (PARANÁ, 2014).



**Figura 14 - Divisão modal do escoamento de carga pelo Porto de Paranaguá de 1980 a 2015**

Os dados da pesquisa de preferência declarada da EPL consideram 106.624 escolhas binárias e fatores de custo, tempo de viagem, segurança, confiabilidade e flexibilidade. Porém, são escolhas predominantemente entre rodovias, sendo que as escolhas entre rodovias, ferrovias e hidrovias são as relevantes para o estudo.

Da pesquisa de preferência declarada da EPL, foram extraídos subconjuntos de dados de preferência por rodovia vs ferrovia para o caso nacional e dos estados do Paraná e Mato Grosso do Sul considerando o tamanho dos transportadores: grandes, médios e pequenos. As funções de utilidade foram calibradas para o modelo logit e foi utilizado o programa “NLOGIT”. A hidrovia será tratada posteriormente no estudo pela sua relevância para o terminal de Guaíra.

Para usar o modelo, deve-se entrar com os dados das matrizes origem-destino totais da pesquisa EPL e das extrapoladas, dados de rodovia vs ferrovia da pesquisa de preferência declarada da EPL e dados do nível de serviço de custo e tempo. Para cada par origem-destino, deve-se calcular o valor da função utilidade para rodovia e ferrovia, calcular a probabilidade da ferrovia pelo modelo logit e calcular a matriz origem-destino da ferrovia multiplicando a matriz origem-destino total pela probabilidade do modal ferroviário.

Para obter-se os dados de nível de serviço, por sua vez, foram assumidos valores tarifários por distância e carga máximos para ferrovia tabelados pela ANTT (Agência Nacional de Transportes Terrestres), no caso de custo, e valores de velocidade autorizada física e velocidade comercial, a de projeto, no caso de tempo de viagem, pois é seu fator mais relevante ainda que exista contribuição do esquema de operação. Apesar do preço de mercado ser flutuante a longo prazo e não acompanhar necessariamente os valores tabelados, a estimativa obtida serve para análise preliminar.

Como, pelos dados da EPL, o custo ferroviário é inelástico e inferior ao da rodovia, o fator da velocidade, que determina o tempo de viagem, é o mais crítico na análise. Para analisar seu impacto na demanda, alguns experimentos parametrizados foram realizados variando-se as velocidades da rodovia e da ferrovia.

Para a rodovia, não há tarifa detalhada por tipo de carga e o tempo de viagem pode variar muito devido ao congestionamento. Para a ferrovia, há tarifa para cada um dos 15 tipos de carga e foram escolhidas quatro opções de velocidade: 20, 50, 80 e 100 km/h. Assim, os experimentos consideraram tarifa e velocidade únicas para a rodovia, apesar da variabilidade, e tarifas distintas por carga e as quatro velocidades supracitadas para a ferrovia, tendo sido o cálculo de tempo de viagem realizado com um simulador de desempenho de trem, com o uso do TPS (Track Plan Simulator) deixado para mais tarde no estudo para valores mais precisos. Como a velocidade influencia no traçado, as distâncias são distintas para cada uma das velocidades escolhidas.

Algumas das tabelas resultantes com dados de nível de serviço para traçados rodoviário e ferroviário de raio mínimo de 500m, por exemplo, são as que contêm valores de custo por tonelada, em R\$/ton, entre os terminais para o modal rodoviário, Tabela 9, e ferroviário para soja, Tabela 10, e valores de distância, em km, entre os terminais para o modal ferroviário, Tabela 11.

**Tabela 9 - Custo de transporte entre terminais potenciais pelo modal rodoviário, em R\$/ton**

	Dourados	Guaíra	Cascavel	Guarapuava	Lapa	Curitiba	Paranaguá
Dourados	0	86.65	111.09	143.67	168.11	184.4	192.54
Guaíra	86.65	0	62.22	94.8	127.38	135.53	151.82
Cascavel	111.09	62.22	0	78.51	102.94	119.24	127.38
Guarapuava	143.67	94.8	78.51	0	70.36	86.65	94.8
Lapa	168.11	127.38	102.94	70.36	0	54.07	70.36
Curitiba	184.4	135.53	119.24	86.65	54.07	0	54.07
Paranaguá	192.54	151.82	127.38	94.8	70.36	54.07	0

**Tabela 10 - Custo de transporte entre terminais potenciais pelo modal ferroviário para a soja, em R\$/ton**

	Dourados	Guaíra	Cascavel	Guarapuava	Lapa	Curitiba	Paranaguá
Dourados	0.00	47.03	64.47	88.39	113.03	120.72	129.87
Guaíra	47.03	0.00	29.83	53.74	78.38	86.07	95.22
Toledo	58.37	23.73	18.48	42.39	67.04	74.72	83.87
Cascavel	64.47	29.83	0.00	36.29	60.94	68.62	77.77
Guarapuava	88.39	53.74	36.29	0.00	37.02	44.71	53.86
Ponta Grossa	104.49	69.84	52.40	28.48	20.92	28.61	37.76
Lapa	113.03	78.38	60.94	37.02	0.00	20.07	29.22
Curitiba	120.72	86.07	68.62	44.71	20.07	0.00	21.53
Paranaguá	129.87	95.22	77.77	53.86	29.22	21.53	0.00

**Tabela 11 - Distâncias entre os terminais potenciais pelo modal ferroviário, em km**

	Dourados	Guaíra	Cascavel	Guarapuava	Lapa	Curitiba	Paranaguá
<b>Dourados</b>	0.00	247.30	385.10	604.00	825.40	858.39	962.69
<b>Guaíra</b>	246.31	0.00	137.80	356.70	578.10	611.09	715.39
<b>Cascavel</b>	384.11	137.80	0.00	218.90	440.30	473.29	577.59
<b>Guarapuava</b>	603.01	356.70	218.90	0.00	221.40	254.39	358.69
<b>Lapa</b>	824.41	578.10	440.30	221.40	0.00	32.99	137.29
<b>Curitiba</b>	857.41	611.10	473.30	254.40	33.00	0.00	104.30
<b>Paranaguá</b>	961.50	715.19	577.39	358.49	137.09	104.09	0.00

Do uso do modelo de alocação modal desenvolvido para as 18 alternativas, resultaram-se matrizes origem-destino, por tipo de carga e total, e para os anos de 2025 a 2050, a cada cinco, para o modal ferroviário. Porém, por simplicidade, o Volume 1 estudado apresenta apenas as matrizes origem-destino totais para este modal, sem distinção por carga.

Não foram esquecidas, porém, considerações sobre a demanda latente que inevitavelmente escaparia, no todo ou em parte, com a utilização dos métodos mencionados de projeção e alocação da demanda. Como os dados de entrada para o modelo de alocação de demanda são dados das pesquisas da EPL, ou seja, baseiam-se apenas na rede de transportes atual, há demandas não realizadas que poderiam ser atendidas pelo novo serviço ferroviário sendo ignoradas no cálculo. Porém, a quantificação e período de ocorrência dessa demanda potencial são de difícil realização, sendo deixado para após a concessão o detalhamento quantitativo. No estudo, houve apenas considerações sobre o potencial qualitativo dessa demanda.

Além do aumento da capilaridade, o aumento da competição que o serviço ferroviário causará na malha logística da região reduzirá custos de transportes e tempo de viagem e aumentará a confiabilidade, flexibilidade e segurança, incorrendo, consequentemente, em maior incentivo para expandir a produção agrícola, ou seja, a demanda.

Outras demandas potenciais são do Paraguai e da hidrovia Tietê-Paraná. A análise do potencial do Paraguai, por meio da conexão por caminhões aos terminais da Ferroeste, está fora do escopo do estudo. A transferência da hidrovia Tietê-Paraná não é demanda latente, porém deve-se ressaltar que o terminal de Guaíra pode ser desenvolvido como intermodal entre hidrovia e ferrovia. Assim, a questão é estudar se o potencial de transferência é grande o suficiente para retornar o investimento.

Os resultados do estudo de demanda entregue, ou seja, o Volume 1 do Caderno 1 para os dois trechos solicitados pelo Edital, são apenas preliminares e serão aprimorados, junto às outras informações encontradas e produzidas, ao decorrer do restante dos estudos de viabilidade.

#### 5.4.4 Receitas e análise financeira

Como o mercado de transporte de cargas é desregulamentado, não há dados oficiais de referência de preços. Porém, sabe-se que a tarifa de transporte depende de distância, custo, potencial para retorno do investimento, operação de carga e descarga, sazonalidade e tempo de entrega. Além disso, sabe-se que há economia de escala nos custos de acordo com a distância.

O modal ferroviário tem cerca de 1% de participação no transporte de cargas nacional, de acordo com as pesquisas da EPL, com a maior participação pertencente ao modal rodoviário. O modal de navegáveis é restrito geograficamente. Há competição com a atual ferrovia que conecta Guarapuava ao porto, porém não há competição com o modal costeiro.

Para o cálculo da receita potencial e posterior análise financeira, foram utilizados os dados de tempo de viagem, as matrizes totais de origem-destino da pesquisa da EPL e projetadas, as matrizes de origem-destino calculadas para o modal ferroviário e a matriz de tarifas entre pares origem-destino para os diferentes tipos de carga. A receita foi calculada para cada uma das 18 alternativas de traçado.

O tempo de viagem foi utilizado devido à sua importância para o nível de serviço. Além disso, pois também influencia as variáveis de projeto do traçado, como o raio mínimo, e o tempo de ciclo, que determina o número de trens necessários, impactando no valor do CAPEX. Como o plano detalhado de operação ainda não está disponível, o cálculo de receita e análise financeira realizado intentou trazer uma primeira estimativa do mercado na região do traçado.

Calculada a receita potencial segundo as premissas descritas, o valor da receita anual, em R\$ 1000,00, para cada alternativa para os anos de 2025, 2030, 2035, 2040, 2045 e 2050 consta da Tabela 12.

**Tabela 12 - Valores das receitas anuais pelas alternativas de traçado de 2025 a 2050, em R\$ 1000,00**

Alt	2025	2030	2035	2040	2045	2050
1	1,923,777	2,398,804	2,525,593	2,694,933	2,881,955	3,088,476
2	1,866,479	2,318,904	2,442,093	2,607,189	2,789,592	2,991,104
3	1,898,557	2,356,097	2,481,387	2,649,357	2,834,932	3,039,951
4	1,922,406	2,397,013	2,523,730	2,692,938	2,879,818	3,086,182
5	1,922,404	2,397,055	2,523,738	2,692,942	2,879,817	3,086,175
6	1,921,079	2,395,313	2,521,935	2,691,013	2,877,750	3,083,959
7	1,936,466	2,415,005	2,542,449	2,712,954	2,901,253	3,109,171
8	1,936,244	2,414,770	2,542,161	2,712,640	2,900,911	3,108,797
9	1,935,105	2,413,270	2,540,610	2,710,981	2,899,133	3,106,890
10	1,935,105	2,413,270	2,540,610	2,710,981	2,899,133	3,106,890
11	1,935,098	2,413,263	2,540,602	2,710,972	2,899,123	3,106,880
12	1,933,779	2,411,530	2,538,807	2,709,051	2,897,065	3,104,673
13	1,935,105	2,413,270	2,540,610	2,710,981	2,899,133	3,106,890
14	1,943,583	2,424,286	2,552,010	2,723,170	2,912,183	3,120,880
15	1,942,446	2,422,792	2,550,463	2,721,515	2,910,411	3,118,979
16	1,942,443	2,422,744	2,550,448	2,721,503	2,910,403	3,118,977
17	1,942,440	2,422,784	2,550,455	2,721,506	2,910,401	3,118,969
18	1,941,124	2,421,056	2,548,665	2,719,591	2,908,349	3,116,768

Após a estimativa de receitas, foi realizada uma análise financeira prévia do projeto. A finalidade desta é identificar as circunstâncias de viabilidade do projeto e nutrir uma comparação prévia entre as alternativas, além de encontrar as variáveis ótimas dos níveis de serviço para o projeto.

Como as alternativas foram reduzidas de 18 para oito ao longo do estudo, apenas estas oito foram submetidas à análise financeira preliminar. A receita da operação de trem foi considerada. Porém, receitas acessórias, como direito de passagem para cabos de fibra ótica e disponibilização de áreas para torres de telecomunicações, não foram consideradas. Além disso, os custos de infraestrutura considerados foram os de construção da linha, sendo os dos sistemas os de sinalização, comunicação e CCO. Foram também considerados os custos do material rodante.

Para uma determinada taxa de juros e prazo da concessão fixos para as oito alternativas, constam os resultados da análise financeira da Tabela 13.

Tabela 13 - Resultados da análise financeira para as oito alternativas de traçado

Project						
Alternative	R	SM R	SM %	IRR	NPV	BreakEven
1	500	500	25	4.34%	(\$3,636,739.31)	2039
2	500	500	18	4.20%	(\$3,998,228.00)	2040
3	500	300	25	4.63%	(\$3,191,345.46)	2039
4	500	300	18	4.52%	(\$3,402,918.23)	2039
5	1000	500	25	3.88%	(\$4,836,225.98)	2039
6	1000	500	18	3.67%	(\$5,359,976.34)	2041
7	1000	300	25	4.02%	(\$4,623,046.90)	2040
8	1000	300	18	3.81%	(\$5,013,144.17)	2041

Observa-se que, da análise, a alternativa 4, R500 (autorizada de 65 km/h) entre Dourados e Curitiba com 1,8% de rampa e R300 (autorizada de 50 km/h) com 1,8% de rampa na Serra do Mar, indica ser a melhor escolha depois da alternativa 3. Porém, caso a eletrificação da via seja considerada, dispensando os *helpers*, a opção 3, com 2,5% de rampa na Serra, se tornaria mais atraente.

Apesar da análise prévia, deve-se fazer uma análise econômica para demonstrar a viabilidade econômica do empreendimento. Deve-se considerar que o projeto deve oferecer a solução para a necessidade de expansão do Porto de Paranaguá.

#### 5.4.5 Traçado preliminar e alternativas

Executar o traçado de uma linha ferroviária pode ser entendido como uma arte e uma ciência, tendo em vista que o melhor traçado precisa atender concomitantemente a inúmeras exigências, que são, por vezes, conflitantes: atender aos objetivos de receita e de esforço físico despendido (medido em TKU, toneladas por quilômetro útil), buscar a opção de menor custo para conectar os terminais, minimizar os custos para mitigação de impactos ambientais, e gerar o menor OPEX (em especial quanto ao custo de energia). Além disso, não se trata de uma atividade isolada, sendo necessário estar em consonância com as metas e objetivos gerais do projeto, esquemas de operação, balanço entre demanda/receita potenciais e níveis de serviço ofertados (como o da velocidade), aspectos econômico-financeiros e restrições ambientais impostas ao projeto. São tantas variáveis em necessidade de serem conciliadas que a primeira frase deste parágrafo se torna verdadeira.

A metodologia geral para a definição do traçado consiste em: determinar a localização dos terminais; definir as variáveis de nível de serviço desejadas e o potencial de demanda, para, através de ambos, definir as variáveis de projeto prováveis; definir o esquema de operação; desenvolver alternativas de traçado, tanto com o intuito de possuir alguns cenários com opções de variáveis de projeto e de níveis de serviço (definindo posteriormente qual a alternativa mais adequado ao projeto), bem como para abranger melhor as diferentes restrições ambientais com um leque de diferentes medidas compensatórias de mitigação dos impactos causados; realização de análise econômico-financeira das alternativas de traçado e identificação de qual a melhor sob este ponto de vista, assim como sob o ponto de vista do nível de serviço e da operação.

Os níveis de serviço do sistema ferroviário devem ser definidos, em função das suas variáveis, que são disponibilidade e conveniência. A disponibilidade é a medida de quanto o serviço ferroviário é acessível aos clientes, avaliando se esta é uma opção possível de ser utilizada por eles. Já a conveniência é o quanto provável será a utilização do serviço pelos clientes, uma vez que já se tenha sido comprovada a disponibilidade do modal ser usado por eles.

Para mensurar a qualidade das variáveis de níveis de serviço, na prática, deve-se considerar alguns fatores como: disponibilidade de espaço nos trens, a serem ocupados pelos produtos; localização dos terminais, para avaliar o quanto vantajosa logicamente será a opção do serviço ferroviário; existência de serviço para cargas específicas, para se conseguir abranger o maior número de clientes na operação; e os horários dos trens, que também influirão na logística da operação. A avaliação da conveniência verifica o quanto a alternativa ferroviária é competitiva em oposição aos demais modais, sendo comparadas as tarifas, se o tempo de percurso (que é uma medição indireta da velocidade) está rápido o bastante para atender aos anseios dos clientes, bem como a confiabilidade, segurança e flexibilidade da operação.

Após serem definidas as variáveis dos níveis de serviço, devem ser definidas as variáveis de projeto, que são escolhidas com a meta de atender ao mesmo tempo a uma gama de fatores combinados, que são a rapidez da operação, nível de demanda e tecnologia utilizada. Cabe ressaltar que estes fatores estão interligados, uma vez que o nível de demanda a ser atendido possui forte influência na velocidade de projeto (a qual é o principal fator que determina a rapidez da operação, tendendo esta a ser maior quando a demanda é maior), e também nos tipos de tecnologia a serem utilizadas na linha, os quais viabilizarão projetos técnicos de maior ousadia e capacidade, por exemplo, permitindo maiores velocidades de projeto ou rampas mais inclinadas em alguns trechos. No campo da tecnologia incluem-se os tipos de locomotivas adotadas, o modo de realizar a formação de trens, a classificação de tonelagem permitida e as características da infraestrutura.

A importância das variáveis de projeto é elas têm grande impacto na configuração do traçado e na tecnologia incorporada à linha, e, consequentemente, nos custos de construção e de operação. Por isso, devem ser determinadas com cuidado. Há variáveis que são apenas operacionais, impactando no OPEX, enquanto outras também apresentam requisitos físicos, sendo consideradas para a construção e traçado, ou seja, CAPEX.

A localização dos terminais é bastante relevante para a definição do traçado, por impor pontos fixos a este, de modo que a variação das alternativas preliminares ganha liberdade de ir por diferentes caminhos apenas no espaço entre eles. Como já mencionado, as cidades escolhidas para receber terminais são: Dourados, Guaíra, Cascavel, Guarapuava, Lapa, Curitiba e Paranaguá. Também tem impacto na conveniência da utilização da linha ferroviária pelos clientes, por determinar os custos logísticos com o transporte de alimentação auxiliar da linha, que é a forma como os clientes transportam a sua mercadoria desde o pólo de produção até o terminal. Assim, estes devem ter localizações que minimizem os custos médios a serem despendidos pela maioria dos clientes nestes trajetos até o terminal, para que o modal ferroviário lhes seja mais atraente. Os tipos de custos que podem ser diferenciais na escolha da variável de localização dos terminais estão mais associados à sua fase de construção, trazendo mais impacto no CAPEX.

Outra variável de projeto é a quantidade de vias a serem construídas. Este fator influencia na capacidade do atendimento à demanda, e também se associa a custos CAPEX e OPEX típicos para cada quantidade de linhas, como já foi abordado no subitem 5.4.1 (Premissas e características físicas do projeto), e tem relevância para o traçado por influir na sua largura da faixa de domínio, que, dependendo da dimensão, pode definir a geometria em trechos mais críticos.

A classificação de tonelagem é uma variável de projeto que está associada à capacidade do sistema, e, assim, à dimensão de potência do sistema trator, como as locomotivas ou sistema eletrificado, e podem definir as dimensões das rampas, à medida em que, se o OPEX devido ao custo da energia se tornar muito elevado, alternativas de traçado com rampas íngremes demais podem ser descartadas, restando as que obtiverem rampas menores. Também influenciam o comprimento dos trens e dos desvios de passagens, que acabam influenciando o traçado em trechos mais críticos.

A rapidez da entrega é uma variável que está associada, em especial, à velocidade de projeto dos trens, e, portanto, tem relação forte com o raio mínimo das curvas, dimensões das rampas e esquema operacional, que ficam definidos em cada alternativa de traçado. No esquema operacional, dependem de quão espaçados são os desvios de ultrapassagem da via singela, pois, quanto maiores, maior a tendência de conflitos entre trens na operação, e, assim, tempos de espera, o que requer um esquema de operação eficiente para que os trens não fiquem muito tempo esperando nos desvios, evitando atrasos e mantendo a velocidade média elevada, o que conservaria em bom nível a capacidade do sistema. É um fator mais associado ao CAPEX, por causa das exigências feitas às variáveis de projeto de raio mínimo e rampas para que se obtenham as velocidades desejadas, já que, em velocidades maiores, o traçado se adapta menos à topografia e uma maior estrutura na construção é necessária para viabilizá-lo, como maior quantidade de obras de terra e de obras de arte. Porém, uma configuração incorreta do sistema projetado pode levar a perdas de eficiência e de rapidez na operação, implicando em aumentos no OPEX, caso isso aconteça.

As rampas correspondem ao grau de inclinação em relação ao plano horizontal que os trens são obrigados a se movimentar, estando associadas à potência de tração

do material rodante. Como explicado no parágrafo de classificação de tonelagem, se estas forem muito íngremes, o custo OPEX pode se tornar alto devido ao custo da energia, inviabilizando a alternativa de traçado. Entretanto, rampas mais íngremes podem reduzir o custo CAPEX, por conta de que, nelas, traçados com menores extensões em trechos de forte desnível (como o da Serra do Mar) podem ser projetados, reduzindo o volume de obras necessárias, como as de movimentações de terra, túneis e drenagem. O traçado mais adequado, sob o ponto de vista das rampas, seria o que consegue conciliar um custo aceitável na construção com custos melhores na operação, tendo em vista que o OPEX tende a predominar no longo prazo, porém, CAPEX muito altos poderiam inviabilizar a construção.

Algumas implicações práticas adicionais podem ser extraídas. Uma é em relação à interoperabilidade entre trechos da linha, pois, tendo em vista que os esquemas operacionais são diferentes entre eles, em função das diferentes variáveis de projeto adotadas para cada, é preciso definir um mecanismo usado para realizar a compatibilização da operação. Neste sentido, o modo de se efetuar a inserção e remoção de locomotivas extras no ponto de intersecção entre os trechos precisa ser considerado. Outra implicação é obtida ao se definir a velocidade de projeto da nova linha, diante da qual não será possível acomodar a operação de trens mais lentos, devendo ser, eventualmente, realizada uma troca da frota já existente. Isto terá efeito, especialmente, para a frota circulante no atual trecho da Ferroeste construído entre Cascavel e Guarapuava, já que, com as baixas velocidades e capacidades de carga desenvolvidas pelos seus trens atuais, a operação mista entre eles e os novos trens que obedecem a parâmetros de projeto bastante diferentes se tornará inviável. Algo que tem implicações no projeto e no custo (especialmente CAPEX), está ligado ao raio mínimo nas curvas, que, além da velocidade, pode computar o efeito de superelevação como auxílio no equilíbrio à força centrípeta. Por fim, deve-se selecionar um eixo com carga suportada superior à carga existente autorizada, para evitar o risco de rupturas.

Sobre o sistema de propulsão adotado, este irá causar impacto sobre o traçado, o custo de construção e a interoperabilidade. Ele pode ser a diesel, etanol, célula de combustível ou elétrico. Enquanto quase todos os sistemas requerem uma instalação para armazenamento e abastecimento de combustíveis, o sistema elétrico requer o suprimento contínuo de energia elétrica, porém, a tração que ele supre é mais forte que a dos demais, sendo capaz de permitir ao sistema maiores velocidades e tonelagens, e, na prática, rampas mais íngremes. As rampas mais íngremes, por sua vez, seriam capazes de permitir um traçado mais econômico ao CAPEX (ao reduzir o número de obras de arte necessárias e da extensão da linha), de permitir maiores velocidades de operação, e de evitar o uso de locomotivas *Helper* (necessárias no sistema a diesel), o que incrementaria a capacidade do sistema. A operação do sistema elétrico também pode ser mais econômica que a do sistema a diesel, nos casos em que a energia elétrica se torne mais econômica que ele, e consta como sendo, geralmente, proveniente de fontes renováveis. No projeto da linha, os estudos preliminares trabalham com a necessidade de o sistema deve ser capaz de vencer rampas de até 1,8% com uma locomotiva, sendo necessário o auxílio de uma ou mais locomotivas *Helper* caso os trechos possuam inclinação maior que essa. Em especial no trecho de serra, onde as rampas seriam maiores, estuda-se a possibilidade de eletrificação da via, inclusive sendo deixada no projeto uma brecha para que esta possa eventualmente ser implantada, o que amplificaria a

capacidade do sistema. Entretanto, devido aos altos custos de construção e de manutenção dos equipamentos fixos do sistema elétrico em relação aos dos demais, e especialmente devido à demanda ter que ser muito elevada para justificar economicamente a sua implantação, o que não ocorrerá no início da operação, opta-se, a princípio, por se trabalhar com as locomotivas adicionais a diesel no trecho de serra. O aumento da demanda na linha, com o tempo, incentivará novos estudos para a implantação da via dupla, e, eventualmente, também da substituição do sistema de tração a diesel pelo de tração elétrica na região, para se obter aumento na capacidade caso o trecho de serra se torne um gargalo à linha.

É essencial mencionar novamente que, no desenvolvimento das alternativas de traçado, foi feita a opção por separar a linha em dois trechos com variáveis de projeto distintas: o do interior, entre Dourados e Curitiba, e o da Serra do Mar. Isso se deveu ao nível de dificuldade apresentada pela topografia em cada um deles, muito distinto, já que no trecho de serra há um grande desnível a ser vencido, de cerca de 650 metros, em um pequeno intervalo de extensão horizontal, o que não ocorre no interior, de topografia menos acidentada. Isso propiciou que um projeto mais econômico fosse gerado se fossem adotadas diferentes variáveis de projeto para cada um.

Para o trecho da Serra do Mar, vislumbraram-se 6 alternativas de traçado, consistindo em 3 opções de rampa (1,8%, 2,5% e 3,5%), combinadas com 2 opções de raio mínimo (300 e 500 metros). Os raios mínimos podem ser diretamente associados à velocidades de projeto, que, para os raios citados, seriam de, respectivamente, 60 e 80 km/h, e às velocidades autorizadas de 50 e 65 km/h.

Já no segmento do interior, entre Dourados e Curitiba, totalizaram-se 3 opções de traçado promissoras, ao se admitir apenas 1 possibilidade de rampa (1,8%), já que esta era viável na topografia de toda a região, e 3 opções de raio mínimo (500, 1000 e 1700 metros), associados às velocidades de projeto de, respectivamente, 80, 100 e 150 km/h, e velocidades autorizadas de 65, 80 e 120 km/h.

Combinando as 3 alternativas preliminares de traçado do interior com as 6 da serra, no projeto preliminar se obteve 18 possibilidades de traçado preliminares para a linha como um todo, como é mostrado nas Tabelas 14 e 15.

**Tabela 14 - Esquema das combinações de variáveis de projeto propostas para os traçados preliminares**

	Dourados-Curitiba	Serra do Mar
Raio Mínimo	500, 1000 e 1700	300 e 500
Rampa Máxima	1,8%	1,8%, 2,5% e 3,5%
Número de Alternativas	3	6

**Tabela 15 - Associação de possibilidades combinadas de raios mínimos, rampas e velocidades comerciais nos trechos da ferrovia**

<b>Alternativa</b>	<b>Dourados-Curitiba</b>	<b>Serra do Mar</b>
<b>1</b>		R500, 65 km/h, 3.5%
<b>2</b>		R500, 65 km/h, 2.5%
<b>3</b>	R500, 65 km/h	R500, 65 km/h, 1.8%
<b>4</b>	1.80%	R300, 50 km/h, 3.5%
<b>5</b>		R300, 50 km/h, 2.5%
<b>6</b>		R300, 50 km/h, 1.8%
<b>7</b>		R500, 65 km/h, 3.5%
<b>8</b>		R500, 65 km/h, 2.5%
<b>9</b>	R1000, 80 km/h	R500, 65 km/h, 1.8%
<b>10</b>	1.80%	R300, 50 km/h, 3.5%
<b>11</b>		R300, 50 km/h, 2.5%
<b>12</b>		R300, 50 km/h, 1.8%
<b>13</b>		R500, 65 km/h, 3.5%
<b>14</b>		R500, 65 km/h, 2.5%
<b>15</b>	R1700, 120 km/h	R500, 65 km/h, 1.8%
<b>16</b>	1.80%	R300, 50 km/h, 3.5%
<b>17</b>		R300, 50 km/h, 2.5%
<b>18</b>		R300, 50 km/h, 1.8%

Após o processamento das 18 alternativas simuladas em softwares, cujos resultados foram analisados pelos projetistas, reduziu-se as alternativas para 8, como mostra a Tabela 16. Estas possuem variáveis de projeto ainda viáveis para serem novamente simuladas, de maneira cada vez mais refinada.

**Tabela 16 - Composições de alternativas preliminares com variáveis de projeto ainda viáveis**

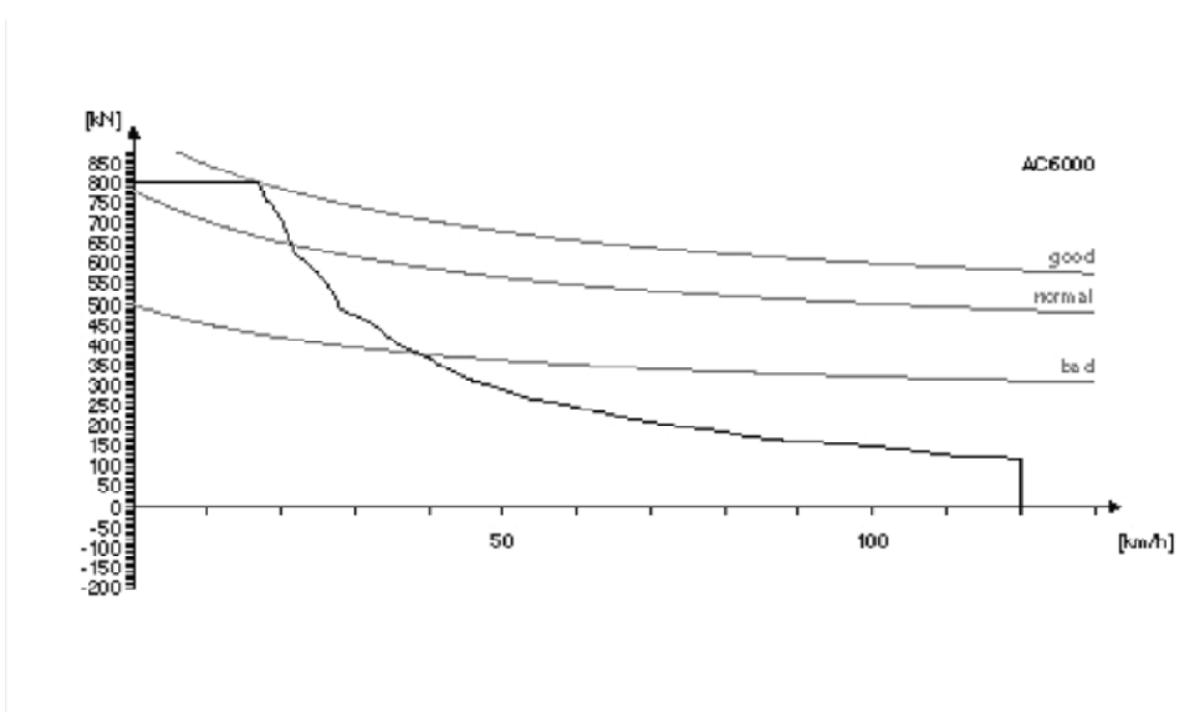
<b>Alternativa</b>	<b>Dourados-Curitiba</b>	<b>Serra do Mar</b>
<b>1</b>		R500, 65 km/h, 2.5%
<b>2</b>	R500, 65 km/h	R500, 65 km/h, 1.8%
<b>3</b>	1.80%	R300, 50 km/h, 2.5%
<b>4</b>		R300, 50 km/h, 1.8%
<b>5</b>		R500, 65 km/h, 2.5%
<b>6</b>	R1000, 80 km/h	R500, 65 km/h, 1.8%
<b>7</b>	1.80%	R300, 50 km/h, 2.5%
<b>8</b>		R300, 50 km/h, 1.8%

Para a modelagem e criação de modelos computacionais para a linha ferroviária, foram utilizadas algumas ferramentas ligadas às áreas de: DTM (Digital Terrain Model/Modelo digital de terreno), GIS (Geographical Information System/Sistema de Informações Geográficas), o próprio software TPS, além de um software de otimização de traçado desenvolvido pela empresa ENVIA.

O DTM é um modelo que representa a topografia da superfície terrestre, com o intuito de adquirir informações sobre o seu formato, sem grande ênfase, então, em utilizar dados sobre o tipo de ocupação da superfície do solo, como áreas de vegetação, construções humanas, etc. A utilização dessa ferramenta tem abordagens diferentes a depender de cada fase de projeto. No início, para a definição da rota inicial e do traçado preliminar, é utilizado o software SRTM 1 ARC SECOND DTM, produto criado pela NASA – *National Aeronautics and Space Administration/Administração Aeronáutica e Espacial Nacional* -, órgão norte-americano, e para informações de ocupação do solo e ambientais, informações obtidas no site USGS EARTH EXPLORER. No momento de detalhar o traçado final, num segundo momento, os dados de DTM e de estudo de solo serão os especificados no chamamento.

Após a definição do DTM, utiliza-se o software TPS – Train Planning System/Sistema de Planejamento de Trens -, que permite adequar as rotas propostas com as variáveis de projeto e da operação definidas. Ele utiliza informações de composições dos trens, alternativas de traçado e localização dos terminais para fazer isto no estudo preliminar, e o esquema de operação detalhada, em uma fase mais avançada e refinada, permitirá determinar o tempo de percurso real.

O TPS também é utilizado na fase preliminar promovendo a passagem de um trem unitário, operando em cada direção, para a avaliação de OPEX das alternativas de traçado preliminares, e em estudo mais refinado também irá possibilitar a modelagem da operação de formação de trens, de ultrapassagens e nos terminais. A composição será de locomotivas das classes EMD SD80 ou GE AC6000, com potência de 4.000 kW ou mais, levando em conta a classificação de tonelagem e o trecho crítico da Serra do Mar, e vagão representativo BOX CAR 50', que vazio pesa 25 ton e, carregado, 75 ton. Observa-se a curva de esforço trativo da locomotiva adotada na Figura 15.



**Figura 15 - Curva de esforço trativo da locomotiva**

Para auxiliar no processo de otimização e verificação, é utilizado o software QGIS, que atua como um editor e visualizador de informações geoespaciais e permite a sua análise, tendo papel fundamental em selecionar áreas que podem impor restrições de diversas naturezas à passagem do traçado em certas localidades. Na Serra do Mar paranaense, por exemplo, há regiões de reservas ambientais por onde os softwares de modelagem e de otimização de traçado devem evitar a passagem deste, obtendo dados de SIG – Sistema de Informações Geográficas – do QGIS para tal. Os temas das camadas são obtidos da base de dados do PNLT – Plano Nacional de Logística e Transportes -, ano de 2010.

Por fim, também atua um software de otimização prioritária desenvolvido pela empresa ENVIA, que tem capacidade de produzir a otimização do traçado de projetos detalhados, mas também pode ser utilizado na análise preliminar do mesmo, usando como base as cotas do traçado em segmentos a cada 100 metros, avaliando e aprimorando os custos unitários segundo o CAPEX.

Com a utilização das ferramentas para definir e simular os traçados preliminares, os resultados provenientes disso são liberados pelos softwares, como os mostrados na Tabela 22 do subitem 5.4.6 (TPS), de resultados de simulações no TPS. Após a liberação dos resultados obtidos para os 18 traçados preliminares, esses foram analisados com a finalidade de definir as alternativas que apresentam desvantagens em relação às demais a ponto de inviabilizar a sua construção ou operação, e que podem ser descartadas. O objetivo é ir, sucessivamente, concentrando a atenção em poucas alternativas mais favoráveis a serem construídas e operadas e proceder com estudos mais refinados apenas nelas, de modo a, no final, se estar habilitado a optar por apenas uma, que será a que vai compor o traçado final e receberá o detalhamento construtivo da linha.

Dos resultados da simulação, pôde-se verificar que, na Serra do Mar, a alternativa que considerava a utilização de 3,5% de rampa exigiria a utilização de vários *Helpers* para que os trens pudessem vencer a alta inclinação e, assim, viabilizar tecnicamente a operação, o que aumentaria muito o custo com a energia para suprir a tração, que é o principal componente do OPEX, e, consequentemente, traria um enorme gasto adicional a ele. Apesar da redução do custo com CAPEX devido à menor extensão da linha a ser construída por esta opção, o custo elevado com o OPEX acaba se sobrepondo num panorama de longo prazo. Por este motivo, as rampas de 3,5% no trecho de serra foram descartadas das alternativas viáveis.

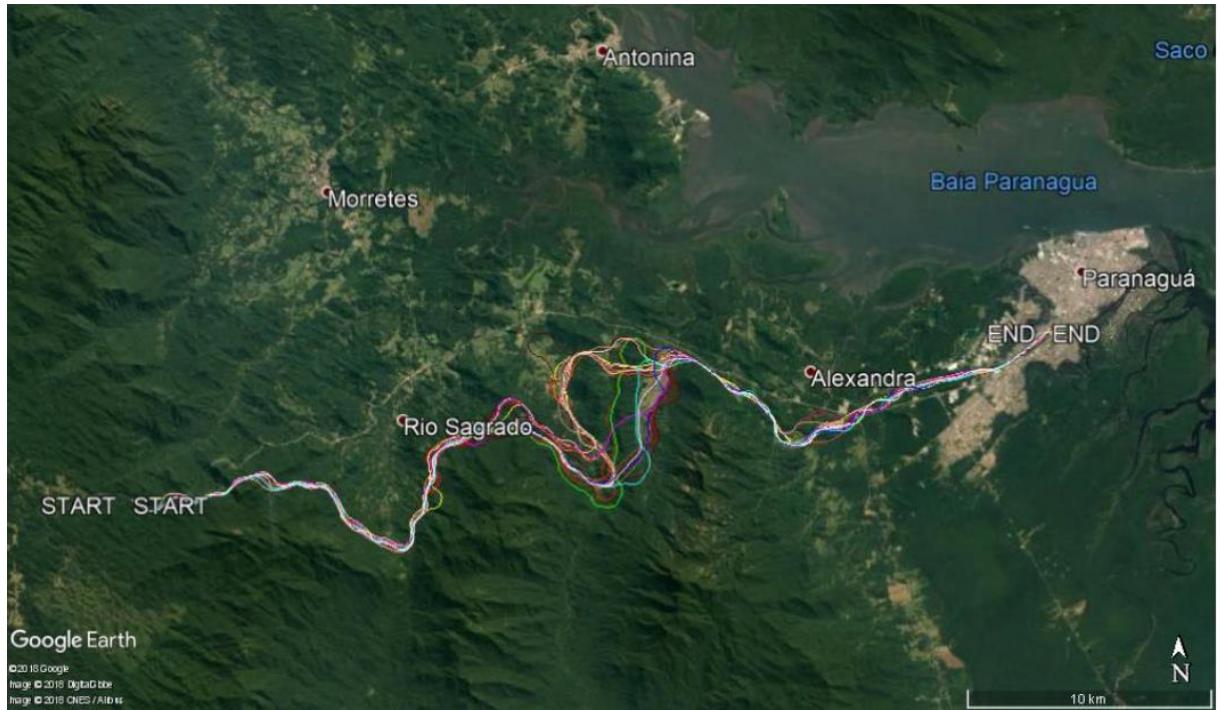
Além disso, no trecho do interior dos estados, entre Dourados e Curitiba, foi constatado que a alternativa que considerava velocidade de projeto de 150 km/h corroborou com a prática dos projetistas de que ela seria melhor aplicada a projetos realizados somente em áreas planas, pois, ao requerer curvas com raios mínimos muito altos (1700m), acabou se mostrando imprópria para se adaptar à topografia presente, o que exigiria um excesso de obras de terra em relação às demais que terminou por inviabilizar esta variável de projeto e as alternativas ligadas a ela.

Eliminando as possibilidades citadas, pelos motivos expostos, restaram as alternativas com 2 velocidades e 1 rampa no trecho do interior (2 possibilidades), e com 2 velocidades e 2 rampas na Serra (4 possibilidades), totalizando 8 composições ainda possíveis de traçado, como pode ser visto na Tabela 17.

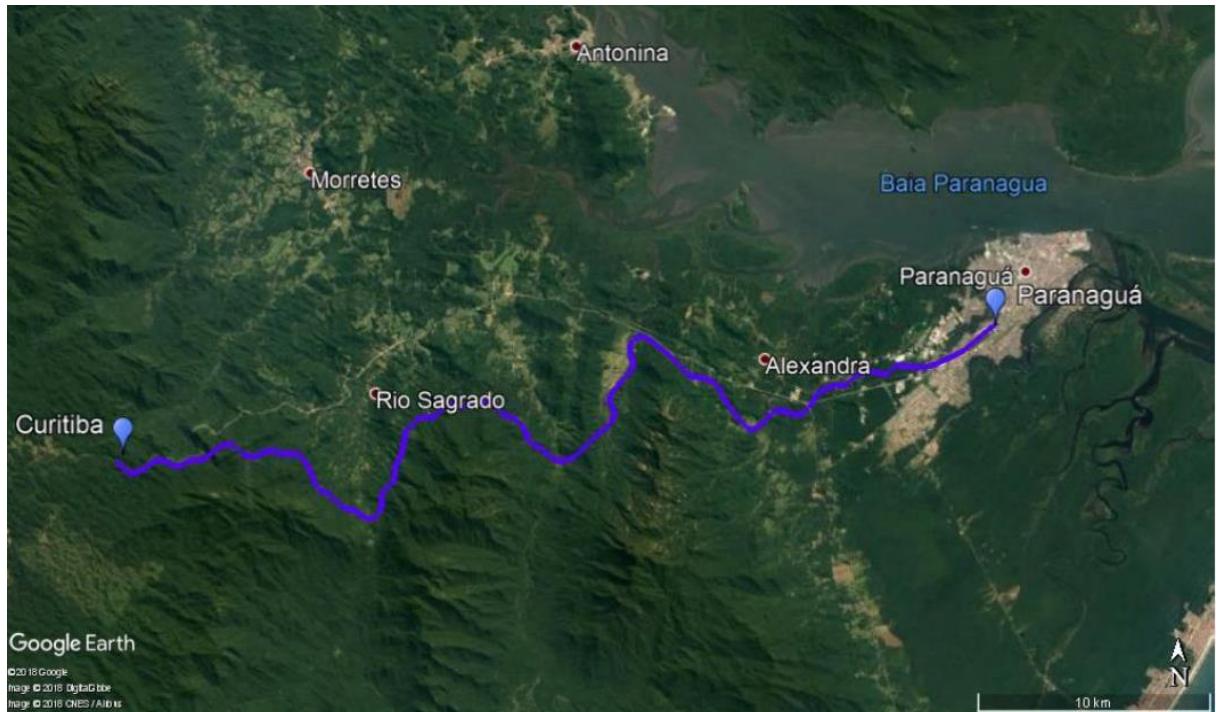
**Tabela 17 - Composição das alternativas remanescentes após análise de resultados dos traçados preliminares**

Alt	Dourados-Curitiba		Serra do Mar
1	R500	1.80%	R500, 2,5%
2			R500, 1,8%
3			R300, 2,5%
4			R300, 1,8%
5	R1000	1.80%	R500, 2,5%
6			R500, 1,8%
7			R300, 2,5%
8			R300, 1,8%

Estas, então, serão levadas a estudos mais detalhados até que se tenha condições de optar por apenas uma. Após novas simulações mais refinadas (com mais variáveis de projeto e de operação inseridas) feitas pelo software TPS das 8 alternativas de traçado ainda remanescentes, foram obtidos novos resultados. Nas Figuras 16 a 23 e Tabelas 18 a 21 pode-se observar parte dos resultados obtidos, em que foram colocados, a título de ilustração, apenas uma alternativa de traçada em cada trecho, constando: as várias possibilidades de traçado para cada segmento da linha, a escolha de uma delas pelos projetistas, e o fornecimento para a alternativa escolhida de dados de quantitativos e custos unitários e totais com obras de terra, túneis, pontes e drenagem.



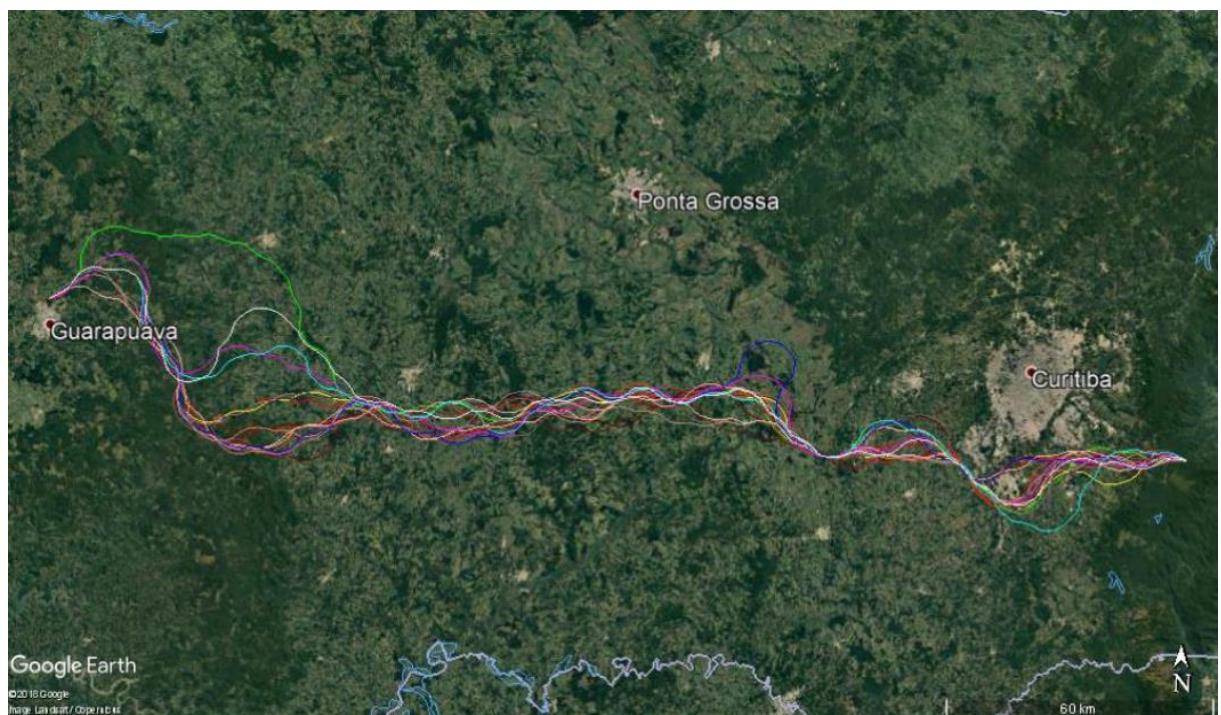
**Figura 16 - Alternativas possíveis de traçado no trecho da Serra do Mar, para R300 (60 km/h) e rampa de 2,5%**



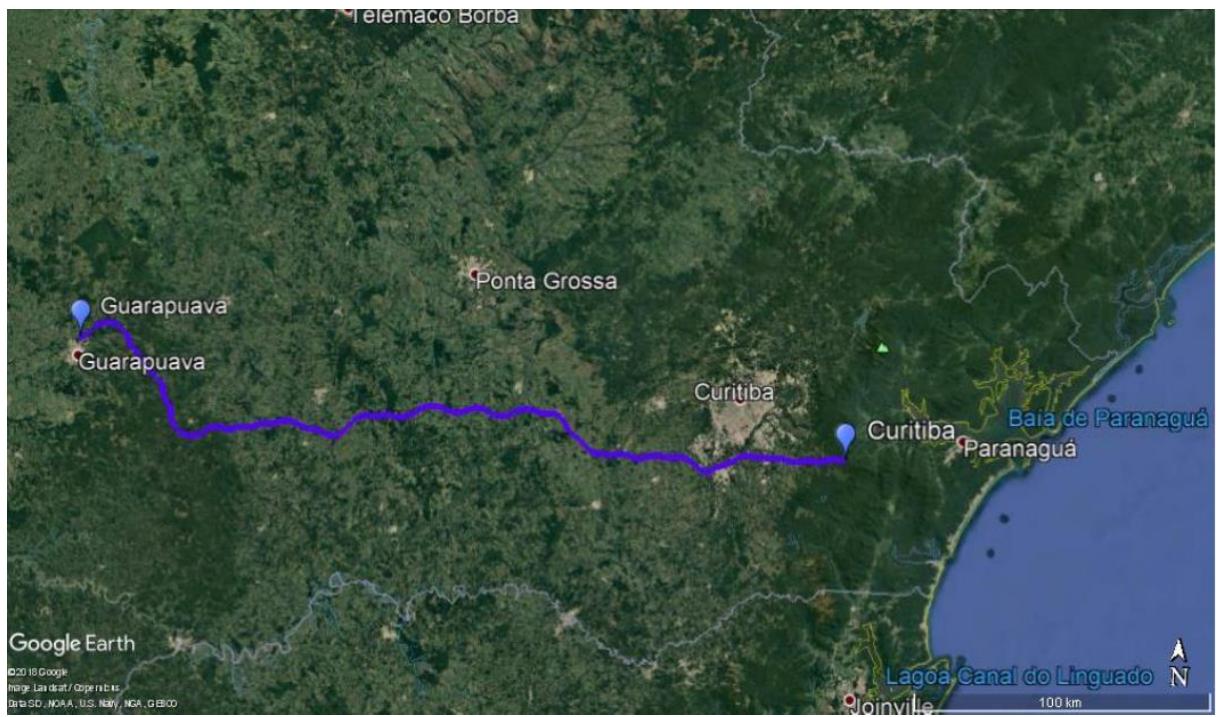
**Figura 17 - Alternativa escolhida do traçado no trecho da Serra do Mar, para R300 (60 km/h) e rampa de 2,5%**

**Tabela 18 - Quantitativos principais do traçado da Serra do Mar (opção R300 e 2,5%)**  
**SD300\_25**

Length	51,147	Km			
Works	Item	Q	Unit	Unit Cost	Total
Earthworks	Enbankment	2.389.037	m <sup>3</sup>	15,38062754	36.744.888
	Cut(Softsoil)	1.870.330	m <sup>3</sup>	15,38062754	28.766.849
	Cut(Weathered Rock)	1.843.245	m <sup>3</sup>	16,66623306	30.719.951
	Cut(Hard Rock)	4.868.725	m <sup>3</sup>	33,87388043	164.922.608
<b>subtotal</b>					
Bridge	Bridge_01	239,0	m		13782487,91
	Bridge_02	256,0	m		14902600,69
	Bridge_03	299,0	m		16022713,47
	Bridge_04	400,0	m		20503164,59
	Bridge_05	55,0	m		5941698,45
	Bridge_06	41,0	m		3788972,62
	Bridge_07	40,0	m		3788972,62
<b>subtotal</b>					
Tunnel	Tunnel_01	300,0	m		67.665.000
	Tunnel_02	300,0	m		67.665.000
	Tunnel_03	800,0	m		198.484.000
	Tunnel_04	400,0	m		90.220.000
	Tunnel_05	1.500,0	m		372.157.500
<b>subtotal</b>					
Drainage	V-Type	44.308,0	m	11,44	506.880
	Mountain Side	48.727,0	m	105,81	5.155.766



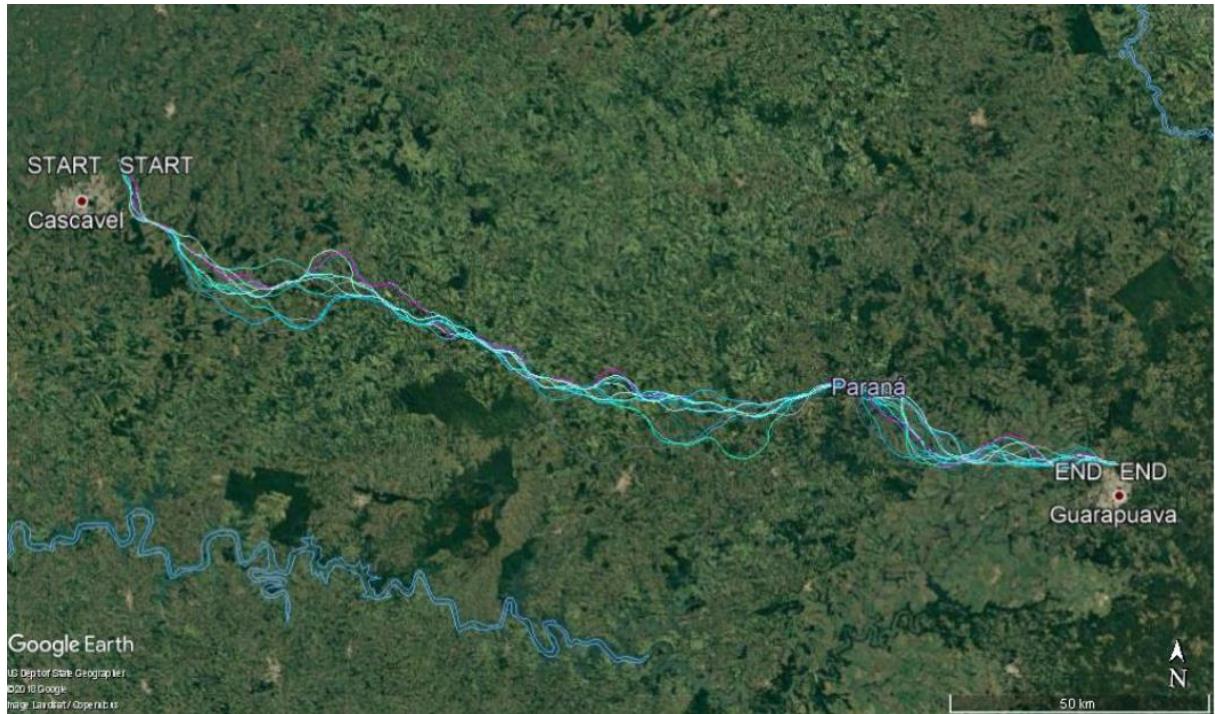
**Figura 18 - Alternativas possíveis do traçado no trecho entre Guarapuava e Curitiba, para R1000 (100 km/h) e rampa de 1,8%**



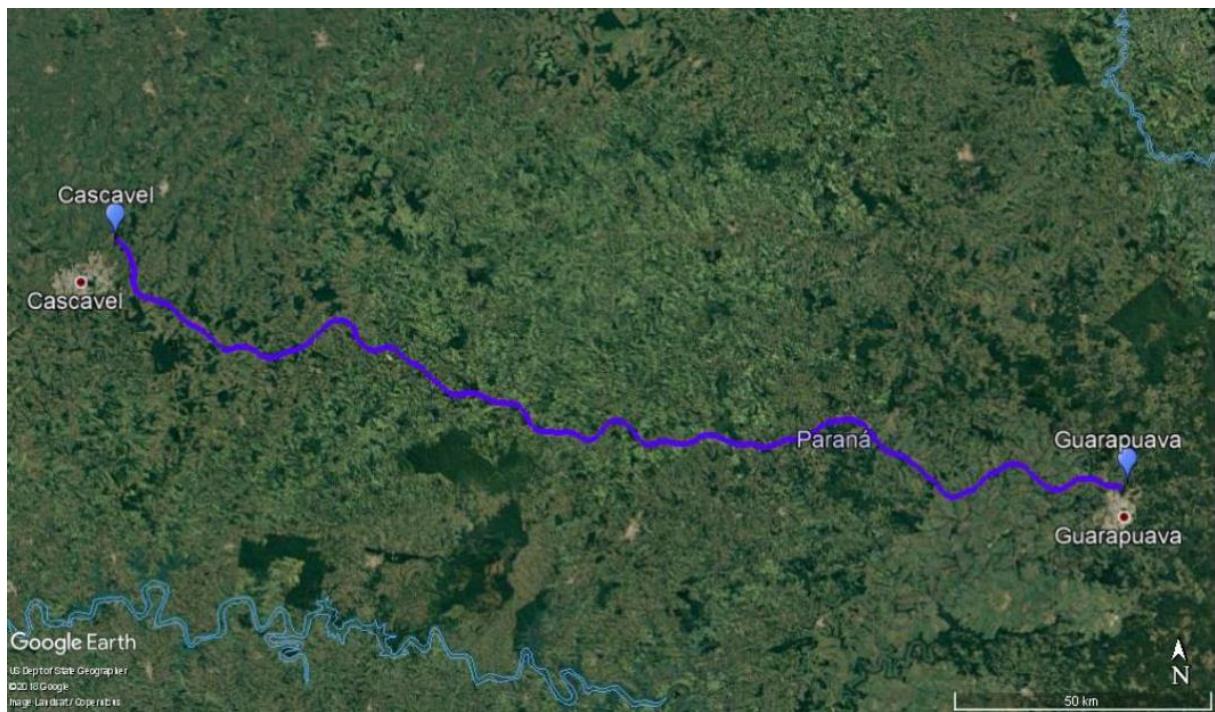
**Figura 19 - Alternativa escolhida do traçado no trecho entre Guarapuava e Curitiba, para R1000 (100 km/h) e rampa de 1,8%**

**Tabela 19 - Quantitativos principais do traçado no trecho entre Guarapuava e Curitiba, para R1000 (100 km/h) e rampa de 1,8%**

GC1000					
Length	295,514	Km			
Works	Item	Q	Unit	Unit Cost	Total
Earthworks	Enbankment	53.781.387	m <sup>3</sup>	15,38062754	827.191.475
	Cut(Softsoil)	16.061.799	m <sup>3</sup>	15,38062754	247.040.549
	Cut(Whethered Rock)	17.456.483	m <sup>3</sup>	16,66623306	290.933.822
	Cut(Soft/Hard Rock)	44.478.452	m <sup>3</sup>	33,87388043	1.506.657.752
<b>subtotal</b>					
Bridge	Bridge_01	49,7	m		3788972,62
	Bridge_02	200,0	m		12662375,13
	Bridge_03	100,0	m		8181924,01
	Bridge_04	160,0	m		10422149,57
	Bridge_05	1.000,0	m		48505984,09
	Bridge_06	22,2	m		2243068,60
	Bridge_07	40,2	m		3788972,62
	Bridge_08	42,7	m		3788972,62
	Bridge_09	1.120,0	m		52986435,21
	Bridge_10	240,0	m		13782487,91
	Bridge_11	40,2	m		3788972,62
	Bridge_12	98,2	m		7061811,23
	Bridge_13	105,9	m		8181924,01
	Bridge_14	39,8	m		3788972,62
	Bridge_15	880,0	m		42905420,19
	Bridge_16	52,2	m		5941698,45
	Bridge_17	39,9	m		3788972,62
	Bridge_18	40,9	m		3788972,62
<b>subtotal</b>					
Tunnel	Tunnel_01	54,2	m		12.231.644
	Tunnel_02	39,8	m		8.984.559
	Tunnel_03	200,0	m		45.110.000
	Tunnel_04	400,0	m		90.220.000
	Tunnel_05	6.100,0	m		1.513.440.500
	Tunnel_06	300,0	m		67.665.000
	Tunnel_07	46,2	m		10.418.899
	Tunnel_08	300,0	m		67.665.000
	Tunnel_09	200,0	m		45.110.000
	Tunnel_10	300,0	m		67.665.000
	Tunnel_11	40,4	m		9.107.754
	Tunnel_12	200,0	m		45.110.000
	Tunnel_13	58,8	m		13.270.031
	Tunnel_14	300,0	m		67.665.000
	Tunnel_15	300,0	m		67.665.000
	Tunnel_16	300,0	m		67.665.000
	Tunnel_17	1.100,0	m		272.915.500
<b>subtotal</b>					
Drainage	V-Type	260.208,9	m	11,44	2.976.772
	Mountain Side	301.796,6	m	105,81	31.932.864



**Figura 20 - Alternativas possíveis de traçado no trecho entre Cascavel e Guarapuava, para R500 (80 km/h) e rampa de 1,8%**



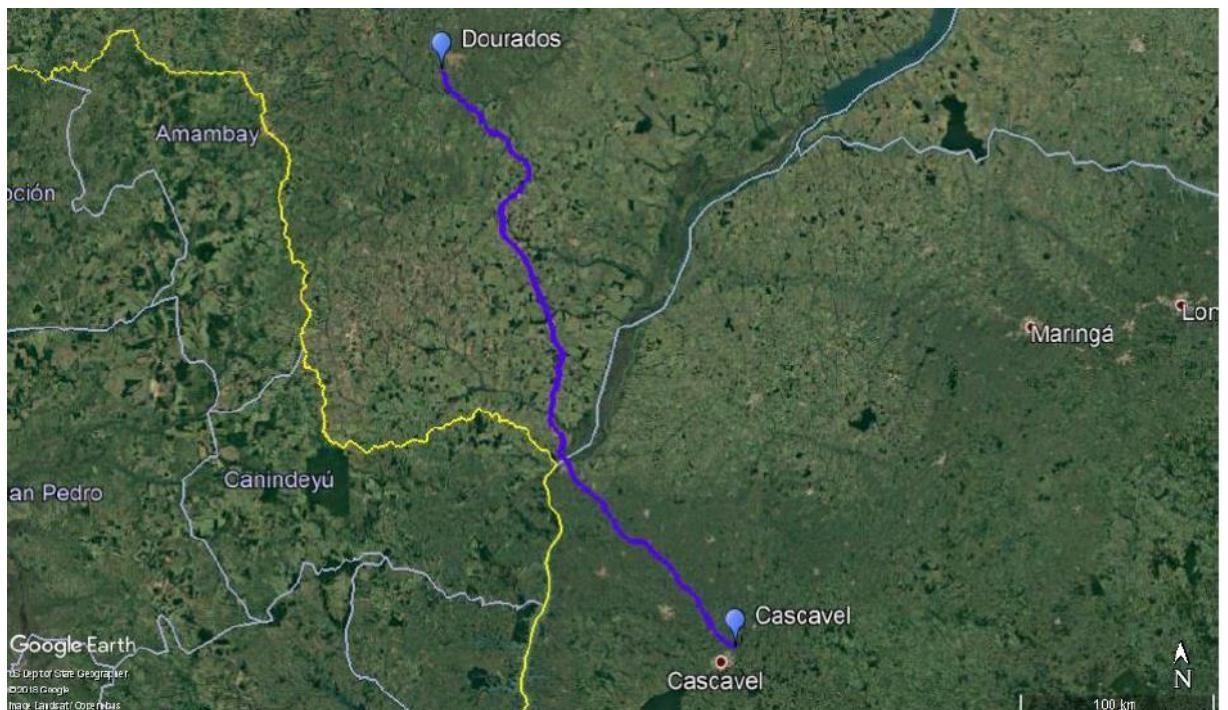
**Figura 21 - Alternativa escolhida de traçado no trecho entre Cascavel e Guarapuava, para R500 (80 km/h) e rampa de 1,8%**

**Tabela 20 - Quantitativos principais do traçado no trecho entre Cascavel e Guarapuava, para R500 (80 km/h) e rampa de 1,8%**

CG500					
Length	234,782 Km				
Works	Item	Q	Unit	Unit Cost	Total
Earthworks	Enbankment	27.593.916	m <sup>3</sup>	15,38062754	424.411.749
	Cut(Softsoil)	18.154.593	m <sup>3</sup>	15,38062754	279.229.034
	Cut(Weathered Rock)	20.249.263	m <sup>3</sup>	16,66623306	337.478.931
	Cut(Hard Rock)	61.751.933	m <sup>3</sup>	33,87388043	2.091.777.587
subtotal					
Bridge	Bridge_01	260,0	m		14902600,69
	Bridge_02	41,6	m		3788972,62
	Bridge_03	500,0	m		26103728,49
	Bridge_04	880,0	m		42905420,19
	Bridge_05	290,0	m		16022713,47
	Bridge_06	240,0	m		13782487,91
	Bridge_07	385,5	m		20503164,59
	Bridge_08	260,0	m		14902600,69
	Bridge_09	260,0	m		14902600,69
	Bridge_10	430,0	m		22743390,15
	Bridge_11	180,0	m		11542262,35
	Bridge_12	66,7	m		5941698,45
	Bridge_13	320,0	m		17142826,25
	Bridge_14	41,5	m		3788972,62
subtotal					
tunnel	Tunnel_01	41,2	m		9.297.509
	Tunnel_02	192,2	m		43.347.259
	Tunnel_03	200,0	m		45.110.000
	Tunnel_04	42,2	m		9.523.510
	Tunnel_05	1.000,0	m		248.105.000
	Tunnel_06	58,2	m		13.127.010
	Tunnel_07	82,4	m		18.585.320
	Tunnel_08	200,0	m		45.110.000
	Tunnel_09	600,0	m		135.330.000
	Tunnel_10	45,9	m		10.352.745
	Tunnel_11	200,0	m		45.110.000
	Tunnel_12	200,0	m		45.110.000
	Tunnel_13	500,0	m		112.775.000
	Tunnel_14	400,0	m		90.220.000
	Tunnel_15	300,0	m		67.665.000
	Tunnel_16	700,0	m		157.885.000
	Tunnel_17	300,0	m		67.665.000
	Tunnel_18	190,0	m		42.854.500
	Tunnel_19	300,0	m		67.665.000
	Tunnel_20	400,0	m		90.220.000
	Tunnel_21	200,0	m		45.110.000
	Tunnel_22	44,6	m		10.059.530
subtotal					
Drainage	V-Type	146.989,3	m	11,44	1.681.548
	Mountain Side	301.809,7	m	105,81	31.940.603



**Figura 22 - Alternativas possíveis de traçado no trecho entre Dourados e Cascavel, para R1000 (100 km/h) e rampa de 1,8%**



**Figura 23 - Alternativa escolhida de traçado no trecho entre Dourados e Cascavel, para R1000 (100 km/h) e rampa de 1,8%**

**Tabela 21 - Quantitativos principais do traçado no trecho entre Dourados e Cascavel, para R1000 (100 km/h) e rampa de 1,8%**

DC1000					
Length	369,756 km				
Works	Item	Q	Unit	Unit Cost	Total
Earthworks	Enbankment	29495348,45	m <sup>3</sup>	15,38062754	453.656.969
	Cut(Softsoil)	20641603,59	m <sup>3</sup>	15,38062754	317.480.817
	Cut(Whethered Rock)	21274667,62	m <sup>3</sup>	16,66623306	354.568.569
	Cut(Soft/Hard Rock)	45468613	m <sup>3</sup>	33,87388043	1.540.198.360
<b>subtotal</b>					
Bridge	Bridge_01	46,8	m		3788972,617
	Bridge_02	64,6	m		5941698,45
	Bridge_03	62,6	m		5941698,45
	Bridge_04	40,1	m		3788972,617
	Bridge_05	41,3	m		3788972,617
	Bridge_06	42	m		3788972,617
	Bridge_07	110,5	m		8181924,01
	Bridge_08	51,5	m		5941698,45
	Bridge_09	51,7	m		5941698,45
	Bridge_10	164	m		10422149,57
	Bridge_11	4040,4	m		184039630,5
	Bridge_12	51,6	m		5941698,45
	Bridge_13	40	m		3788972,617
	Bridge_14	43,2	m		3788972,617
	Bridge_15	41	m		3788972,617
<b>subtotal</b>					
Tunnel	Tunnel_01	40,3	m		9.089.665
	Tunnel_02	45,9	m		10.352.745
<b>subtotal</b>					
Drainage	V-Type	270209,1	m	11,44	3.091.173
	Mountain Side	459348,05	m	105,81	48.603.265

#### 5.4.6 TPS

Train Planning System é um software utilizado por engenheiros ferroviários com o intuito de encontrar soluções para problemas complexos da área, como definição de traçado e detalhes de operação. Ele integra as premissas da infraestrutura adotada, do cronograma de operação e do traçado para obter a melhor compatibilização entre eles em um projeto, minimizando custos.

O software tem a capacidade de considerar a implantação da linha em meio a uma malha ferroviária já existente e consolidada, por meio de condições de contorno nele impostas em um banco de dados, que permitirá a interação da nova linha com a demanda de produtos e oferta de serviços ferroviários das demais (HACON, 2018). Dessa forma, uma simulação realista dessa interação poderá ser criada, trazendo informações que, inclusive, alimentam a viabilidade econômica da mesma. Outros contextos particulares de simulação também são possíveis, por exemplo, restringindo a operação a apenas certas regiões, estações ou corredores, por intervalos de tempo variados que podem ir de um ou poucos dias a longos períodos, e com restrição de operação por classe de trem ou pela companhia que executa a operação. Estas simulações são necessárias para a avaliação de diferentes cenários econômicos, em que a demanda pode ser variável, impactando na viabilidade econômica do projeto também.

O trabalho é efetuado em três telas concomitantemente: o editor de infraestrutura, o editor de cronograma e o editor gráfico, tendo em vista que, a cada modificação no projeto, os impactos são sentidos em todos eles, sendo necessário que estejam interconectados para atualização conjunta. As Figuras 24 a 28 (HACON, 2018) mostram algumas das telas típicas dessas interfaces, obtidas do site do desenvolvedor.

O software possui a capacidade de avaliar conflitos e erros de diversos tipos no projeto, por exemplo: o comprimento dos trens é maior que o da plataforma de algumas estações, o trem não possui ou tração suficiente para vencer a subida ou frenagem suficiente para frear na descida de certas rampas, os trilhos não possuem capacidade de sustentar o peso dos vagões, etc. A previsão antecipada desses conflitos é de boa valia como ferramenta para auxiliar os engenheiros a desenvolverem um projeto correto, tendo em vista que são muitos itens a serem verificados em toda a extensão da linha, e a realização mais automatizada disso pode evitar erros que eventualmente prosseguiriam imperceptíveis e implicariam em custos extras para reparos quando fossem notados, depois que o empreendimento já estivesse em obras ou em operação.

Além do cronograma pretendido de operação a ser fornecido ao software, que é um requisito, também é recomendável que se forneça os tempos de folga para a operação de cada trem, para que o software possa resolver os problemas de conflito espacial (evitar que dois trens ocupem o mesmo espaço simultaneamente na via singela), dando prioridade de passagem aos trens com folga mais apertada, buscando maximizar a capacidade de transporte de produtos da linha ao manter os tempos logísticos de transporte dentro de patamares aceitáveis.

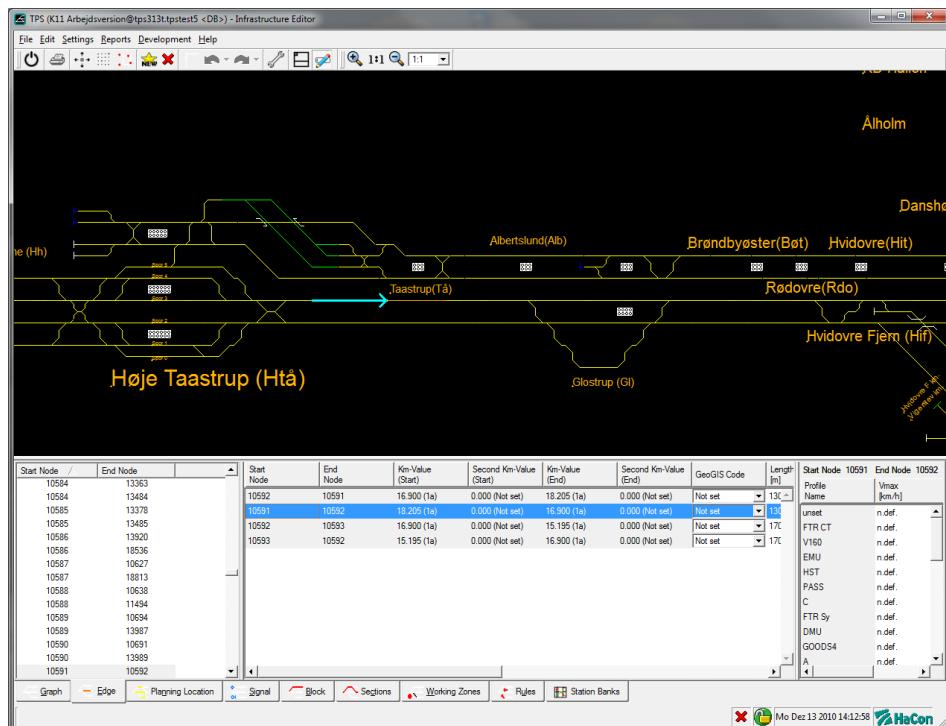


Figura 24 - Exibição em escala microscópica do editor de infraestrutura do TPS

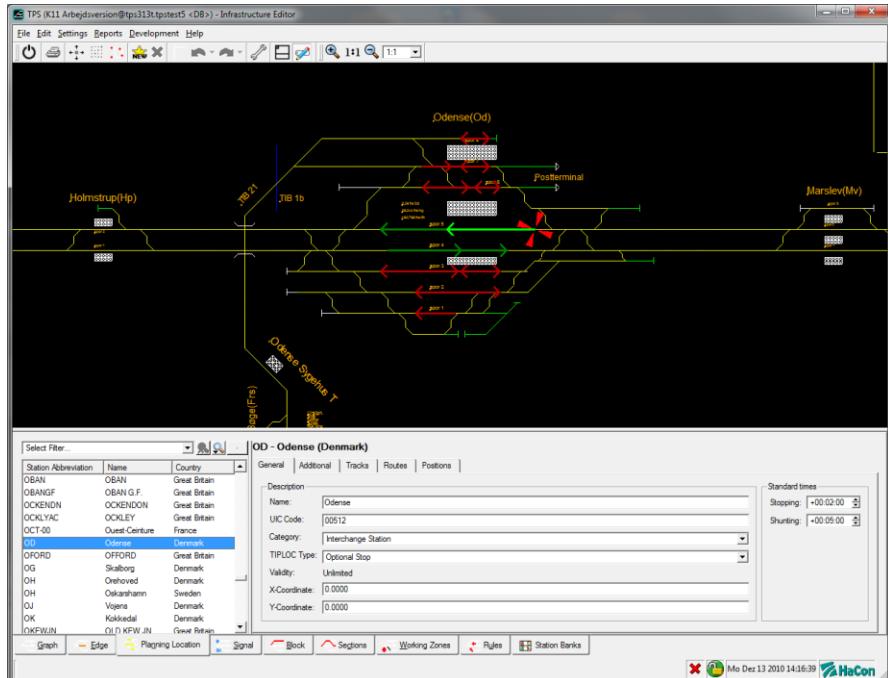


Figura 25 - Exibição detalhada de estações do Editor de Infraestrutura do software TPS

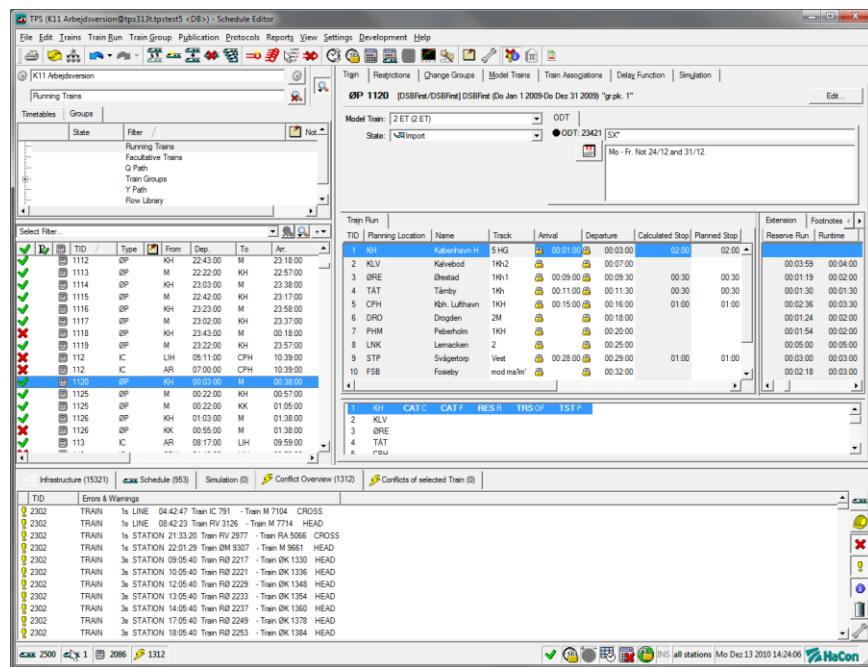
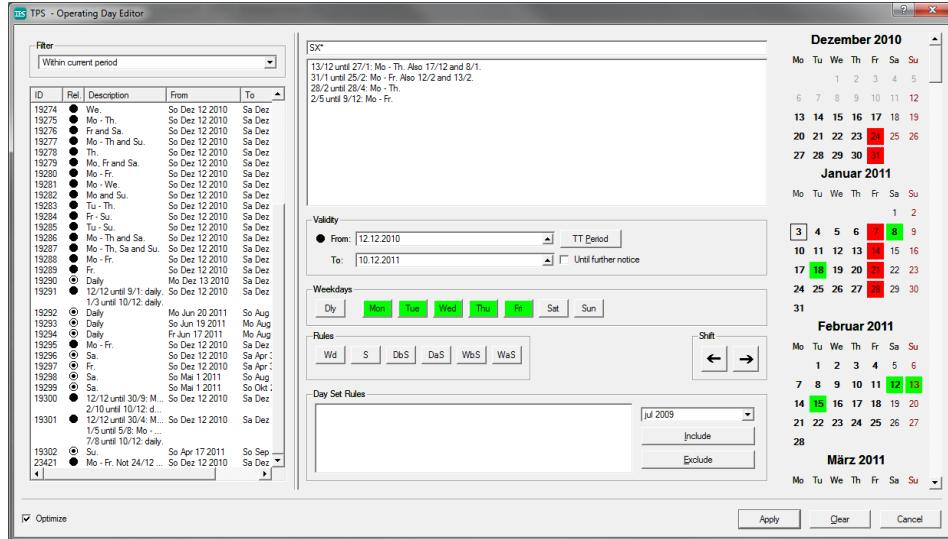
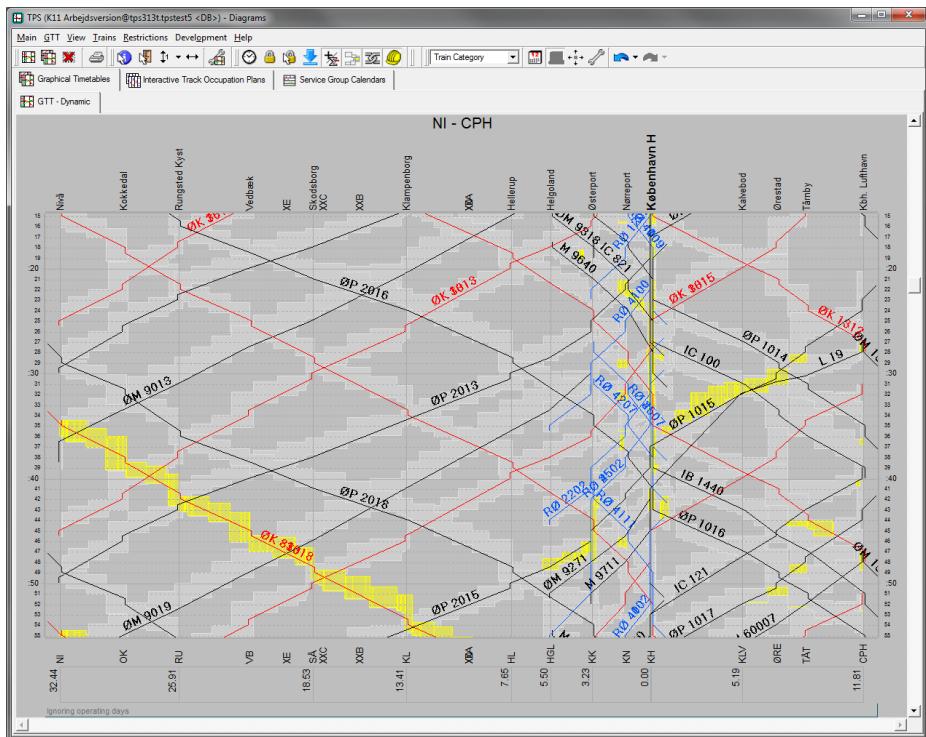


Figura 26 - Interface do usuário no editor de cronograma do software TPS



**Figura 27 - Planejamento de dias de operação do Editor de cronograma do software TPS**



**Figura 28 - Editor Gráfico Interativo com informações sobre localização dos trens ao longo do tempo de trajeto e previsão de conflitos na ocupação de espaços pelos trens**

A análise de capacidade usando TPS depende de um plano detalhado de operação, que considere a operação de formação de composições, de ultrapassagens e dos terminais, entre outros fatores relacionados à operação, pois isto irá definir a quantidade de composições que podem ser transportadas diariamente pela via, verificando se elas atendem ou não à demanda. Na fase preliminar de estudo, propõe-se obter a realização de 50 operações por dia, em ambas as direções, cujo atendimento e viabilidade terá uma análise detalhada a ser executada no software TPS, baseada na programação horária das composições.

Outro objetivo da utilização do TPS é compor uma compatibilização entre a operação nos dois trechos distintos da linha, que possuem variáveis de projeto

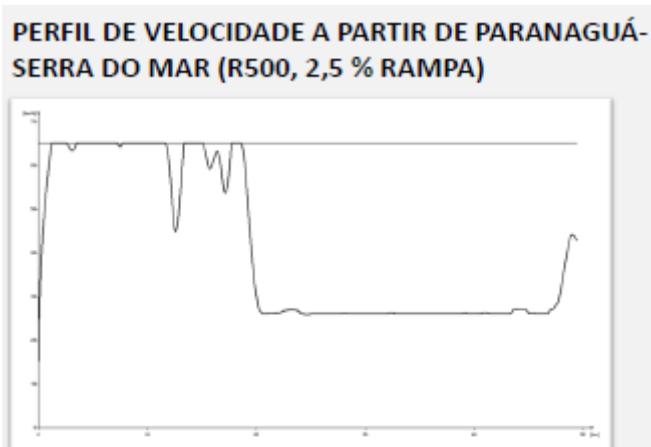
distintas, e que, por causa disso, gerarão desempenhos diferentes na operação dos trens também. Para isso, os conjuntos de trens são simulados digitalmente nas alternativas de traçado com o uso do software, e as simulações de operação geram dados de saída, os quais são analisados em um processo seletivo do melhor traçado a ser adotado. O resultado deste, por sua vez, irá alimentar a análise de demanda (com dados de tempo de viagem) e a análise econômico-financeira do empreendimento, para verificar essa viabilidade e a capacidade do sistema atender à demanda.

No estágio de análise preliminar, como o esquema de operação ainda é básico, ainda não são considerados no TPS os desvios para passagens de trem e as paradas nos terminais, que são refinamentos inseridos no modelo de operação após o esquema deste estar mais detalhado, na etapa seguinte, onde algumas alternativas já foram descartadas e são analisadas um número menor. Por outro lado, já são consideradas curvas espirais, que podem ser inseridas de forma suficientemente realista após as variáveis de projeto já terem sido refinadas e definidas pelos projetistas.

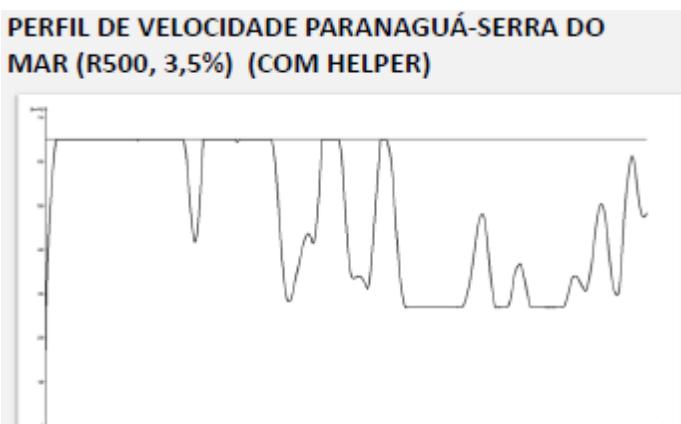
São utilizadas as variáveis de projeto mais prováveis, bem como trens-tipo com 100 vagões (um pouco acima dos 97 em projeto, a favor da segurança) e 2 locomotivas, e simulação de marcha de um trem, para verificar a viabilidade técnica do traçado. Já a simulação da capacidade será feita no detalhamento do projeto, com o refinamento do modelo de operação. Há 18 traçados preliminares a serem testados no software, como já mencionado, fruto da combinação de 6 possibilidades no trecho do interior e de 3 possibilidades no segmento da Serra do Mar. A simulação fornece resultados para cada uma como tempo de ciclo, distância total percorrida pelos trens, perfis de velocidade atuantes ao longo da linha, quantidade de energia necessária para suprir a operação, volume de combustível gasto e aspectos adicionais como a necessidade ou não de locomotivas auxiliares em determinados trechos, como pode ser observado na Tabela 22. Nas Figuras 29 e 30 são exibidos alguns resultados dos perfis de velocidades dos trens para cada trecho simulado, com base no esquema operacional fornecido ao programa.

**Tabela 22 - Resultados da simulação da operação pelo TPS das alternativas de traçado preliminar**

	Alternative	Radius	Grade	Direction	Distance(Km)	Min	Loaded	Energy			Remark	whole alignment			Cycle Time	
								MJ	MJ	Diesel (L)	Diesel (L)	Diesel (L)	Diesel (L)	min	Hour	
1	453	R500	35	D	49.32	81.02	48312	25489	1,248.03	658.45	loaded w helper	7184.3	3975.5	2130.7	35.5	
						47.00	4813	2776	124.33	71.71		6674.2	3734.9	2152.2	35.9	
2	452		25	D	49.5	103.07	44379	24692	1,146.43	637.86	loaded w helper	7082.7	3954.9	2152.2	35.9	
						46.45	3031	1683	78.30	43.48		6628.1	3706.7			
3	451		18	D	66.36	109.47	45368	25597	1,171.98	661.24	loaded w helper	7108.3	3978.2	2174.6	36.2	
						62.43	4956	2737	128.03	70.70		6677.9	3733.9			
4	433	R300	35	D	53.3	93.38	49302	25876	1,273.60	668.45	loaded w helper	7209.3	3985.4	2161.4	36.0	
						65.32	5524	3048	142.70	78.74		6692.5	3742.0			
5	432		25	D	51.15	109.90	42815	23741	1,106.02	613.29	loaded w helper	7042.3	3930.3	2175.0	36.3	
						62.45	4638	2540	119.81	65.61		6669.6	3728.8			
6	431		18	D	66.71	118.03	45312	25416	1,170.53	656.56	loaded w helper	7106.8	3973.6	2201.5	36.7	
						80.82	4949	2687	127.85	69.41		6677.7	3732.6			
7	453	R500	35	D	49.32	81.02	48312	25489	1,248.03	658.45	loaded w helper	6893.5	3891.1	1809.0	30.2	
						47.00	4813	2776	124.33	71.71		6714.3	3869.4			
8	452		25	D	49.5	103.07	44379	24692	1,146.43	637.86	loaded w helper	6791.9	3870.5	1830.5	30.5	
						46.45	3031	1683	78.30	43.48		6668.3	3841.2			
9	451		18	D	66.36	109.47	45368	25597	1,171.98	661.24	loaded w helper	6817.5	3893.9	1852.9	30.9	
						62.43	4956	2737	128.03	70.70		6718.0	3868.4			
10	433	R300	35	D	53.3	93.38	49302	25876	1,273.60	668.45	loaded w helper	6919.1	3901.1	1839.7	30.7	
						65.32	5524	3048	142.70	78.74		6732.7	3876.5			
11	432		25	D	51.15	109.90	42815	23741	1,106.02	613.29	loaded w helper	6751.5	3845.9	1853.3	30.9	
						62.45	4638	2540	119.81	65.61		6709.8	3863.3			
12	431		18	D	66.71	118.03	45312	25416	1,170.53	656.56	loaded w helper	6816.0	3889.2	1879.8	31.3	
						80.82	4949	2687	127.85	69.41		6717.8	3867.1			
13	453	R500	35	D	49.32	81.02	48312	25489	1,248.03	658.45	loaded w helper	6718.7	5710.9	1636.3	27.3	
						47.00	4813	2776	124.33	71.71		7978.0	5407.8			
14	452		25	D	49.5	103.07	44379	24692	1,146.43	637.86	loaded w helper	6817.1	5690.3	1657.8	27.6	
						46.45	3031	1683	78.30	43.48		7932.0	5379.6			
15	451		18	D	66.36	109.47	45368	25597	1,171.98	661.24	loaded w helper	6842.6	5713.7	1680.2	28.0	
						62.43	4956	2737	128.03	70.70		7981.7	5406.8			
16	433	R300	35	D	53.3	93.38	49302	25876	1,273.60	668.45	loaded w helper	6744.3	5720.9	1667.0	27.8	
						65.32	5524	3048	142.70	78.74		7996.4	5414.9			
17	432		25	D	51.15	109.90	42815	23741	1,106.02	613.29	loaded w helper	6857.7	5665.8	1680.7	28.0	
						62.45	4638	2540	119.81	65.61		7973.5	5401.7			
18	431		18	D	66.71	118.03	45312	25416	1,170.53	656.56	loaded w helper	6861.2	5709.0	1707.2	28.5	
						80.82	4949	2687	127.85	69.41		7981.5	5405.5			



**Figura 29 - Resultado da simulação da operação pelo TPS de uma das alternativas de traçado preliminar, analisando o perfil de velocidades do trem adotado no trecho**



**Figura 30 - Resultado da simulação da operação pelo TPS de uma das alternativas de traçado preliminar, analisando o perfil de velocidades do trem adotado no trecho**

Como já mencionado anteriormente, os resultados das simulações permitem uma nova análise das vantagens ou desvantagens de cada alternativa pelos projetistas, conforme visto nas imagens, cujos principais fatores de decisão sobre o melhor traçado são os custos CAPEX e OPEX. Desta forma, o software TPS cumpre seu papel de suprir os projetistas com informações para alimentar a viabilidade técnica e econômico-financeira das alternativas, auxiliando-os a definir o traçado final do projeto, que deverá atender ao maior número de níveis de exigência requeridos.

## 6 CONCLUSÕES

### 6.1 Das entrevistas realizadas

Para a obtenção de dados de fonte direta, ao todo realizamos cinco entrevistas: três com participantes do grupo 4 autorizado; uma com participante do grupo 3 autorizado; uma com uma empresa especialista em assessoria jurídica à implementação de empreendimentos de infraestrutura e construção. Ao longo das conversas, o grupo 4 nos forneceu dois materiais, relativos ao andamento dos estudos até 13 de julho, a proposta dos estudos de viabilidade, e 31 de outubro, o Volume 1 do Caderno 1 entregue, e a empresa de assessoria jurídica, um material com a lista da legislação pertinente com suas críticas.

Na primeira entrevista, em 02/04/2018, a empresa STS – Sistemas de Transportes Sustentáveis, do grupo 4, nos apresentou o andamento dos estudos até então e o que pretendiam investigar até o final do prazo.

Na segunda entrevista, em 04/05/2018, com a empresa Porto Lauand Advogados, tivemos uma aula sobre a legislação pertinente a PMI, PPP e implantação de obras de infraestrutura e uma crítica baseada na experiência da empresa sobre seus efeitos práticos. Foi uma reunião de vital importância para a elaboração dos itens sobre a legislação das Concessões, PPP e PMI.

A terceira entrevista, em 25/05/2018, realizada com a empresa Egis – Engenharia e Consultoria, nos forneceu uma visão de um projetista estrangeiro, francês, sobre o PMI. Seus comentários ajudaram a complementar nossa crítica em relação a esse procedimento.

A quarta entrevista, em 13/07/2018, novamente com a STS, nos apresentou o andamento dos estudos até então, que dessa vez haviam evoluído para uma visita técnica ao local de implantação do empreendimento e estudo preliminar de demanda com dados previamente existentes ao PMI. Também nos forneceu uma visão sobre o PMI.

A quinta entrevista, em 31/10/2018, por fim, com outra empresa do grupo 4, Pullin e Campano Consultores Associados, projetista no setor de infraestrutura de transportes, nos serviu para sanar nossas dúvidas em relação ao Volume 1 do Caderno 1 entregue ao estado do Paraná e nos dar um contexto do atual setor ferroviário no país.

Das entrevistas, concluímos também que os grupos ainda não encontraram patrocinadores. Esse tipo de busca é esperado no processo de PMI devido ao alto risco envolvido.

## 6.2 Da legislação das Concessões, PPP e PMI

Tanto a concessão comum quanto as PPP permitem, em seu processo de elaboração, a participação de autor ou responsável pelo projeto estruturante da licitação da concessão na licitação e a inversão da ordem de habilitação e julgamento, que são liberdades não permitidas na lei de licitações e contratos (L. 8.666/93). Além disso, obrigam o vencedor da licitação a ressarcir os autores ou responsáveis pelo projeto estruturante.

A PPP, em relação à concessão comum, é mais flexível ainda, pois não exige que o serviço concedido seja viável financeiramente para o setor privado. Ou seja, apresenta a possibilidade de um serviço em que as receitas são menores que os custos ser concedido com contraprestação pecuniária do parceiro público. Isso pode permitir, dependendo do caso, maior celeridade à execução e operação de obras e outros serviços.

O PMI, por sua vez, resolve o problema de eventual falta de recursos do setor público para elaborar projetos estruturantes para a licitação de concessões. Porém, seus efeitos são mais profundos: elevado risco para o participante; enviesamento dos projetos estruturantes; incentivo a cartéis e corrupção; utilização recente, com dados existentes desfavoráveis; permissão de participação do projetista na licitação; e solução da assimetria de informações se aplicado em ambientes de certeza.

Como a obrigação de ressarcimento dos projetos estruturantes é do vencedor da licitação, o poder público não é obrigado a estruturar licitação de concessão a partir de uma PMI e apenas os projetos utilizados são resarcidos, o risco para um participante é alto e duplo: o de não haver licitação ou de não haver vencedor se houver licitação; e do projeto realizado não ser escolhido. Assim, o PMI deve ser usado com cautela, em ambientes de firme segurança jurídica e boas garantias, para evitar falhas ou atrasos no andamento dos projetos.

Como é o setor privado que elabora os projetos neste processo, estes podem, em uma visão de Estado, enviesar-se, pois busca-se atender aos interesses da empresa em vez dos anseios do Estado. Essa transferência de responsabilidade pelo planejamento atribuída ao Estado para o setor privado deve ser evitada.

Do aspecto econômico, como o risco de prejuízo é elevado nesta proposta de cooperação entre setores público e privado, há um incentivo, sob a perspectiva liberal da economia, de formação de cartel e práticas de corrupção.

Outra desvantagem, por fim, é a utilização recente, que não nos permite obter conclusões detalhadas sobre os dados existentes, que até então nos mostram que uma ínfima proporção de PMI tornaram-se contratos assinados.

Porém, os aspectos positivos do PMI, se este for bem aplicado em ambientes de certeza, consistem na solução do problema de assimetria dupla de informação entre os setores público e privado, pois este não conheceria o projeto desde cedo e aquele não conheceria as características técnico-econômicas deste. Como há reuniões parciais para apresentar o andamento dos estudos desde cedo, os dois setores podem se conhecer e apresentar melhor alinhamento. Com melhor

alinhamento, eventuais conflitos são evitados e a execução e operação podem ocorrer mais cedo.

Além disso, há permissão de participação do autor ou responsável pelo projeto estruturante da licitação da concessão ou PPP eventualmente advinda da PMI na licitação, salvo disposição contrária no edital de chamamento público. Esse dispositivo é similar ao presente na legislação de PPP e concessão comum.

Considerando especificamente o projeto analisado, o Termo de Referência apresenta forte detalhamento, fornecendo maior segurança ao participante por reduzir incertezas sobre o que a administração pública requer e menor riscos de projeto em fases futuras. Porém, seu detalhamento excessivo pode também acabar reduzindo a concorrência, pois os procedimentos ou equipamentos requeridos podem se constituir em uma verdadeira barreira de entrada.

Além disso, como observamos na análise financeira, todas as alternativas de traçado apresentam NPV (Valor Presente Líquido) negativo, ou seja, a menos de um custo de oportunidade, considerando subestimadas as demandas, que diminuem as receitas, e as receitas, ao não considerar receitas não acessórias, todas as alternativas trazem prejuízo se operadas pelo setor privado.

Assim, considerando a hipótese de que esses valores estejam muito subestimados a ponto da operação da nova linha ser um negócio lucrativo, o modelo de concessão comum poderá ser utilizado. Porém, caso após análise financeira mais refinada, a ser realizada no Caderno 2, após todos os outros estudos de engenharia, ambiental e operacionais, o valor presente líquido permanecer negativo, será necessária a contratação por meio de PPP, pois exigirá aporte parcial ou total do poder público para a viabilidade financeira do projeto.

### **6.3 Complexidade da definição do traçado**

A atividade de definir o traçado final da linha envolve várias etapas e níveis de refinamento, uma vez que busca conciliar diversos fatores que, até mesmo, podem entrar em conflito entre si, a fim de se obter a alternativa que maximiza as receitas e minimiza os custos, através de um bom atendimento à demanda da linha e um esquema de operação eficiente.

A definição dos softwares corretos para modelar a topografia do terreno, definir a ocupação do solo em cada região da superfície, desenhar as alternativas de traçado e realizar as suas otimizações, é fundamental para se obter um resultado adequado. Deve ser observado que a modelagem computacional é uma ferramenta utilizada pelos projetistas para desempenhar seu papel com mais velocidade e qualidade, executando algumas tarefas que, manualmente, levariam mais tempo, mas que não é, porém, capaz de sozinha indicar os rumos que o projeto irá tomar, tarefa esta que continua cabendo aos projetistas, analisando os resultados que os softwares lhes fornecerem. Para que isto seja confiável, é preciso ter conhecimento sobre o modo de funcionamento dos softwares e garantir que os mesmos estejam utilizando as premissas de projeto corretamente para que a simulação apresente resultados fidedignos com a realidade e o nível de detalhamento desejado. Neste projeto, a

utilização do software para DTM da NASA, do QGIS para geoprocessamento, do TPS para definição das alternativas de traçado, e do software de otimização prioritária para otimização do traçado desenvolvido pela ENVIA foi considerada uma composição que atende bem ao propósito dos projetistas. Nem todos os fatores de composição de custos podem ser calibrados pelo software, apenas os de topografia e ambientais, os demais precisam ser calibrados manualmente, por exemplo, movimentos de terra e superestrutura.

Esperava-se encontrar fontes de inovações técnicas no traçado do trecho da Serra do Mar, tendo em vista que as variáveis de projeto exigentes do projeto precisavam entrar em harmonia com a complexidade do relevo no local, o que poderia utilizar atributos incomuns à construção ou à operação para se atingir esse objetivo. Apesar deste trecho continuar requerendo uma atenção maior do que o trecho do interior do ponto de vista técnico, as alternativas encontradas para a região encontraram soluções que não são, necessariamente, inovadoras, como os possíveis usos de *Helpers* ou de eletrificação da via para vencer as rampas mais íngremes na operação, e a construção de maior número de túneis e viadutos para viabilizar a construção mantendo os raios mínimos de projeto, necessários para a autorização da velocidade de projeto requerida. Desta forma, apesar de ser necessária uma definição particular de métodos construtivos e de uso de equipamentos para a viabilização do traçado na região, já há experiências anteriores quanto aos usos destes em projetos anteriores.

#### **6.4 Das questões entre modais**

O modal ferroviário apresenta, essencialmente, três grandes vocações: transporte de carga, transporte de passageiros de longo percurso e transporte urbano. No transporte de cargas, para que seja viabilizado, é necessária a existência de longas distâncias a serem realizadas e grandes volumes de mercadoria, em especial bens com baixo valor agregado, os granéis (como grãos, minérios, combustíveis, etc). Isto se deve ao fato de que o custo de implantação das ferrovias e pátios ferroviários é mais elevado que o das rodovias, de forma que esta é vantajosa no trajeto de pequenas distâncias. No Brasil, estima-se que a distância média que começa a viabilizar o transporte de produtos por modal ferroviário seja de cerca de 400 km.

Algumas das principais vantagens das ferrovias são a utilização de faixas de domínio de menores larguras que as das rodovias, reduzindo as áreas de desapropriação; uso de faixas exclusivas, que permitem operação segura e segregada, menos sujeita a acidentes e imprevistos; possibilidade de uso de alto nível de tecnologia na operação e controle da operação, assegurando segurança e velocidade adequadas; deslocamento de grandes volumes com baixo preço da tonelagem transportada; menor emissão de poluentes.

Já entre as principais desvantagens das ferrovias de carga pode-se citar o elevado custo de implantação; a necessidade de acessar o modal em pontos fixos, os terminais, utilizando no trecho até o terminal outros modais como sistemas de alimentação, rodoviário ou hidroviário; e a necessidade de se solucionar os conflitos relacionados às passagens em nível. Todas podem ser solucionadas, dependendo da elaboração de bons projetos de engenharia.

Além disso, a alocação de fluxos em vias concorrentes é mais complicada na ferrovia, pois, diferentemente das rodovias, em que é mais fácil trocar de via quando em uma há congestionamento, na linha férrea há contratos de transporte com antecedência e que têm, geralmente, prazos longos, sendo mais difícil realizar a troca de via. A rodovia, por sua vez, segundo as pesquisas da EPL, é considerada pelos transportadores mais rápida, confiável e segura que a ferrovia, perdendo apenas em custo.

Em relação à movimentação projetada no porto, a matriz origem-destino total para o modal ferroviário, incluindo a antiga e nova ferrovia prevista, projetada para 2050 para o traçado 1 de 18, com valores em toneladas anuais, consta da Tabela 23. Essa tabela, apenas, foi escolhida para a análise porque os valores para os 18 traçados não variam relevantemente, ou seja, não se alteram em ordem de magnitude.

**Tabela 23 - Matriz origem-destino total pelo modal ferroviário projetada para 2050 para o traçado 1 de 18**

2050	Dourados	Guaíra	Cascavel	Guarapuava	Lapa	Curitiba	Paranaguá	Total
Dourados	0	319.907	407.891	110.481	44.521	500.736	13.110.393	14.493.929
Guaíra	271.472	0	425.903	56.967	25.373	499.621	861.668	2.141.004
Cascavel	206.826	218.507	0	309.396	39.236	413.394	2.180.078	3.367.436
Guarapuava	68.761	64.487	187.039	0	181.791	412.777	1.397.556	2.312.411
Lapa	43.763	29.300	162.051	85.232	0	470.570	588.793	1.379.709
Curitiba	403.630	320.006	1.224.694	721.594	330.962	0	4.251.579	7.252.464
Paranaguá	660.651	428.920	1.134.709	546.691	307.171	2.832.579	0	5.910.722
Total	1.655.104	1.381.126	3.542.288	1.830.361	929.054	5.129.676	22.390.066	36.857.675

Podemos observar que a movimentação projetada para ser escoada pelo Porto de Paranaguá pelo modal ferroviário para atender aos sete terminais é 28.300.838 toneladas anuais. Esse valor advém da soma da carga recebida, 5.910.772 toneladas anuais, e da carga enviada, 22.390.066 toneladas anuais, pelo porto.

Como a expansão do porto e a nova linha ferroviária deverão caminhar juntas, na hipótese improvável de que o valor projetado de carga ferroviária movimentada pelo porto esteja realista, há o risco do projeto ser insuficiente, pois dos 100 milhões de toneladas anuais de capacidade pretendida pelo porto, apenas cerca de 28 milhões de toneladas anuais serão utilizados pelo modal ferroviário, sendo quase o total do restante, se pouco for feito para melhoria do modal hidroviário, cerca de 70 milhões de toneladas anuais, se utilizado, pelo modal rodoviário.

Porém, sabemos que a demanda apresenta valores subestimados ao menos por duas razões: as pesquisas da EPL não foram realizadas considerando a implantação de uma nova linha ferroviária, que melhora o nível de serviço, aumentando a capilaridade; as pesquisas da EPL e o método usado não consideraram, quantitativamente, o efeito da entrada de um novo sistema de transporte na região, que aumenta a concorrência, melhorando o custo e tempo de viagem e incentiva o surgimento de nova demanda, no caso a produção agrícola, próxima à linha.

Assim, na hipótese de que a demanda esteja subestimada, o projeto pode estar síncrono ou não com a capacidade pretendida pelo porto e a demanda esperada para o modal rodoviário. Caso esteja muito subestimada, com o modal ferroviário escoando próximo de 50 ou 60 milhões de toneladas anuais pelo porto, dependendo

do cenário, a ponto de a linha criar nova demanda, que agora não se consegue prever, devido à sua presença, o gargalo logístico poderá passar a ser também na baixa capacidade do porto, gerando altas filas de agendamento para o escoamento.

Como o prazo analisado é 2050, é inevitável que haja certa margem de incerteza. Assim, concordamos que as pesquisas de intercâmbio de carga devem ser aprimoradas, inclusive considerando a hipótese de implantação dessa nova linha, a fim de aumentar a precisão. Além disso, concordamos que uma extensa análise de risco deve ser feita para considerar as duas hipóteses mencionadas.

## 6.5 Da estimativa de demanda

Primeiro ponto a se destacar é que a estimativa de demanda ficou preliminar devido aos dados da EPL não consideram melhoria do nível de serviço devido a implantação de nova linha. Além disso, a pesquisa de preferência declarada não distinguiu as cargas por tamanho de carga, tipos de carga e distância da viagem, limitando o modelo preditivo de alocação modal.

Assim, foi coerente usar um modelo de previsão simples para a análise, como o logit, devido à alta imprecisão dos dados existentes, que não consideram implantação de nova linha.

Porém, já podemos perceber da análise preliminar a importância vital da variável de tempo de viagem ou velocidade em relação ao custo: como, pelos dados da EPL, o custo ferroviário é inelástico e inferior ao da rodovia, o fator da velocidade, que determina o tempo de viagem, é o mais crítico na análise de demanda. Além disso, para a análise financeira, a velocidade e tempo de viagem também influenciam as variáveis de projeto do traçado, como o raio mínimo, e o tempo de ciclo, que determina o número de trens necessários, impactando no valor do CAPEX.

Deve-se ressaltar, também, as demandas potenciais do Paraguai e da hidrovia Tietê-Paraná. A análise do potencial de demanda para o Paraguai foi levantada em estudo preliminar da EnVia, que precisa ser aprimorado. Porém, como o Paraguai está fora do escopo do estudo, não será considerado. Para a possibilidade de transferência de carga da hidrovia Tietê-Paraná no terminal de Guaíra, deve-se considerar se o potencial de transferência é grande o suficiente para retornar o investimento em um terminal multimodal.

Por fim, além da análise prévia, deve-se fazer uma análise econômica para demonstrar a viabilidade econômica do empreendimento. Deve-se considerar que o projeto deve oferecer a solução para a necessidade de expansão do Porto de Paranaguá.

## REFERÊNCIAS

AGICO. **SPECIFICATIONS OF UIC 60 STEEL RAIL.** 2018. Disponível em: <<http://www.railroadpart.com/news/specifications-of-uic-60-steel-rail.html>>. Acesso em: 05 dez. 2018.

ALL. **ALL OPERAÇÕES FERROVIÁRIAS.** 2013. Disponível em: <[https://relatoweb.com.br/all/quem\\_somos.php](https://relatoweb.com.br/all/quem_somos.php)>. Acesso em: 07 dez. 2018.

**ANTT.** Disponível em: <<http://www.antt.gov.br/>>. Acesso em: 15 dez. 2018.

BARBOSA, C. **ESTRADA DE FERRO CURITIBA-PARANAGUÁ.** 201?. Disponível em: <<http://christianbarbosa.blogspot.com/p/estrada-de-ferro-curitiba-paranagua.html>>. Acesso em: 13 dez. 2018.

BRASIL. Constituição (1988). **Presidência da República.** Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicaocompilado.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm)>. Acesso em: 23 jul. 2018.

BRASIL. Decreto-lei nº 8.428, de 2 de abril de 2015a. **Presidência da República.** Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2015/decreto/d8428.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/decreto/d8428.htm)>. Acesso em: 23 jul. 2018.

BRASIL. Lei nº 11.079, de 30 de dezembro de 2004. **Presidência da República.** Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2004/lei/L11079compilado.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/L11079compilado.htm)>. Acesso em: 23 jul. 2018.

BRASIL. Lei nº 8.987, de 13 de fevereiro de 1995. **Presidência da República.** Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L8987compilada.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L8987compilada.htm)>. Acesso em: 23 jul. 2018.

BRASIL. Lei nº 9.074, de 7 de julho de 1995. **Presidência da República.** Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L9074compilada.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9074compilada.htm)>. Acesso em: 23 jul. 2018.

EPL. **Matrizes do transporte inter-regional de carga no Brasil.** 2013. Disponível em: <<https://www.epl.gov.br/matrizes-do-transporte-inter-regional-de-carga-no-brasil>>. Acesso em: 10 dez. 2018.

EPL. **Perfil de Embarcadores e Serviços Demandados.** 2015. Disponível em: <<https://www.epl.gov.br/perfil-de-embarcadores-e-servicos-demandados>>. Acesso em: 10 dez. 2018.

Ferroeste. **MALHA FERROVIÁRIA.** 201-?. Disponível em: <<http://www.ferroeste.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=47>>. Acesso em: 07 dez. 2018.

Ferroeste. **SAIBA MAIS SOBRE O PROJETO DA NOVA FERROVIA.** 2017?. Disponível em: <<http://www.novaferroeste.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=1>>. Acesso em: 07 dez. 2018.

**G1. CADE APROVA, COM RESTRIÇÃO, FUSÃO ENTRE ALL E RUMO LOGÍSTICA.** 2015. Disponível em: <<http://g1.globo.com/economia/negocios/noticia/2015/02/cade-aprova-com-restricao-fusao-entre-all-e-rumo-logistica.html>>. Acesso em: 07 dez. 2018.

**G1. FERROVIA ESTATAL DO PARANÁ É PRESIDIDA POR EX-TRAINEE DE 25 ANOS.** 2013. Disponível em: <<http://g1.globo.com/pr/parana/noticia/2013/04/ferrovia-estatal-do-parana-e-presidida-por-ex-trainee-de-25-anos.html>>. Acesso em: 07 dez. 2018.

HaCon. **TPS.** 2018. Disponível em: <<http://www.hacon.de/tps-en/ueberblick>>. Acesso em: 10 dez. 2018.

NABAIS, R.J.S. **Manual básico de engenharia ferroviária.** São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

PAIVA, C. E. L. **Super e Infraestruturas de Ferrovias: critérios para o projeto.** 1 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016.

PARANÁ (Estado). **Anexo 1 – Termo de Referência.** 2017. Disponível em: <<http://www.novaferroeste.pr.gov.br/pagina-5.html>>. Acesso em: 23 jul. 2018.

PARANÁ (Estado). **Edital de Chamamento Público Nº 02/2017.** Disponível em: <<http://www.novaferroeste.pr.gov.br/pagina-5.html>>. Acesso em: 23 jul. 2018.

PARANÁ (Estado). **FAQ: Projetos em Fase de Elaboração.** 2018. Disponível em: <<http://www.planejamento.pr.gov.br/modules/faq/category.php?categoryid=5>>. Acesso em: 23 jul. 2018.

PARANÁ (Estado). **Plano de Desenvolvimento e Zoneamento do Porto de Paranaguá.** 2014. Disponível em: <[http://www.paranagua.pr.gov.br/imgbank2/file/plano\\_diretor/revisao/propostas/1.%20PDZ%20Porto%20de%20Paranagu%C3%A1.pdf](http://www.paranagua.pr.gov.br/imgbank2/file/plano_diretor/revisao/propostas/1.%20PDZ%20Porto%20de%20Paranagu%C3%A1.pdf)>. Acesso em 15 dez. 2018.

Patrimônio belga no Brasil. **AS OBRAS DE ENGENHARIA BELGA NA ESTRADA DE FERRO PARANAGUÁ-CURITIBA.** Disponível em: <<http://belgianclub.com.br/pt-br/efpc/obras-de-engenharia-belga-na-estrada-de-ferro-paranagu%C3%A1-curitiba>>. Acesso em: 13 dez. 2018.

**PLANO MESTRE PORTO DE PARANAGUÁ.** Disponível em: <[http://pdslitoral.com/wp-content/uploads/2018/01/Plano\\_Mestre\\_Porto\\_Paranagua.pdf](http://pdslitoral.com/wp-content/uploads/2018/01/Plano_Mestre_Porto_Paranagua.pdf)>. Acesso em: 11 dez. 2018.

**Radar PPP.** 2018. Disponível em: <<https://www.radarppp.com/>>. Acesso em: 23 jul. 2018.

ROSA, R. A. **Operação Ferroviária: planejamento, dimensionamento e acompanhamento.** 1 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

STS et al. **Produto 1 - Volume 1 - Demanda e Traçado Preliminar.** 2018a.

STS et al. **Requerimento de Autorização.** 2018b.

**TRILHO PADRÃO TR.** Disponível em: <<https://www.trilhos.com.br/trilho-padrao-tr.html>>. Acesso em: 05 dez. 2018.

**TRILHO PADRÃO UIC.** Disponível em: <<https://www.trilhos.com.br/trilho-padrao-uic.html>>. Acesso em: 05 dez. 2018.