FASE 4: CONSOLIDAÇÃO DO EVTEA-J

RELATÓRIO FINAL

VOLUME 3 – MEMÓRIA JUSTIFICATIVA

EVTEA-J **ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICO-OPERACIONAL, ECONÔMICO-FINANCEIRA, AMBIENTAL E JURÍDICO DA NOVA FERROESTE**

TRECHO: Paranaguá (PR) – Maracaju (MS)

RAMAL: Cascavel (PR) – Foz do Iguaçu (PR)

Curitiba, março de 2022.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AMV	APARELHO DE MUDANÇA DE VIA
ANTT	AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES
CONT	CONTÊINER
CPOS	COMPANHIA PAULISTA DE OBRAS E SERVIÇOS
GL	GRANEL LÍQUIDO
GSA	GRANEL SÓLIDO AGRÍCOLA
INCC-DI	ÍNDICE NACIONAL DE CUSTO DA CONSTRUÇÃO - DISPONIBILIDADE INTERNA
IPCA	ÍNDICE NACIONAL DE PREÇOS AO CONSUMIDOR AMPLO
OAE	OBRA DE ARTE ESPECIAL
RMC	RUMO MALHA CENTRAL
RMN	RUMO MALHA NORTE
SICFER	SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS FERROVIÁRIOS
SICRO	SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS
SINAPI	SISTEMA NACIONAL DE PESQUISA DE CUSTOS E ÍNDICES DA CONSTRUÇÃO CIVIL
TB	TONELADA BRUTA
THP	TREM HORA PARADA
TKB	TONELADA QUILÔMETRO BRUTA
TKU	TONELADA QUILÔMETRO ÚTIL
TU	TONELADA ÚTIL
VMA	VELOCIDADE MÁXIMA AUTORIZADA
VMC	VELOCIDADE MÉDIA COMERCIAL

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Ramp-up operacional para o período inicial da concessão. 13
Tabela 2 – Demanda total por produto em TU. 15
Tabela 3 – Ramp-up da demanda total por produto em TU. 16
Tabela 4 – Distâncias entre pátios de carga. 17
Tabela 5 – Ramp-up da demanda total por produto em TKU. 18
Tabela 6 – Demanda por terminal ferroviário (somente carga). 19
Tabela 7 – Demanda por terminal ferroviário (somente descarga). 20
Tabela 8 – Demanda por terminal ferroviário (total). 21
Tabela 9 – Demanda por terminal ferroviário de origem (somente carga). 23
Tabela 10 – Frete ferroviário a preço de mercado. 27
Tabela 11 – Frete ferroviário a preço de mercado – valores ajustados em função da conversão de unidades. 28
Tabela 12 – Tarifa de direito de passagem. 29
Tabela 13 – Receita Total da Nova FERROESTE (considerando valor 2021 da ANTT com 10% de desconto para o Frete Ferroviário) – RESUMO. 30
Tabela 14 – Receita da Nova FERROESTE com o Frete Ferroviário por Tipo de Carga/Vagão provenientes dos fluxos cativos – RESUMO. 30
Tabela 15 – Características técnicas da via permanente. 31
Tabela 16 – Comparativo entre vagões de bitola métrica e larga. 35
Tabela 17 – Vantagens e desvantagens do uso da bitola larga. 37
Tabela 18 – Vantagens e desvantagens do uso da bitola métrica. 37
Tabela 19 – Vagões utilizados por tipo de carga. 46
Tabela 20 – Características básicas dos vagões considerados. 46
Tabela 21 – Características básicas da locomotiva. 42
Tabela 22 – Consumo de combustível da locomotiva AC44i por ponto. 43
Tabela 23 – Características básicas contêiner high cube – 40'. 47
Tabela 24 – Trens-tipo adotados para a simulação operacional. 48
Tabela 25 – Demanda de cargas e fluxo de vagão por sentido - Trem-tipo 01. 48
Tabela 26 – Demanda de cargas e fluxo de vagão por sentido - Trem-tipo 02. 50
Tabela 27 – Demanda de cargas e fluxo de vagão por sentido - Trem-tipo 03. 52
Tabela 28 – Resumo dos trens-tipo considerados – linha tronco. 54
Tabela 29 – Resumo dos trens-tipo considerados – ramal. 55
Tabela 30 – Taxa de resistência de cada vagão. 61
Tabela 31 – Resistência total de cada vagão. 61
Tabela 32 – Taxa de resistência da locomotiva. 62
Tabela 33 – Plano de vias – Trecho 01. 70
Tabela 34 – Plano de vias – Trecho 02. 72
Tabela 35 – Curva de potência para diferentes trações da locomotiva AC44i. 79
Tabela 36 – Graneleiro de Exportação: Velocidade e Consumo de Combustível. 91
Tabela 37 – Graneleiro de Importação: Velocidade e Consumo de Combustível. 93
Tabela 38 – Graneleiro de Exportação - Ramal: Velocidade e Consumo de Combustível. 95
Tabela 39 – Graneleiro de Importação - Ramal: Velocidade e Consumo de Combustível. 95
Tabela 40 – Contêiner de Exportação: Velocidade e Consumo de Combustível. 96
Tabela 41 – Contêiner de Exportação - Ramal: Velocidade e Consumo de Combustível. 98
Tabela 42 – Tanque de Exportação: Velocidade e Consumo de Combustível. 98
Tabela 43 – Tanque de Importação: Velocidade e Consumo de Combustível. 100
Tabela 44 – Tanque de Importação - Ramal: Velocidade e Consumo de Combustível. 102
Tabela 45 – Capacidade da via no ano 2087 (expressa em nº de pares de trens por dia) – linha tronco. 105

Tabela 46 – Capacidade da via no ano 2087 (expressa em nº de pares de trens por dia) – ramal. *107*
Tabela 47 – Sazonalidade por produto. *109*
Tabela 48 – Tempo de carregamento e descarregamento por tipo de vagão. *109*
Tabela 49 – Premissas para o cálculo da frota de material rodante. *109*
Tabela 50 – Resumo da frota comercial por ano de operação. *112*
Tabela 51 – Tempo de Ciclo – Graneleiro de Exportação. *114*
Tabela 52 – Tempo de Ciclo – Contêiner de Exportação. *115*
Tabela 53 – Tempo de Ciclo – Tanque de Exportação. *116*
Tabela 54 – Tempo de Ciclo – Graneleiro de Importação. *117*
Tabela 55 – Tempo de Ciclo – Tanque de Importação. *117*
Tabela 56 – Quantitativos dos equipamentos dos sistemas de controle e sinalização da via. *122*
Tabela 57 – Quantitativos dos equipamentos do sistema de telecomunicações. *123*
Tabela 58 – Potência demandada de cada subestação. *124*
Tabela 59 – Quantitativos dos equipamentos do sistema de energia. *125*
Tabela 60 – Custo de aquisição de material rodante. *133*
Tabela 61 – Quantitativo e Custos Estimados de Equipamento de Via. *134*
Tabela 62 – Pátio de Cascavel. *135*
Tabela 63 – Pátio de Curitiba. *136*
Tabela 64 – Pátio de Maracaju. *136*
Tabela 65 – Custos dos Sistemas Ferroviários. *136*
Tabela 66 – Índice de reajustamento. *138*
Tabela 67 – Quadro de pessoal operacional (resumo). *139*
Tabela 68 – Custos com pessoal operacional. *140*
Tabela 69 – Referências de salário para pessoal da operação ferroviária. *141*
Tabela 70 – Premissas dos custos fixos de manutenção. *143*
Tabela 71 – Custos fixos de manutenção (resumo). *144*
Tabela 72 – Custos operacionais variáveis (premissas). *146*
Tabela 73 – Custos operacionais variáveis da Nova FERROESTE. *147*
Tabela 74 – Outros custos (premissas). *148*
Tabela 75 – Outros custos. *149*
Tabela 76 – Quadro de pessoal administrativo (resumo). *151*
Tabela 77 – Custos operacionais com pessoal administrativo. *152*
Tabela 78 – Referências de salário para pessoal da administração ferroviária. *154*
Tabela 79 – Custos operacionais da Nova FERROESTE ao longo das fases de implantação (Resumo). *156*
Tabela 80 – Produção em Tonelada Útil e Tonelada Quilômetro Útil e Distância Média. *157*
Tabela 81 – Produto médio e Receita de Transporte. *157*
Tabela 82 – Velocidade média comercial por trecho (km/h) *158*
Tabela 83 – Tráfego de pares de trens por dia por trecho. *159*
Tabela 84 – Consumo médio de combustível por trecho – Trem-tipo Graneleiro de Exportação. *159*
Tabela 85 – Consumo médio de combustível por trecho – Trem-tipo Graneleiro de Importação. *160*
Tabela 86 – Consumo médio de combustível por trecho – Trem-tipo Contêiner de Exportação. *160*
Tabela 87 – Consumo médio de combustível por trecho – Trem-tipo Tanque de Exportação. *161*
Tabela 88 – Consumo médio de combustível por trecho – Trem-tipo Tanque de Importação. *161*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma das atividades do estudo operacional. 9
Figura 2 – Gráfico linha da demanda por terminal ferroviário (somente carga). 19
Figura 3 – Gráfico linha da demanda por terminal ferroviário (somente descarga) 20
Figura 4 – Gráfico linha da demanda total por terminal ferroviário (carga e descarga). 22
Figura 5 – Ferrovias construídas até 1975. 33
Figura 6 – Ferrovias construídas após 1975. 34
Figura 7 – Principais ferrovias em obra ou em estudo. 34
Figura 8 – Comparativo entre bitolas: cenário até 1975 e cenário atual. 35
Figura 9 – Resultados do comparativo de bitolas. 36
Figura 10 – Saturação na linha para ensaio em Bitola Métrica (todos os anos) 38
Figura 11 - Saturação na linha para Bitola Larga (todos os anos). 39
Figura 12 – Critério de segurança: forças atuantes. 40
Figura 13 – Critério de conforto: forças atuantes. 41
Figura 14 – Curva do esforço de tração. 44
Figura 15 – Curva de frenagem dinâmica. 45
Figura 16 – Localização dos pátios de cruzamento. 73
Figura 17 - Tela do software SimulaFFCC (1) 75
Figura 18 - Tela do software SimulaFFCC (2) 76
Figura 19 – Interpretação da curva do esforço de tração. 80
Figura 20 – Gráfico de velocidade: Graneleiro de Exportação – carregado. 82
Figura 21 – Gráfico de velocidade: Graneleiro de Exportação – vazio. 82
Figura 22 – Gráfico de velocidade: Graneleiro de Importação – carregado. 83
Figura 23 – Gráfico de velocidade: Graneleiro de Exportação Ramal – carregado 84
Figura 24 – Gráfico de velocidade: Graneleiro de Exportação Ramal – vazio. 84
Figura 25 – Gráfico de velocidade: Graneleiro de Importação Ramal – carregado. 85
Figura 26 – Gráfico de velocidade: Graneleiro de Importação Ramal– vazio. 85
Figura 27 – Gráfico de velocidade: Contêiner de Exportação – carregado. 86
Figura 28 – Gráfico de velocidade: Contêiner de Exportação – vazio. 86
Figura 29 – Gráfico de velocidade: Contêiner de Exportação Ramal – carregado. 87
Figura 30 – Gráfico de velocidade: Contêiner de Exportação Ramal – vazio. 87
Figura 31 – Gráfico de velocidade: Tanque de Exportação – carregado. 88
Figura 32 – Gráfico de velocidade: Tanque de Exportação – vazio. 88
Figura 33 – Gráfico de velocidade: Tanque de Importação – carregado. 89
Figura 34 – Gráfico de velocidade: Tanque de Importação – vazio. 89
Figura 35 – Gráfico de velocidade: Tanque de Importação Ramal – carregado. 90
Figura 36 – Gráfico de velocidade: Tanque de Importação Ramal– vazio. 90
Figura 37 - Saturação na linha (todos os anos). 107
Figura 38 – Tempo total de locomotivas e vagões. 108
Figura 39 – Número de locomotivas dia. 108
Figura 40 – Número total de vagões e locomotivas. 108
Figura 41 – Sinalização da linha e pátios. 121
Figura 42 – Esquema do Sistema de Energia proposto. 126
Figura 43 – Caracterização física e operacional da ferrovia. 129

SUMÁRIO

1 APRESENTAÇÃO 8

2 OBJETIVOS 9

3 ESTUDOS OPERACIONAIS 11

3.1 ANÁLISE DA DEMANDA DE TRANSPORTE 12
3.1.1 Demandas Previstas 12
3.1.2 Matriz de Distâncias 14
3.1.3 Produção Prevista 14
3.2 RECEITA OPERACIONAL 25
3.2.1 Receita de Frete e Direito de Passagem 25
3.2.2 Outras Receitas 29
3.2.3 Receita Total 29
3.3 CARACTERÍSTICAS GERAIS DA FERROVIA 31
3.3.1 Características Geométricas da Via 31
3.3.2 Comparativo entre Bitolas 33
3.3.3 Características Geométricas Limitantes 40
3.3.3.1 Critério de Segurança 40
3.3.3.2 Critério de Conforto 41
3.3.4 Características Básicas do Material Rodante 42
3.3.4.1 Vagões 42
3.3.4.2 Locomotiva 42
3.3.4.3 Contêiner 47
3.3.5 Trens-Tipo Propostos 47
3.3.5.1 Trem-Tipo 01 - Vagões HTT 48
3.3.5.2 Trem-Tipo 02 – Vagões PRT 50
3.3.5.3 Trem-Tipo 03 - Vagões TCT 52
3.3.5.4 Resumo dos Trens-Tipo Considerados 54
3.3.6 Verificação dos Trens-Tipo Propostos 55
3.3.6.1 Resistências 56
3.3.6.2 Características do Material de Tração e Carga Rebocada 63
3.3.6.3 Cálculo da Quantidade de Locomotiva Necessária para cada Trem-Tipo 65
3.3.6.4 Cálculo da Quantidade de Vagões 67
3.4 INTEROPERABILIDADE 69
3.5 PLANO DE VIAS 70
3.6 SIMULAÇÃO 74
3.6.1 Considerações Gerais sobre o Processo de Simulação Operacional 74
3.6.2 Desenvolvimento do Processo de Simulação 75
3.6.3 Resultado da Simulação 81
3.7 CAPACIDADE DA VIA 103
3.7.1 Premissas de Cálculo 103
3.7.2 RESULTADOS OBTIDOS 104
3.8 FROTA DE MATERIAL RODANTE 108
3.8.1 Premissas de Cálculo 108
3.9 SISTEMAS DE SINALIZAÇÃO, TELECOMUNICAÇÕES E ENERGIA 118
3.9.1 Sistema de Licenciamento 118
3.9.2 Sistemas de Sinalização 119
3.9.3 Sistemas de Telecomunicações 122
3.9.4 Sistema de Energia 123

3.9.5 Centro de Controle Operacional (CCO) ... 127
3.10 SISTEMAS DE APOIO À MANUTENÇÃO DO MATERIAL RODANTE ... 128
3.10.1 Sede/CCO e Administração Central ... 128
3.10.2 Administração Local ... 128
3.10.3 Oficina de Manutenção Pesada ... 131
3.10.4 Estaleiro de Solda ... 131
3.10.5 Residência de Manutenção da Via e Meio AMbiente ... 131
3.10.5.1 Manutenção Programada ... 131
3.10.5.2 Manutenção Corretiva ... 132
3.10.5.3 Trens de Serviço ... 132
3.10.6 Posto de Abastecimento ... 132
3.10.7 Posto de Troca de Equipagem ... 132
3.11 CUSTOS E DESPESAS OPERACIONAIS ... 133
3.11.1 Investimentos ... 133
3.11.1.1 Material Rodante ... 133
3.11.1.2 Edificação de Pátios ... 135
3.11.1.3 Sistemas Ferroviários ... 136
3.11.2 Custos Operacionais – Fixos ... 138
3.11.2.1 Custo com Pessoal ... 138
3.11.2.2 Custos Fixos de Manutenção ... 142
3.11.3 Custos Operacionais – Variáveis ... 145
3.11.4 Outros Custos ... 148
3.11.5 Despesas Administrativas ... 150
3.11.6 Resumo dos Custos ... 155
3.12 PRINCIPAIS RESULTADOS DO ESTUDO ... 157
4 REFERÊNCIAS ... 162

1 APRESENTAÇÃO

O Consórcio formado pelas empresas TPF GETINSA EUROESTUDIOS, TPF ENGENHARIA LTDA e SENER SETEPLA TECNOMETAL ENGENHARIA E SISTEMAS S.A., também intitulado de Consórcio TPF-SENER, este vencedor do processo licitatório de Concorrência Nº 040/2019 DER/DT - SDP Nº 018/2019 DER/DT para contratação de empresa de consultoria para Elaboração de Estudo de Viabilidade Técnico-Operacional, Econômico-Financeira, Ambiental e Jurídico para implantação e/ou readequação de ferrovia no trecho compreendido entre Maracaju (MS) – Guaíra (PR), Cascavel (PR), Guarapuava (PR) e Paranaguá (PR), e do Ramal Cascavel – Foz do Iguaçu, numa extensão aproximada de 1.370 km, vem apresentar o **Tomo VIII – Estudos Operacionais** do **Volume 3 – Memória Justificativa** referente à **FASE 04** dos estudos de viabilidade.

A apresentação do referido estudo é composta dos seguintes volumes, conforme a relação a seguir:

- Volume 1 – Relatório do Estudo
- Volume 2 – Desenhos de Engenharia
- Volume 3 – Memória Justificativa
  - Tomo I – Estudos de Demanda
  - Tomo II – Identificação e Seleção das Alternativas de Traçado
  - Tomo III – Estudos Ambientais
  - Tomo IV – Estudos de Engenharia
  - Tomo V – Estudos de Engenharia – Estudos Topográficos
  - Tomo VI – Estudos de Engenharia – Estudos Hidrológicos-Hidráulicos
  - Tomo VII – Estudos de Engenharia – Estudos Geológicos-Geotécnicos
  - **Tomo VIII – Estudos Operacionais**
  - Tomo IX – Estudos Operacionais – Planilhas dos Estudos Operacionais
  - Tomo X – Estudos Operacionais – Simulação Operacional
  - Tomo XI – Estudos Jurídicos
  - Tomo XII – Estudos Socioeconômicos e de Externalidades
  - Tomo XIII – Relatório de Imagens
- Volume 4 – Avaliação Econômico-financeira e de Riscos
- Volume 4A – Orçamento/CAPEX
- Volume 5 – Relatório de Imagens

2 OBJETIVOS

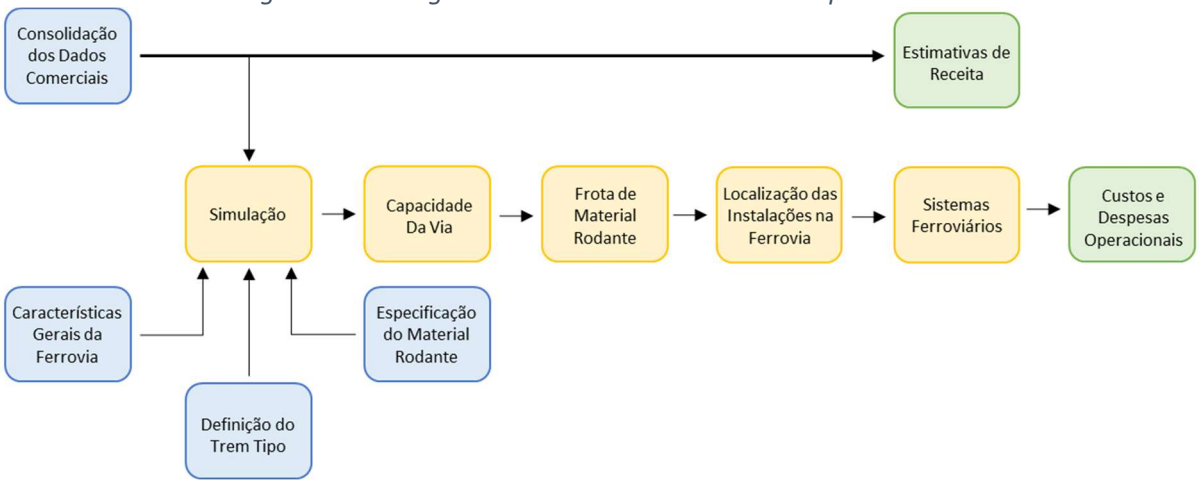
O relatório em questão, intitulado Estudos Operacionais, tem como objetivo dimensionar os fatores determinantes das receitas, despesas operacionais e custos dos investimentos do *modus operandi* da futura ferrovia e o cálculo de sua capacidade de transporte, por meio do processo de simulação de desempenho de trens e, também, do projeto conceitual dos sistemas de segurança e licenciamento dos trens.

Com base nas informações sobre os fluxos e sobre as características das cargas, provenientes dos estudos de demanda, e nas resistências acidentais pontuais (curva e rampa) e as extensões de percurso, provenientes dos estudos geométricos, foi possível realizar a simulação. Os tipos de vagões e locomotivas foram definidos com base nessas características das cargas e nas resistências acidentais.

Para estimar os tempos de percurso e o consumo de combustível para cada trem tipo realizou-se a simulação de marcha, apresentada no item 3.6. Essas informações foram *inputs* para quantificar a necessidade de material rodante e o consumo total de combustível necessários para atender à demanda.

A *Figura 1* apresenta o fluxograma das atividades do estudo operacional.

Figura 1 – Fluxograma das atividades do estudo operacional.



Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Resumidamente, durante os Estudos Operacionais dimensionou-se e apresentam-se os seguintes itens:

- Dimensionamento e estabelecimento das características físicas da via permanente e do material rodante, entre eles a localização dos desvios de cruzamento;
- Definição dos sistemas e de seus respectivos investimentos, relativos à sinalização, energia, Centro de Controle Operacional (CCO), entre outros;
- Previsão de produção do material rodante da frota comercial por fluxo de produto-origem-destino (POD);
- Determinação do material rodante da frota comercial por fluxo POD;
- Previsão para a operação de trens em serviço interno;
- Estabelecimento dos parâmetros da operação ferroviária, com base na simulação do desempenho de trens, destacando-se, obrigatoriamente, as velocidades médias de

circulação dos trens, os tempos de percursos entre os desvios de cruzamentos, o desempenho e o consumo de combustível das locomotivas, por fluxo POD;

- Cálculo da capacidade de tráfego (vazão) da via em número de trens/dia,
- Indicação de localização para implantação de oficinas e demais instalações de apoio à manutenção do material rodante, dos equipamentos de via e das equipes de socorros, com definição das áreas mínimas necessárias;
- Indicação de localização dos dormitórios de equipagens de locomotivas e do prédio de administração com o CCO.

Com isso, é possível obter dados e informações que serviram de subsídio para uma avaliação econômica e financeira do empreendimento.

3 ESTUDOS OPERACIONAIS

3.1.1 DEMANDAS PREVISTAS

A análise da demanda de transporte visa reproduzir os dados de demanda em tonelada útil (TU), resultado dos Estudos de Demanda, e calcular a produção da ferrovia (TKU) para a Nova FERROESTE. Apresentou-se nos Estudos de Demanda a demanda de transporte para os seguintes produtos:

- Açúcar;
- Adubos (Fertilizantes);
- Milho;
- Soja;
- Farelo de Soja;
- Trigo;
- Petróleo e derivados;
- Óleo de Soja;
- Carnes e Miudezas;
- Obras de Papel;
- Obras de Madeira.

Para cada um desses produtos foi projetado, no horizonte de tempo (2030 a 2087), o volume a ser transportado pela ferrovia, em função das respectivas origens e destinos.

A síntese dos resultados está disposta na *Tabela 2*. As tabelas completas, com os volumes de carga transportadas por subtrecho, constam no **Tomo IX – Estudos Operacionais – Planilhas dos Estudos Operacionais** do presente volume.

Após a definição dos volumes capturáveis pela ferrovia, foi atribuído um *ramp-up* operacional para atendimento dos primeiros anos de concessão, em função do faseamento proposto para implantação da nova ferrovia. Tal faseamento almeja uma adequação entre a estimativa de carga dimensionada no estudo de demanda, o equilíbrio no fluxo de caixa no projeto – com previsão de receita no início da concessão, e a não paralização da ferrovia existente. Para esse cenário foi previsto um *ramp-up* limitado a três condições de contorno: 1) aporte de carga de 50%, 80% e 100% nos três anos consecutivos à implantação de determinado segmento ferroviário; 2) transbordo de uma fração das cargas (14% a 28%) da zona de tráfego de Foz do Iguaçu no terminal de Cascavel, após a conclusão da FASE 01; 3) transbordo parcial das cargas (30%) das zonas de tráfego do Mato Grosso do Sul no terminal de Guaíra, após a conclusão da FASE 02.

Para a primeira condição de contorno se entende que a soma do período de projeto e de implantação da FASE 01, correspondente a 7 anos, permite uma série de tratativas comerciais visando a migração das cargas na área de influência do projeto para a Nova FERROESTE. O valor de 50% para o *ramp-up* inicial, após esse longo período, é considerado como conservador e aderente à percepção dos principais produtores da região de influência direta do empreendimento.

No tocante a segunda condição de contorno considerou-se que a partir da implantação da FASE 01 uma fatia considerável das cargas da zona de tráfego de Foz do Iguaçu será atraída para o terminal de

Cascavel, realizando o transbordo rodoviário e consequente transporte nos trilhos da Nova FERROESTE. Essa condição está fundamentada na interseção entre as zonas de tráfego de Cascavel e Foz do Iguaçu com base num raio de 200 km de atratividade de carga da localização geográfica do terminal de Cascavel. Essa interseção indica que 28% das cargas da zona de tráfego de Foz do Iguaçu são atraídas para o terminal de Cascavel. Sobre esse percentual de atração aplicou-se o mesmo parâmetro da primeira condição de contorno, o crescimento de 50%, 80% e 100% resultando em um ramp-up nos valores de 14%, 22% e 28%, referente aos anos de 2030, 2031 e 2032 respectivamente. A conclusão da implantação do Ramal de Cascavel a Foz do Iguaçu, FASE 04 do empreendimento, está prevista para o ano de 2041 devido a análises econômico-financeiras para obtenção de melhor geração de valor para o projeto, no entanto, isso não inviabiliza o transporte inicial de parte dessas cargas. É em consequência desta análise que esta segunda condição de contorno foi originada.

Por fim, o mesmo conceito se aplica às cargas do Mato Grosso do Sul após a conclusão da FASE 02 (trecho Guaíra - Cascavel). As cargas oriundas das zonas de tráfego de Maracaju e Amambai são majoritariamente de exportação, destinadas ao Porto de Paranaguá, em especial a carga mais importante da ferrovia, *a soja*. Com a FASE 02 concluída ter-se-á cerca de 808 km de ferrovia construída, o que equivale a 71% da extensão da linha tronco, gerando uma força de atração preferencial para o modal ferroviário devido a longa distância entre a origem e o destino do produto. Nesse sentido adotou-se o percentual, bastante conservador, para o transbordo rodoviário-ferroviário dessas cargas no terminal de Guaíra no valor de 30% - no ano de 2031, término da implantação deste segmento ferroviário.

Na tabela a seguir é apresentado o *ramp-up* operacional para o período inicial da concessão:

Tabela 1 – Ramp-up operacional para o período inicial da concessão.

ANO	Zonas de Tráfego				
	Cascavel a Paranaguá	Guaíra - Cascavel	Maracaju - Guaíra	Cascavel - Foz do Iguaçu	Carga Total (ton)
2030	50%	-	-	14%	13.117.143,99
2031	80%	50%	30%	22%	30.405.807,29
2032	100%	80%	50%	28%	42.828.963,73
2033	100%	100%	80%	28%	51.684.938,36
2034	100%	100%	100%	28%	57.548.392,18
2035-2041	100%	100%	100%	28%	Variável[1]
2042	100%	100%	100%	50%	69.722.130,09
2043	100%	100%	100%	80%	71.587.268,87
2046	100%	100%	100%	100%	73.023.452,46

Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

[1] refere-se a taxa de crescimento apresentada e fundamentada no *Estudo de Demanda, ou seja, representa valores anuais entre 57 e 69 milhões de toneladas de carga.*

Estimar com precisão o comportamento da demanda é, em si, um grande desafio. Grande parte da ferrovia em estudo trata-se de novos trechos a serem implantados, configurando uma solução logística antes inexistente, mas que já é objeto de interesse do setor produtivo dos estados do Paraná e do

Mato Grosso do Sul. Salienta-se ainda que o comportamento da demanda também dependerá das estratégias e poder de negociação do concessionário para atração de cargas.

3.1.2 MATRIZ DE DISTÂNCIAS

Para operacionalizar a movimentação de cargas, tomou-se como base as distâncias entre os pátios de carga transcritos na *Tabela 4.*

3.1.3 PRODUÇÃO PREVISTA

A partir da demanda constante na *Tabela 3* e da matriz de distâncias, *Tabela 4*, calculou-se a produção da ferrovia em TKU de todos os produtos (*Tabela 5*).

Também são apresentadas em sequência a distribuição da demanda por terminais ferroviários nas situações de somente carga, somente descarga e total, nos terminais especificados (*Tabela 6*, *Tabela 7* e *Tabela 8*, respectivamente). Por fim, a *Tabela 9* apresenta a demanda por terminal de origem detalhando o tipo de carga.

Tabela 2 – Demanda total por produto em TU.

PRODUTO	TIPO DE CARGA	DEMANDA POR ANO (TU)						
		2030	2040	2050	2060	2070	2080	2087
AÇÚCAR	GSA[1]	1.910.732,47	2.463.044,00	2.776.306,56	2.938.751,95	3.024.552,16	3.076.824,26	3.101.977,09
MILHO	GSA[1]	15.584.538,31	19.710.402,01	22.338.063,27	24.228.014,13	25.477.632,14	26.392.445,63	26.878.813,77
SOJA	GSA[1]	15.555.392,84	20.337.966,04	22.098.333,64	23.214.175,89	23.830.593,22	24.245.181,29	24.461.991,66
TRIGO	GSA[1]	317.929,30	360.875,05	386.453,85	402.218,20	412.926,19	420.682,68	424.893,70
FARELO DE SOJA	GSA[1]	6.484.321,21	8.678.234,10	9.632.306,91	10.196.340,70	10.489.307,75	10.671.613,52	10.761.621,67
ADUBOS (FERTILIZANTES)	GSA[1]	1.773.981,37	2.402.118,57	2.285.821,91	2.175.155,65	2.069.847,21	1.969.637,20	1.903.581,00
PETRÓLEO E DERIVADOS	GL[2]	6.360.306,39	7.308.121,04	7.745.531,26	7.925.290,29	7.995.611,04	8.022.586,88	8.030.737,51
ÓLEO DE SOJA	GL[2]	1.142.805,21	1.523.470,87	1.712.445,47	1.820.968,68	1.874.079,82	1.905.201,18	1.919.823,00
CARNES E MIUDEZAS	CONT[3]	3.344.530,05	4.271.082,77	4.916.876,30	5.436.258,36	5.858.186,77	6.241.069,93	6.487.026,47
OBRAS DE MADEIRA	CONT[3]	1.305.250,60	1.567.881,09	1.668.847,78	1.724.472,57	1.745.789,70	1.756.746,20	1.759.867,63
OBRAS DE PAPEL	CONT[3]	92.011,66	105.131,00	111.605,48	115.240,92	116.620,68	117.265,79	117.480,41
TOTAL POR ANO		53.871.799,43	68.728.326,54	75.672.592,45	80.176.887,36	82.895.146,68	84.819.254,55	85.847.813,90

Legenda: GSA[1]: granel sólido agrícola; GL[2]: granel líquido; CONT[3]: contêiner.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Tabela 3 – Ramp-up da demanda total por produto em TU.

PRODUTO	TIPO DE CARGA	DEMANDA POR ANO – RAMP-UP (TU)								
		2030	2033	2040	2044	2050	2060	2070	2080	2087
AÇÚCAR	GSA[1]	136.189,81	1.678.637,90	2.221.785,09	2.443.215,61	2.776.306,56	2.938.751,95	3.024.552,16	3.076.824,26	3.101.977,09
MILHO	GSA[1]	2.524.377,82	14.037.124,77	18.545.647,72	19.997.402,35	22.338.063,27	24.228.014,13	25.477.632,14	26.392.445,63	26.878.813,77
SOJA	GSA[1]	3.774.621,42	14.880.115,86	19.456.495,72	20.468.123,43	22.098.333,64	23.214.175,89	23.830.593,22	24.245.181,29	24.461.991,66
TRIGO	GSA[1]	95.101,44	287.942,06	337.278,95	355.823,29	386.453,85	402.218,20	412.926,19	420.682,68	424.893,70
FARELO DE SOJA	GSA[1]	1.272.376,09	6.267.876,59	8.678.234,10	9.095.144,87	9.632.306,91	10.196.340,70	10.489.307,75	10.671.613,52	10.761.621,67
ADUBOS (FERTILIZANTES)	GSA[1]	437.497,87	2.264.594,37	2.375.244,68	2.336.610,61	2.285.821,91	2.175.155,65	2.069.847,21	1.969.637,20	1.903.581,00
PETRÓLEO E DERIVADOS	GL[2]	2.944.300,00	6.320.130,27	6.878.946,44	7.221.311,76	7.745.531,26	7.925.290,29	7.995.611,04	8.022.586,88	8.030.737,51
ÓLEO DE SOJA	GL[2]	145.014,93	1.072.203,50	1.523.470,87	1.607.342,25	1.712.445,47	1.820.968,68	1.874.079,82	1.905.201,18	1.919.823,00
CARNES E MIUDEZAS	CONT[3]	1.103.570,51	3.394.029,40	4.186.958,20	4.477.926,42	4.916.876,30	5.436.258,36	5.858.186,77	6.241.069,93	6.487.026,47
OBRAS DE MADEIRA	CONT[3]	638.088,26	1.386.537,28	1.567.881,09	1.611.334,05	1.668.847,78	1.724.472,57	1.745.789,70	1.756.746,20	1.759.867,63
OBRAS DE PAPEL	CONT[3]	46.005,83	95.746,35	105.131,00	107.895,45	111.605,48	115.240,92	116.620,68	117.265,79	117.480,41
TOTAL POR ANO		13.117.143,99	51.684.938,36	65.877.073,84	69.722.130,09	75.672.592,45	80.176.887,36	82.895.146,68	84.819.254,55	85.847.813,90

Legenda: GSA[1]: granel sólido agrícola; GL[2]: granel líquido; CONT[3]: contêiner.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Tabela 4 – Distâncias entre pátios de carga.

EXPORTAÇÃO/ IMPORTAÇÃO		DISTÂNCIA (m)								
		ORIGEM								
DESTINO		Maracaju	Amambai	Guaíra	Foz do Iguaçu	Cascavel	Guarapuava	Balsa Nova	Curitiba	Paranaguá
	Maracaju		172.425,00	334.625,00	658.980,00	508.890,00	740.874,27	951.951,77	1.036.081,77	1.122.831,77
	Amambai	172.425,00		162.200,00	486.555,00	336.465,00	568.449,27	779.526,77	863.656,77	950.406,77
	Guaíra	334.625,00	162.200,00		324.355,00	174.265,00	406.249,27	617.326,77	701.456,77	788.206,77
	Foz do Iguaçu	658.980,00	486.555,00	324.355,00		150.090,00	382.074,27	593.151,77	677.281,77	764.031,77
	Cascavel	508.890,00	336.465,00	174.265,00	150.090,00		231.984,27	443.061,77	527.191,77	613.941,77
	Guarapuava	740.874,27	568.449,27	406.249,27	382.074,27	231.984,27		211.077,50	295.207,50	381.957,50
	Balsa Nova	951.951,77	779.526,77	617.326,77	593.151,77	443.061,77	211.077,50		84.130,00	170.880,00
	Curitiba	1.036.081,77	863.656,77	701.456,77	677.281,77	527.191,77	295.207,50	84.130,00		86.750,00
	Paranaguá	1.122.831,77	950.406,77	788.206,77	764.031,77	613.941,77	381.957,50	170.880,00	86.750,00	

Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Tabela 5 – Ramp-up da demanda total por produto em TKU.

PRODUTO	TIPO DE CARGA	DEMANDA POR ANO – RAMP-UP (TKU)								
		2030	2033	2040	2044	2050	2060	2070	2080	2087
AÇÚCAR	GSA[1]	70.788.714,38	1.381.425.312,02	1.869.310.038,64	2.049.301.822,66	2.313.793.333,23	2.441.299.606,60	2.503.311.455,43	2.539.509.291,82	2.556.667.477,26
MILHO	GSA[1]	1.243.554.009,52	9.876.626.799,12	13.498.460.160,71	14.547.210.875,12	16.211.180.146,80	17.555.104.550,67	18.424.332.782,46	19.062.344.611,76	19.403.784.756,00
SOJA	GSA[1]	1.770.010.567,87	9.929.349.461,28	13.369.277.953,77	14.187.307.434,89	15.460.497.136,73	16.312.391.929,43	16.751.960.511,52	17.027.927.428,47	17.165.368.614,03
TRIGO	GSA[1]	53.011.347,68	210.674.435,16	262.496.263,24	278.245.385,25	302.871.481,20	314.239.244,24	321.216.714,44	325.985.733,12	329.248.845,84
FARELO DE SOJA	GSA[1]	638.254.892,72	4.514.409.354,31	6.418.370.754,92	6.767.927.127,43	7.208.433.137,11	7.658.901.784,38	7.882.028.298,51	8.013.389.088,76	8.075.358.860,72
ADUBOS (FERTILIZANTES)	GSA[1]	204.565.176,22	1.591.621.854,18	1.728.807.325,05	1.702.516.827,96	1.666.139.574,81	1.585.474.747,79	1.508.715.244,44	1.435.671.991,60	1.387.523.511,44
PETRÓLEO E DERIVADOS	GL[2]	1.345.289.748,45	2.912.941.331,54	3.170.499.109,67	3.376.132.614,90	3.670.643.954,81	3.755.832.607,99	3.789.157.943,48	3.801.941.924,32	3.805.804.545,01
ÓLEO DE SOJA	GL[2]	40.084.845,72	886.351.170,72	1.306.053.344,04	1.389.407.900,53	1.490.694.643,28	1.592.127.632,90	1.639.404.025,99	1.665.087.265,49	1.676.327.380,41
CARNES E MIUDEZAS	CONT[3]	572.732.576,45	2.046.607.447,10	2.579.580.897,15	2.768.148.137,70	3.060.221.534,26	3.427.748.558,61	3.747.447.259,12	4.049.577.393,78	4.248.821.008,40
OBRAS DE MADEIRA	CONT[3]	228.285.958,34	507.105.471,11	573.607.868,45	589.450.295,92	610.412.836,21	630.733.079,64	638.584.235,40	642.648.682,77	643.802.029,96
OBRAS DE PAPEL	CONT[3]	20.903.772,38	43.504.484,53	47.750.383,91	49.005.995,76	50.686.361,99	52.332.529,81	52.959.099,03	53.252.049,57	53.349.513,25
TOTAL POR ANO		6.187.481.609,72	33.900.617.121,07	44.824.214.099,55	47.704.654.418,13	52.045.574.140,43	55.326.186.272,05	57.259.117.569,81	58.617.335.461,46	59.346.056.542,31

Legenda: GSA[1]: granel sólido agrícola; GL[2]: granel líquido; CONT[3]: contêiner.

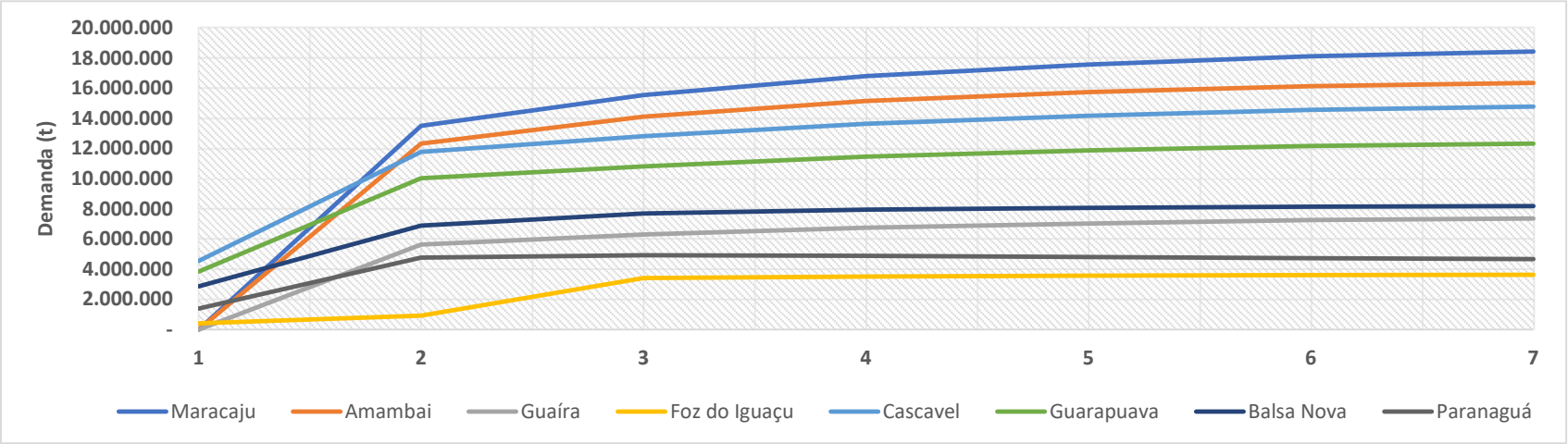
Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Tabela 6 – Demanda por terminal ferroviário (somente carga).

TERMINAL DE ORIGEM	DEMANDA POR TERMINAL FERROVIÁRIO (SOMENTE CARGA)						
	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2087
Maracaju	-	13.519.619,06	15.560.328,43	16.811.980,31	17.576.292,31	18.134.713,89	18.447.500,80
Amambai	-	12.327.974,37	14.114.126,20	15.162.797,03	15.753.956,46	16.154.256,88	16.366.387,64
Guaíra	-	5.642.365,45	6.296.998,49	6.745.534,09	7.038.569,69	7.258.673,69	7.381.952,57
Foz do Iguaçu	429.161,25	922.292,04	3.411.753,66	3.510.971,33	3.573.121,52	3.621.961,33	3.649.945,64
Cascavel	4.554.842,45	11.774.732,14	12.825.052,60	13.643.237,00	14.181.798,04	14.578.431,46	14.791.254,00
Guarapuava	3.862.640,51	10.032.654,67	10.828.873,92	11.461.492,65	11.876.471,11	12.183.025,53	12.344.189,69
Balsa Nova	2.865.669,99	6.885.959,47	7.698.889,15	7.946.656,92	8.074.762,70	8.152.584,46	8.190.438,71
Curitiba	-	-	-	-	-	-	-
Paranaguá	1.404.829,79	4.771.476,65	4.936.569,98	4.894.218,03	4.820.174,83	4.735.607,31	4.676.144,85
TOTAL	13.117.143,99	65.877.073,84	75.672.592,45	80.176.887,36	82.895.146,68	84.819.254,55	85.847.813,90

Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Figura 2 – Gráfico linha da demanda por terminal ferroviário (somente carga).



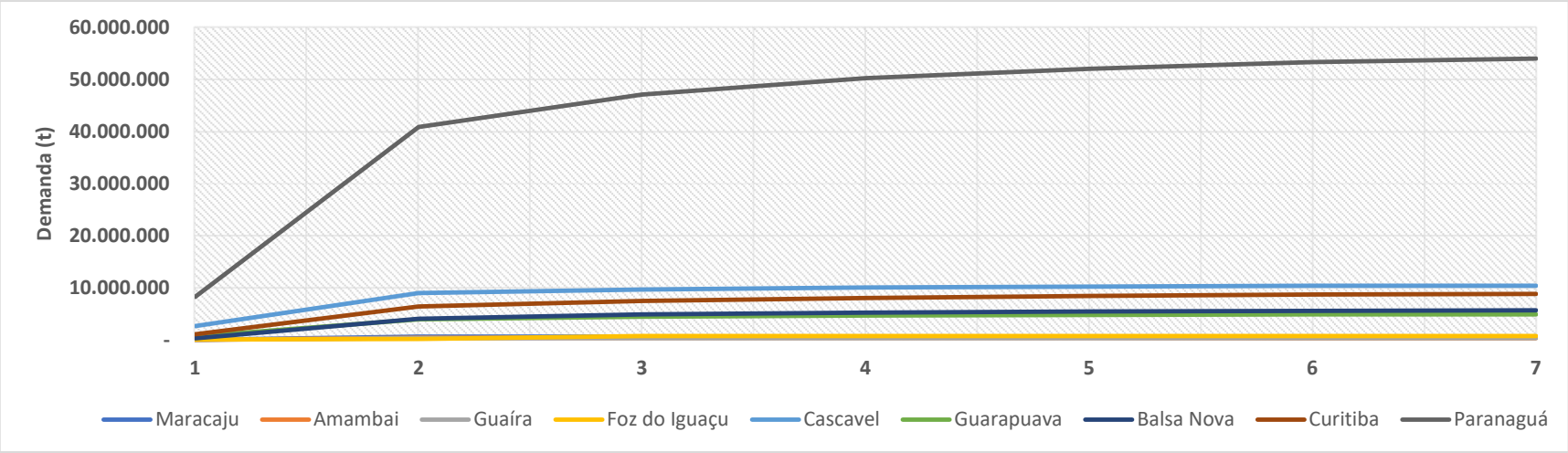
Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Tabela 7 – Demanda por terminal ferroviário (somente descarga).

TERMINAL FERROVIÁRIO	DEMANDA POR TERMINAL FERROVIÁRIO (SOMENTE DESCARGA)						
	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2087
Maracaju	-	642.122,31	628.569,17	609.038,37	587.985,51	567.121,73	554.573,88
Amambai	-	422.063,54	401.629,67	382.185,09	363.681,90	346.074,53	334.468,14
Guaíra	-	361.986,44	356.676,42	347.972,70	338.135,18	328.157,31	321.431,44
Foz do Iguaçu	80.699,30	186.528,46	702.111,52	716.742,92	722.187,34	723.880,42	723.908,45
Cascavel	2.665.616,65	8.972.526,23	9.679.636,03	10.037.940,55	10.237.938,15	10.364.725,26	10.428.627,54
Guarapuava	712.603,35	3.948.344,11	4.422.095,03	4.633.300,17	4.773.559,15	4.876.559,51	4.934.016,24
Balsa Nova	328.463,96	4.055.167,18	4.854.539,59	5.191.184,30	5.419.190,55	5.582.097,54	5.669.181,38
Curitiba	1.074.487,89	6.390.207,83	7.478.459,16	8.017.703,61	8.400.245,29	8.684.709,15	8.841.814,38
Paranaguá	8.255.272,83	40.898.127,74	47.148.875,86	50.240.819,66	52.052.223,62	53.345.929,10	54.039.792,45
TOTAL	13.117.143,99	65.877.073,84	75.672.592,45	80.176.887,36	82.895.146,68	84.819.254,55	85.847.813,90

Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Figura 3 – Gráfico linha da demanda por terminal ferroviário (somente descarga).



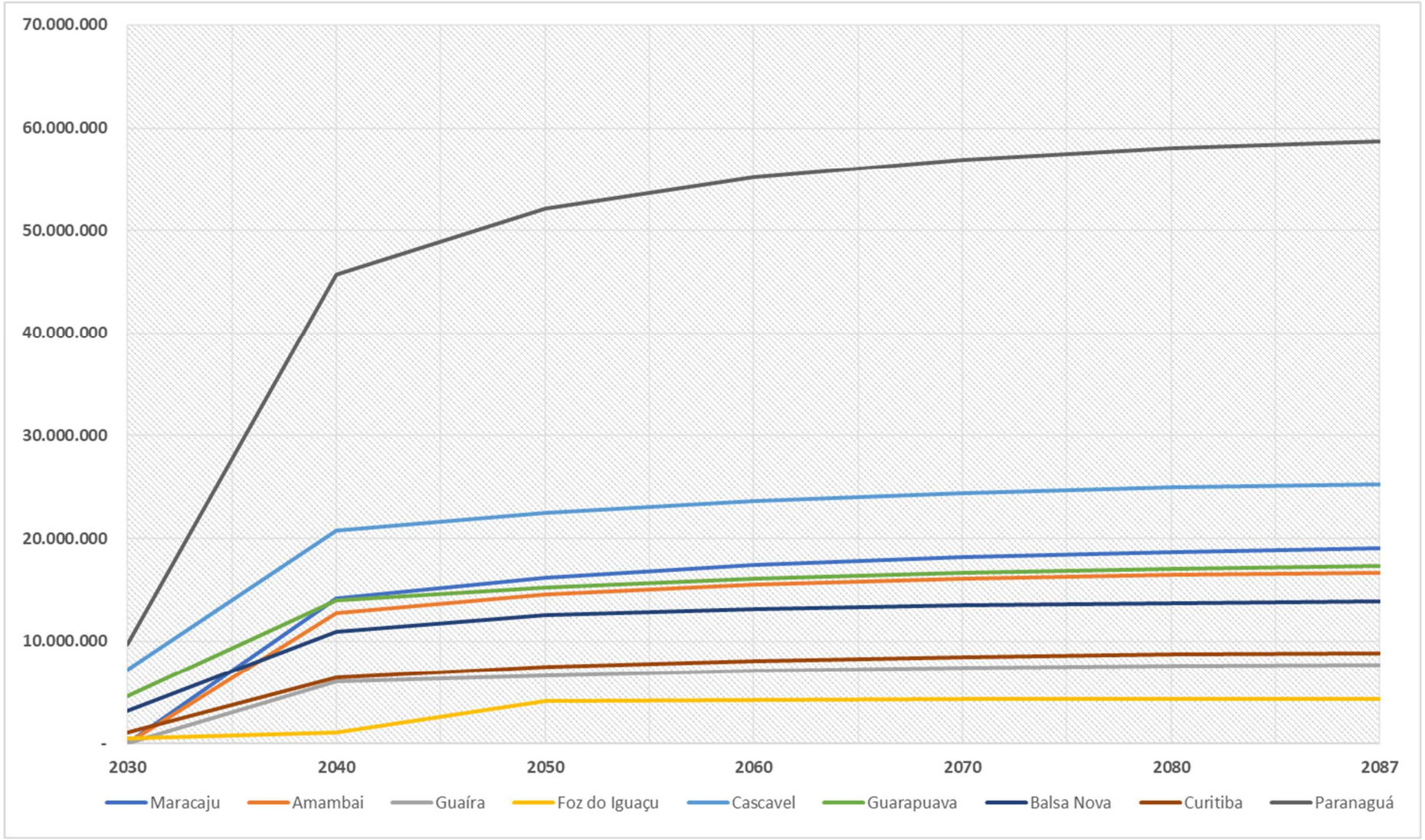
Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Tabela 8 – Demanda por terminal ferroviário (total).

TERMINAL FERROVIÁRIO	DEMANDA POR TERMINAL FERROVIÁRIO (TOTAL)						
	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2087
Maracaju	-	14.161.741,37	16.188.897,60	17.421.018,68	18.164.277,82	18.701.835,62	19.002.074,68
Amambai	-	12.750.037,91	14.515.755,87	15.544.982,12	16.117.638,36	16.500.331,41	16.700.855,79
Guaíra	-	6.004.351,89	6.653.674,92	7.093.506,79	7.376.704,87	7.586.831,00	7.703.384,01
Foz do Iguaçu	509.860,55	1.108.820,49	4.113.865,18	4.227.714,25	4.295.308,86	4.345.841,75	4.373.854,09
Cascavel	7.220.459,10	20.747.258,37	22.504.688,64	23.681.177,55	24.419.736,18	24.943.156,72	25.219.881,53
Guarapuava	4.575.243,86	13.980.998,78	15.250.968,96	16.094.792,82	16.650.030,25	17.059.585,04	17.278.205,93
Balsa Nova	3.194.133,95	10.941.126,65	12.553.428,74	13.137.841,22	13.493.953,25	13.734.682,00	13.859.620,09
Curitiba	1.074.487,89	6.390.207,83	7.478.459,16	8.017.703,61	8.400.245,29	8.684.709,15	8.841.814,38
Paranaguá	9.660.102,62	45.669.604,38	52.085.445,84	55.135.037,69	56.872.398,45	58.081.536,41	58.715.937,30
TOTAL	26.234.287,97	131.754.147,68	151.345.184,90	160.353.774,73	165.790.293,35	169.638.509,10	171.695.627,80

Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Figura 4 – Gráfico linha da demanda total por terminal ferroviário (carga e descarga).



Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Tabela 9 – Demanda por terminal ferroviário de origem (somente carga).

TERMINAL DE ORIGEM	DEMANDA POR TERMINAL DE ORIGEM (SOMENTE CARGA)						
	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2087
Maracaju	-	**13.519.619,06**	**15.560.328,43**	**16.811.980,31**	**17.576.292,31**	**18.134.713,89**	**18.447.500,80**
GSA	-	11.778.227,14	13.496.365,82	14.485.065,95	15.027.666,44	15.381.535,70	15.560.334,53
CONT	-	608.625,12	762.313,94	934.519,85	1.114.546,30	1.297.254,78	1.422.037,14
GL	-	1.132.766,79	1.301.648,68	1.392.394,51	1.434.079,57	1.455.923,41	1.465.129,12
Amambai	-	**12.327.974,37**	**14.114.126,20**	**15.162.797,03**	**15.753.956,46**	**16.154.256,88**	**16.366.387,64**
GSA	-	12.044.348,23	13.758.858,43	14.727.248,78	15.234.503,94	15.549.650,09	15.703.623,98
CONT	-	283.626,14	355.267,78	435.548,25	519.452,53	604.606,80	662.763,66
GL	-	-	-	-	-	-	-
Guaíra	-	**5.642.365,45**	**6.296.998,49**	**6.745.534,09**	**7.038.569,69**	**7.258.673,69**	**7.381.952,57**
GSA	-	5.126.680,09	5.702.448,55	6.083.181,41	6.315.817,27	6.477.833,04	6.562.189,08
CONT	-	515.685,36	594.549,94	662.352,68	722.752,43	780.840,64	819.763,49
GL	-	-	-	-	-	-	-
Foz do Iguaçu	**429.161,25**	**922.292,04**	**3.411.753,66**	**3.510.971,33**	**3.573.121,52**	**3.621.961,33**	**3.649.945,64**
GSA	416.088,80	889.576,93	3.283.355,11	3.377.236,67	3.437.520,94	3.485.644,92	3.513.413,72
CONT	13.072,45	32.715,11	128.398,55	133.734,66	135.600,58	136.316,41	136.531,91
GL	-	-	-	-	-	-	-
Cascavel	**4.554.842,45**	**11.774.732,14**	**12.825.052,60**	**13.643.237,00**	**14.181.798,04**	**14.578.431,46**	**14.791.254,00**
GSA	3.756.207,46	9.773.936,57	10.627.606,64	11.352.060,99	11.859.170,35	12.243.653,54	12.452.798,78
CONT	798.634,99	2.000.795,57	2.197.445,96	2.291.176,01	2.322.627,69	2.334.777,91	2.338.455,22
GL	-	-	-	-	-	-	-
Guarapuava	**3.862.640,51**	**10.032.654,67**	**10.828.873,92**	**11.461.492,65**	**11.876.471,11**	**12.183.025,53**	**12.344.189,69**
GSA	2.958.333,17	7.760.987,42	8.331.449,41	8.808.686,49	9.135.160,15	9.383.119,73	9.518.584,22
CONT	831.799,88	2.076.315,21	2.292.026,12	2.438.519,08	2.521.310,84	2.575.266,92	2.598.258,53
GL	72.507,47	195.352,04	205.398,40	214.287,09	220.000,12	224.638,88	227.346,94

TERMINAL DE ORIGEM	DEMANDA POR TERMINAL DE ORIGEM (SOMENTE CARGA)						
	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2087
Balsa Nova	***2.865.669,99***	***6.885.959,47***	***7.698.889,15***	***7.946.656,92***	***8.074.762,70***	***8.152.584,46***	***8.190.438,71***
GSA	*576.935,71*	*1.528.406,23*	*1.644.926,44*	*1.743.802,39*	*1.812.246,19*	*1.864.627,68*	*1.893.459,86*
CONT	*144.157,28*	*342.207,78*	*367.327,27*	*380.121,33*	*384.306,79*	*386.018,45*	*386.564,55*
GL	*2.144.576,99*	*5.015.345,46*	*5.686.635,44*	*5.822.733,20*	*5.878.209,72*	*5.901.938,33*	*5.910.414,29*
Curitiba	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**
GSA	-	-	-	-	-	-	-
CONT	-	-	-	-	-	-	-
GL	-	-	-	-	-	-	-
Paranaguá	***1.404.829,79***	***4.771.476,65***	***4.936.569,98***	***4.894.218,03***	***4.820.174,83***	***4.735.607,31***	***4.676.144,85***
GSA	*532.599,32*	*2.712.523,63*	*2.672.275,76*	*2.577.373,85*	*2.482.773,40*	*2.390.319,88*	*2.328.474,70*
CONT	-	-	-	-	-	-	-
GL	*872.230,47*	*2.058.953,02*	*2.264.294,22*	*2.316.844,18*	*2.337.401,43*	*2.345.287,43*	*2.347.670,15*
TOTAL	**13.117.143,99**	**65.877.073,84**	**75.672.592,45**	**80.176.887,36**	**82.895.146,68**	**84.819.254,55**	**85.847.813,90**

Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Com base nos valores adotados na produção prevista para cada produto, apresentados no item *3.1 ANÁLISE DA DEMANDA DE TRANSPORTE*, foi efetuada uma estimativa de receita por produto e por ano do projeto apenas proveniente dos fluxos cativos (fluxos que têm sua origem e destino na ferrovia em estudo) da Nova FERROESTE e do direito de passagem de/para a Nova FERROESTE.

3.2.1 RECEITA DE FRETE E DIREITO DE PASSAGEM

Para o cálculo da receita foi utilizada a tarifa constante na Deliberação Nº 32 da ANTT, de 02 de fevereiro de 2021, aplicada pela ANTT na concessionária MRS Logística S/A. Nesta deliberação é definida a parcela fixa e variável do frete ferroviário, esta última em função das faixas de distância percorrida, conforme a seguinte fórmula de cálculo:

1. Para distância de transporte de até 300 km:

$$T_{max} = P_{fix} + Dist \times P_{var_1}$$

2. Para distância de transporte de 301 km a 600 km:

$$T_{max} = P_{fix} + 300 \times P_{var_1} + (Dist - 300) \times P_{var_2}$$

3. Para distância de transporte de 601 km a 900 km:

$$T_{max} = P_{fix} + 300 \times P_{var_1} + 300 \times P_{var_2} + (Dist - 600) \times P_{var_3}$$

4. Para distância de transporte acima de 900 km:

$$T_{max} = P_{fix} + 300 \times P_{var_1} + 300 \times P_{var_2} + 300 \times P_{var_3} + (Dist - 900) \times P_{var_4}$$

Onde:

T_{max}: tarifa máxima a ser cobrada pelo transporte de uma unidade de carga da estação de origem à estação de destino;

P_{fix}: parcela fixa, em R$ por unidade de carga;

P_{var_1}: parcela variável, em R$ por unidade de carga para a faixa 1 (0-300);

P_{var_2}: parcela variável, em R$ por unidade de carga para a faixa 2 (301-600);

P_{var_3}: parcela variável, em R$ por unidade de carga para a faixa 3 (601-900);

P_{var_4}: parcela variável, em R$ por unidade de carga para a faixa 4 (acima de 900).

Da citada deliberação foram selecionadas as categorias de mercadorias a serem transportadas pela Nova FERROESTE e, quando necessário, convertidas para as unidades do estudo. As unidades convertidas foram R$/contêiner e R$/contêiner.km para R$/t e R$/t.km, dividindo-se o valor da tonelada útil do contêiner (26,33 t), e R$/m³ e R$/m³.km para R$/t e R$/t.km, dividindo-se o valor da densidade do combustível a ser transportado (0,715 t/m³) e dividindo-se o valor pela densidade do óleo de soja (0,92 t/m³).

Deve-se ressaltar que todos os valores foram considerados a preço de mercado, reduzindo-se em 10% em relação à tarifa da deliberação. Desse modo foi possível calcular toda a receita proveniente da movimentação dos fluxos cativos e do direito de passagem. Destaca-se que se realizou uma análise do quadro tarifário brasileiro a partir dos simuladores de tarifa das operadoras ferroviárias. A decisão de

adotar-se os valores da respectiva deliberação, com aplicação de 10% de desconto, fundamenta-se nas seguintes considerações: 1) a MRS se apresenta como uma das ferrovias mais eficientes do Brasil em bitola larga (e aderente aos níveis de desempenho simulados para a Nova FERROESTE), e divulga os valores do frete para os produtos considerados nos *Estudos de Demanda* – boa parte das demais ferrovias não apresentam os valores de parte desses produtos; 2) os valores do frete estão aderentes àqueles considerados na matriz isocusto do Estudo de Demanda, por vezes um pouco menores – refletindo o caráter conservador do Estudo. Esta última consideração reforça que a alta receita operacional desta ferrovia está amparada na *rota economicamente mais viável*, analisada e descrita no Estudo de Demanda, indicando que os custos de transbordo e transporte das cargas pela Nova FERROESTE estão abaixo dos outros modais, em especial o rodoviário.

Para o cálculo da receita de direito de passagem, a ser eventualmente exercido pela Rumo Malha Sul S.A. (RMS), foi considerada a tarifa constante na Deliberação Nº 177 da ANTT, de 14 de maio de 2021, aplicada pela ANTT na Concessionária Rumo Malha Paulista S/A.

A *Tabela 10* apresenta as tarifas de referência utilizadas. A *Tabela 11* apresenta as tarifas utilizadas após a conversão das unidades mencionadas e a redução de 10% em relação à tarifa da deliberação. Por fim, a *Tabela 12* apresentam a tarifa de direito de passagem adotada.

Tabela 10 – Frete ferroviário a preço de mercado.

MERCADORIA	DESCRIÇÃO ADOTADA DA DELIBERAÇÃO	PARCELA FIXA		PARCELA VARIÁVEL				
		VALOR	UNIDADE	0 – 300 km	301 – 600 km	601 – 900 km	acima 900 km	UNIDADE
AÇÚCAR	AÇÚCAR	14,92	R$/t	0,1772	0,1637	0,1504	0,1369	R$/t.km
MILHO	MILHO	14,92	R$/t	0,1509	0,1394	0,1281	0,1169	R$/t.km
SOJA	SOJA	7,97	R$/t	0,1772	0,1639	0,1504	0,1371	R$/t.km
TRIGO	TRIGO	14,92	R$/t	0,3301	0,3051	0,2805	0,2556	R$/t.km
FARELO DE SOJA	FARELO DE SOJA	14,92	R$/t	0,1488	0,1376	0,1265	0,1151	R$/t.km
ADUBOS (FERTILIZANTES)								
PETRÓLEO E DERIVADOS	ÓLEO DIESEL	17,76	R$/m³	0,0999	0,0925	0,0848	0,0773	R$/m³.km
ÓLEO DE SOJA								
CARNES E MIUDEZAS	CONTÊINER CHEIO DE 40 PÉS	757,11	R$/con	4,4626	4,1279	3,7931	3,4586	R$/con.km
	CONTÊINER VAZIO DE 40 PÉS	543,99	R$/con	2,133	1,9729	1,8126	1,6532	R$/con.km
OBRAS DE MADEIRA	CONTÊINER CHEIO DE 40 PÉS	757,11	R$/con	4,4626	4,1279	3,7931	3,4586	R$/con.km
	CONTÊINER VAZIO DE 40 PÉS	543,99	R$/con	2,133	1,9729	1,8126	1,6532	R$/con.km
OBRAS DE PAPEL	CONTÊINER CHEIO DE 40 PÉS	757,11	R$/con	4,4626	4,1279	3,7931	3,4586	R$/con.km
	CONTÊINER VAZIO DE 40 PÉS	543,99	R$/con	2,133	1,9729	1,8126	1,6532	R$/con.km

Fonte: ANTT (2021). Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Tabela 11 – Frete ferroviário a preço de mercado – valores ajustados em função da conversão de unidades.

MERCADORIA	DESCRIÇÃO ADOTADA DA DELIBERAÇÃO	PARCELA FIXA		PARCELA VARIÁVEL				
		VALOR	UNIDADE	0 – 300 km	301 – 600 km	601 – 900 km	acima 900 km	UNIDADE
AÇÚCAR	AÇÚCAR	13,43	R$/t	0,1595	0,1473	0,1354	0,1232	R$/t.km
MILHO	MILHO	13,43	R$/t	0,1358	0,1255	0,1153	0,1052	R$/t.km
SOJA	SOJA	7,17	R$/t	0,1595	0,1475	0,1354	0,1234	R$/t.km
TRIGO	TRIGO	13,43	R$/t	0,2971	0,2746	0,2525	0,2300	R$/t.km
FARELO DE SOJA	FARELO DE SOJA	13,43	R$/t	0,1339	0,1238	0,1139	0,1036	R$/t.km
ADUBOS (FERTILIZANTES)								
PETRÓLEO E DERIVADOS	ÓLEO DIESEL	22,36	R$/t*	0,1257	0,1164	0,1067	0,0973	R$/t.km*
ÓLEO DE SOJA	ÓLEO DIESEL	17,37	R$/t**	0,0977	0,0905	0,0830	0,0756	R$/t.km**
CARNES E MIUDEZAS	CONTÊINER CHEIO DE 40 PÉS	25,88	R$/t***	0,1525	0,1411	0,1297	0,1182	R$/t.km***
	CONTÊINER VAZIO DE 40 PÉS	18,59	R$/t***	0,0729	0,0674	0,0620	0,0565	R$/t.km***
OBRAS DE MADEIRA	CONTÊINER CHEIO DE 40 PÉS	25,88	R$/t***	0,1525	0,1411	0,1297	0,1182	R$/t.km***
	CONTÊINER VAZIO DE 40 PÉS	18,59	R$/t***	0,0729	0,0674	0,0620	0,0565	R$/t.km***
OBRAS DE PAPEL	CONTÊINER CHEIO DE 40 PÉS	25,88	R$/t***	0,1525	0,1411	0,1297	0,1182	R$/t.km***
	CONTÊINER VAZIO DE 40 PÉS	18,59	R$/t***	0,0729	0,0674	0,0620	0,0565	R$/t.km***

* Unidades foram convertidas da deliberação de R$/m³ e R$/m³.km para R$/t e R$/t.km dividindo-se o valor pela densidade do combustível (0,715 t/m³).
** Unidades foram convertidas da deliberação de R$/m³ e R$/m³.km para R$/t e R$/t.km dividindo-se o valor pela densidade do óleo de soja (0,92 t/m³).
*** Unidades foram convertidas da deliberação de R$/con e R$/con.km para R$/t e R$/t.km dividindo-se o valor pela tonelada útil do contêiner (26,33 t).

Fonte: ANTT (2021). Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Tabela 12 – Tarifa de direito de passagem.

MERCADORIA	PARCELA FIXA (R$/un.)		PARCELA VARIÁVEL (R$/un.)	
	VALOR	UNID.	VALOR	UNID.
TODAS	-	-	0,0308	R$/t.km

Fonte: ANTT (2021). Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

3.2.2 OUTRAS RECEITAS

O projeto permite explorar outros tipos de receita na ferrovia, tais como:

- Utilização da faixa de domínio para instalações de linhas de transmissão de dados, fibras óticas etc.;
- Receitas de operações acessórias (carga, descarga, transbordo, guarda de produtos etc.);
- Transporte de cargas de características especiais;
- Exploração comercial, inclusive propaganda, de espaços disponíveis;
- Eventuais estadias de vagões e locomotivas;
- Instalação e exploração do transporte intermodal.

Sendo assim, foi considerado um valor de outras receitas em 5,0% da receita operacional. Este percentual tem como base os praticados nas ferrovias privatizadas e que começaram a ser aceitos em estudos realizados para a VALEC (FNS, FICO, FIOL).

3.2.3 RECEITA TOTAL

A soma das receitas de frete, direito de passagem e outras receitas foram consolidadas conforme apresentado na *Tabela 13* e na *Tabela 14*.

Tabela 13 – Receita Total da Nova FERROESTE (considerando valor 2021 da ANTT com 10% de desconto para o Frete Ferroviário) – RESUMO.

PRODUTO	TIPO DE CARGA	TIPO DE VAGÃO	RECEITA TOTAL DA NOVA FERROESTE (ANO)								
			2030	2033	2040	2044	2050	2060	2070	2080	2087
Açúcar	GSA	HTT	R$ 12.585.137,63	R$ 225.843.402,38	R$ 304.304.929,17	R$ 333.853.639,65	R$ 377.516.676,96	R$ 398.491.795,72	R$ 408.844.377,06	R$ 414.935.787,70	R$ 417.831.883,52
Milho	GSA	HTT	R$ 197.272.191,01	R$ 1.441.500.185,78	R$ 1.956.110.667,93	R$ 2.108.602.963,91	R$ 2.351.610.875,45	R$ 2.547.276.985,10	R$ 2.674.421.104,05	R$ 2.767.699.820,29	R$ 2.817.553.811,18
Soja	GSA	HTT	R$ 300.678.308,53	R$ 1.589.652.921,57	R$ 2.130.610.899,19	R$ 2.258.508.968,14	R$ 2.458.764.573,96	R$ 2.592.528.510,69	R$ 2.662.199.268,57	R$ 2.706.381.928,03	R$ 2.728.553.057,39
Trigo	GSA	HTT	R$ 16.450.273,91	R$ 62.136.465,49	R$ 76.647.693,13	R$ 81.214.296,28	R$ 88.414.765,78	R$ 91.779.549,80	R$ 93.882.646,62	R$ 95.336.120,83	R$ 96.290.434,09
Farelo de Soja	GSA	HTT	R$ 99.718.550,47	R$ 648.102.492,05	R$ 916.551.643,41	R$ 965.301.706,67	R$ 1.026.978.802,52	R$ 1.090.359.184,58	R$ 1.122.039.073,45	R$ 1.140.895.744,21	R$ 1.149.875.305,21
Adubos (Fertilizantes)	GSA	HTT	R$ 32.454.454,83	R$ 229.041.917,17	R$ 246.966.881,50	R$ 243.168.883,44	R$ 237.978.572,25	R$ 226.457.028,29	R$ 215.493.290,74	R$ 205.060.353,86	R$ 198.183.194,98
Petróleo e Derivados	GL	TCT	R$ 230.630.198,38	R$ 497.897.122,76	R$ 541.920.418,14	R$ 574.382.425,81	R$ 621.757.305,95	R$ 636.187.108,50	R$ 641.831.968,39	R$ 643.997.401,37	R$ 644.651.676,93
Óleo de Soja	GL	TCT	R$ 6.393.880,29	R$ 97.463.836,58	R$ 142.448.065,43	R$ 151.264.441,87	R$ 162.039.391,32	R$ 172.896.595,46	R$ 178.010.794,77	R$ 180.835.802,81	R$ 182.092.766,35
Carnes e Miudezas	CONT	PRT	R$ 173.923.197,65	R$ 589.623.831,09	R$ 737.732.747,91	R$ 790.752.806,68	R$ 872.186.880,95	R$ 972.620.841,56	R$ 1.058.229.280,14	R$ 1.138.222.861,01	R$ 1.190.607.958,38
Obras de Madeira	CONT	PRT	R$ 78.949.187,35	R$ 173.805.595,67	R$ 196.584.614,79	R$ 202.019.865,75	R$ 209.213.645,08	R$ 216.182.223,23	R$ 218.867.433,78	R$ 220.254.469,91	R$ 220.648.540,73
Obras de Papel	CONT	PRT	R$ 6.628.524,09	R$ 13.795.142,74	R$ 15.143.428,17	R$ 15.541.629,53	R$ 16.075.035,10	R$ 16.597.629,05	R$ 16.796.349,88	R$ 16.889.261,20	R$ 16.920.172,48
RECEITA POR PRODUTO NA NF:			R$ 1.155.683.904,12	R$ 5.568.862.913,28	R$ 7.265.021.988,77	R$ 7.724.611.627,73	R$ 8.422.536.525,33	R$ 8.961.377.451,98	R$ 9.290.615.587,44	R$ 9.530.509.551,21	R$ 9.663.208.801,25
OUTRAS RECEITAS NA NF (4%):			R$ 57.784.195,21	R$ 278.443.145,66	R$ 363.251.099,44	R$ 386.230.581,39	R$ 421.126.826,27	R$ 448.068.872,60	R$ 464.530.779,37	R$ 476.525.477,56	R$ 483.160.440,06
RECEITA POR DIREITO DE PASSAGEM NA NF:			R$ 67.533.073,12	R$ 69.166.867,80	R$ 73.134.422,10	R$ 74.608.117,32	R$ 76.874.526,11	R$ 80.805.899,52	R$ 83.679.068,56	R$ 86.654.397,22	R$ 88.799.852,29
RECEITA POR TOTAL NA NF:			R$ 1.281.001.172,44	R$ 5.916.472.926,74	R$ 7.701.407.510,31	R$ 8.185.450.326,44	R$ 8.920.537.877,70	R$ 9.490.252.224,10	R$ 9.838.825.435,37	R$ 10.093.689.425,99	R$ 10.235.169.093,60

Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Tabela 14 – Receita da Nova FERROESTE com o Frete Ferroviário por Tipo de Carga/Vagão provenientes dos fluxos cativos – RESUMO.

TIPO DE CARGA	TIPO DE VAGÃO	RECEITA DA NOVA FERROESTE COM CARGAS CATIVAS								
		2030	2033	2040	2044	2050	2060	2070	2080	2087
GSA	HTT	R$ 659.158.916,37	R$ 4.196.277.384,44	R$ 5.631.192.714,33	R$ 5.990.650.458,10	R$ 6.541.264.266,93	R$ 6.946.893.054,18	R$ 7.176.879.760,49	R$ 7.330.309.754,91	R$ 7.408.287.686,37
CONT	TCT	R$ 259.500.909,08	R$ 777.224.569,50	R$ 949.460.790,87	R$ 1.008.314.301,95	R$ 1.097.475.561,13	R$ 1.205.400.693,84	R$ 1.293.893.063,80	R$ 1.375.366.592,12	R$ 1.428.176.671,60
GL	PRT	R$ 237.024.078,67	R$ 595.360.959,34	R$ 684.368.483,58	R$ 725.646.867,68	R$ 783.796.697,27	R$ 809.083.703,97	R$ 819.842.763,16	R$ 824.833.204,18	R$ 826.744.443,28

Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

3.3.1 CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DA VIA

As características geométricas da via foram identificadas a partir do traçado desenvolvido no estudo geométrico e estão sintetizadas na *Tabela 15*.

Vale destacar que o enquadramento da ferrovia nas classes de rampa compensada ocorre na dinâmica de desenvolvimento do estudo, comparando cenários de CAPEX e OPEX. As seguintes análises são cruciais para tal enquadramento: a) respeitar as classes estabelecidas nas normas técnicas (0,60%, 1,00%, 1,45% e 1,80% em casos especiais); b) verificação das características topográficas da região do empreendimento; c) resultados operacionais referentes à velocidade de percurso, tempo de ciclo, consumo de combustível entre outros contrastando-os com os custos de investimento para o respectivo cenário. A Nova FERROESTE, de modo geral, se desenvolve em três tipologias de relevo diferentes ao longo da linha: no estado do Mato Grosso do Sul predomina-se o relevo plano; no estado do Paraná o relevo predominante é ondulado; e nos dois gargalos operacionais, na passagem pela Serra da Esperança e Serra do Mar, a linha férrea perpassa relevos montanhosos. Nesse último caso, a passagem da ferrovia na Serra do Mar, é necessário vencer uma diferença de nível acima de 900 metros onde a solução geométrica mais viável exigiu a aplicação de uma classe de rampa compensada especial (1,80%) – este foi o único caso em que tal exigência de rampa foi necessária.

A Nova FERROESTE possui cargas majoritariamente de exportação, por isso é natural que os vagões carregados neste sentido tenham preferência em relação aos de importação. Isso significa que os aclives no sentido de exportação são mais sensíveis e desfavoráveis quando se pensa a ferrovia sob a ótica da otimização operacional. De partida, foram realizados cenários geométricos utilizando a classe de rampa compensada no sentido exportação de 1,00% e importação de 1,45%. Apesar dos ganhos operacionais, a aplicação da rampa de 1,00% no sentido exportação exigiriam um acréscimo relevante nos custos de investimento devido à necessidade de grandes cortes e aterros, obras de artes especiais extensas e de grande altura, além de diversas previsões de muro de contenção. O equilíbrio entre os custos operacionais e de investimento foi encontrado ao aplicar-se a rampa de 1,45% nos dois sentidos, subindo para 1,80% apenas no trecho de via duplicada na passagem pela Serra do Mar.

Tabela 15 – Características técnicas da via permanente.

ITEM	ESPECIFICAÇÃO
Bitola de linha	Bitola larga (1,60 m) entre Maracaju – Balsa Nova e entre Foz do Iguaçu - Cascavel Bitola mista (1,00 m e 1,60 m) entre Balsa Nova e o Porto de Paranaguá
ALTIMETRIA	
Rampa máxima compensada na linha corrida (exportação)	1,45%
Rampa máxima compensada na linha corrida (importação)	1,45% e 1,80% na Serra do Mar
Rampa máxima nas linhas de pátio e desvios	0,25%
Curva vertical	Parábolas do 2º grau entre rampas[1]

ITEM	ESPECIFICAÇÃO
Referência para o greide	Topo do sublastro
PLANIMETRIA	
Raio mínimo de curva	343,82 m
Curva de transição	Em espiral (clotóide)
Comprimento do ramo de transição	1 m para cada grau de curva ou 0,5 m²
Tangente mínima entre curvas	30,00 m
VELOCIDADE LIMITE	
Velocidade Operacional Máxima	75 km/h
Velocidade Operacional Mínima	15 km/h
SUPERESTRUTURA	
Trem-tipo	TB-360 (para dimensionamento das OAEs)
Carga na via	32,5 tf por eixo
Trilho	UIC 60
Dormente	Monobloco de concreto protendido
Dormente – AMV	Dormente de madeira conforme dimensões do AMV
Taxa de dormentação	1.667 unidades por quilômetro
Lastro	Pedra britada bitolada, com espessura mínima de 30 cm abaixo dos dormentes no eixo dos trilhos
Fixação – dormente	Elásticas (palmilha amortecedora e grampo)
AMV	1:14 nas linhas e desvios principais e 1:8 nos desvios secundários
Entrevia	4,50 m
INFRAESTRUTURA	
Largura da plataforma de corte	8,40 m (linha principal) e 12,90 m (desvios de cruzamento)
Largura da plataforma de aterro	8,40 m (linha principal) e 12,90 m (desvios de cruzamento)
Declividade transversal da plataforma	3,00%
Faixa de domínio	40,00 m (linha simples), 60 m (pátios de cruzamento, linhas duplas ou triplas) e 80 m (pátios de intercâmbio). Nos locais em que os taludes de corte e aterro excedem os limites especificados acima, adotou-se uma largura de 10 metros a partir do pé ou crista do talude.

[1] Quando a diferença algébrica das rampas for igual ou superior a 0,20%;

[2] Em casos específicos, quando não houver distância suficiente entre curvas;

[3] Superelevação nula para raios acima de 1.700 m.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

3.3.2 COMPARATIVO ENTRE BITOLAS

Não é de hoje que se busca determinar qual o tipo de bitola mais indicada para o cenário nacional. Há quase 50 anos, em fins de março de 1974, a extinta Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes (GEIPOT) recebeu a tarefa de analisar o problema relativo à unificação de bitolas, visando a adequação do sistema ferroviário às necessidades de transporte entre os polos econômicos da Nação.

Os resultados dos estudos, consolidados no Estudo de Plano Diretor para Unificação de Bitolas – 1975, apontam que a bitola mais indicada para o caso brasileiro é a bitola larga, sendo detalhadas no estudo as razões para essa conclusão.

A partir dessa recomendação e publicação do estudo, percebe-se no Brasil uma tendência de construção de ferrovias em bitola larga. A *Figura 5* ilustra que as ferrovias construídas até 1975 foram, majoritariamente, em bitola métrica. A partir de 1975, com exceção da FERROESTE, as ferrovias construídas adotaram a bitola larga, a saber (*Figura 6*):

- **Estrada de Ferro Carajás**, com 996,7 km em bitola larga;
- **Ferrovia do Aço**, com 354 km em bitola larga – incorporada à MRS;
- **Ferronorte** ou Ferrovia Norte Brasil, com 512 km em bitola larga – constitui hoje a Rumo Malha Norte (RMN);
- **Ferrovia Norte Sul**, com 1.600,3 km em bitola larga – concedida à Valec Engenharia e subconcedida à Ferrovia Norte Sul S.A e à Rumo Malha Central (RMC).

Figura 5 – Ferrovias construídas até 1975.

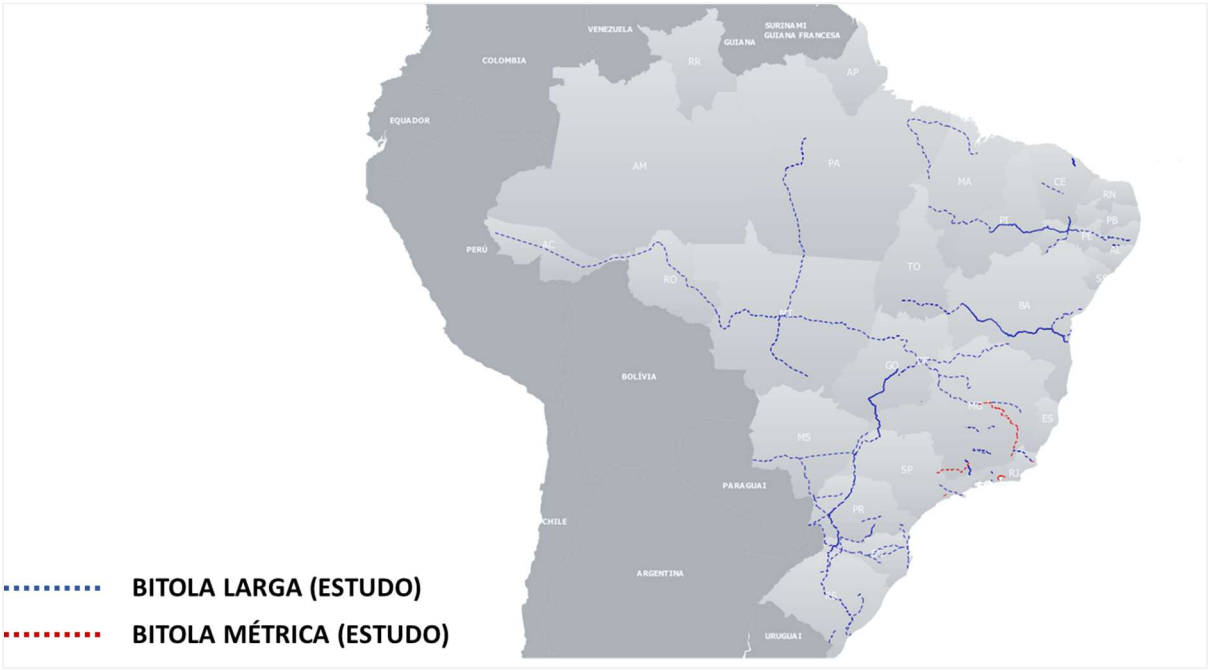
Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Figura 6 – Ferrovias construídas após 1975.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Também a partir de 1975, as principais ferrovias em estudo também têm adotado a bitola larga, a exemplo: **Ferrogrão**; Ferrovia de Integração do Centro-Oeste (**FICO**); Ferrovia de Integração Oeste-Leste (**FIOL**); Corredor Ferroviário de Santa Catarina (**CFSC**); Tramo Sul da Ferrovia Norte Sul (**FNS-TS**); Ferrovia Transnordestina Logística (**TNL**); e **Ferrovia do Pantanal** (Bitola Larga/Mista) (*Figura 7*).

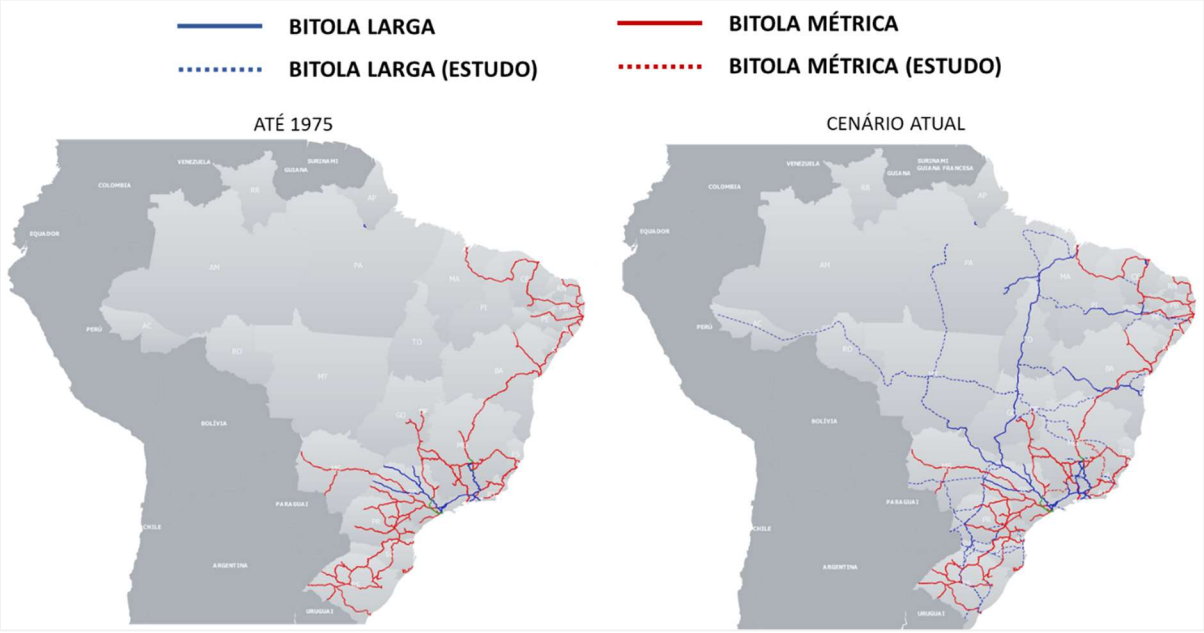
Figura 7 – Principais ferrovias em obra ou em estudo.



Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Em síntese, a *Figura 8* apresenta o comparativo entre a adoção de bitola métrica e larga amalgamando as ferrovias construídas, em obra ou em estudo, sendo o ano de 1975, ano de referência do Estudo de Plano Diretor para Unificação de Bitolas, o marco entre os cenários analisados.

Figura 8 – Comparativo entre bitolas: cenário até 1975 e cenário atual.



Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Em uma comparação entre vagões de bitola métrica e larga, de acordo com as características técnicas dos catálogos da empresa Greenbrier Maxion, percebe-se que a capacidade de carga útil dos vagões de bitola larga é superior à capacidade de carga útil dos vagões de bitola métrica (*Tabela 16*). Portanto, a adoção de bitola métrica implica diretamente na necessidade de uma maior quantidade de vagões para o transporte de uma mesma quantidade de carga. A escolha do catálogo desta empresa foi feita a partir da relevância dos produtos fabricados no cenário nacional, bem como pela disponibilização das características técnicas dos vagões. Vagões estes modernos e que alimentam a frota brasileira.

Tabela 16 – Comparativo entre vagões de bitola métrica e larga.

BITOLA	CLASSIFICAÇÃO	PESO BRUTO (t)	CARGA ÚTIL (t)	COMPRIMENTO (m)
VAGÃO HOPPER - GRÃOS				
LARGA	HTT	130,00	**101,70**	15,80
MÉTRICA	HPE	100,00	**77,50**	16,83
VAGÃO TANQUE – COMBUSTÍVEIS E ÓLEO DE SOJA				
LARGA	TCT	130,00	**97,75**	19,28
MÉTRICA	TCE	100,00	**71,00**	17,01
VAGÃO PLATAFORMA - CONTÊINERES				
LARGA	PRT	123,00	**50,00**	19,57
MÉTRICA	PET	130,00	**25,00**	14,80

Fonte: Greenbrier Maxion. Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

A consequência natural de uma maior quantidade de vagões para o transporte de uma mesma quantidade de carga seria o aumento do comprimento dos trens-tipo, mas sabe-se que este é limitado ao comprimento definido para os pátios de cruzamento. Assim, para o atendimento da demanda de

cargas ter-se-ia que aumentar o número de pares de trens por dia. Contudo, em virtude das características geométricas da ferrovia em estudo, um aumento no número de pares de trens por dia poderia comprometer a taxa de ocupação da via, levando à saturação em alguns trechos e, por fim, ao não atendimento pleno da demanda.

Um maior número de vagões por trem-tipo também elevaria o tempo de manobra destes nos terminais de carga, assim como demandaria uma maior quantidade de equipamentos para efetuar essas manobras, elevando ainda os custos operacionais.

Esse conjunto de fatores aliados à observada tendência de migração de adoção da bitola métrica para a bitola larga nas ferrovias brasileiras reiteram que, conforme concluído pelo Estudo de Plano Diretor para Unificação de Bitolas – 1975, a bitola mais indicada para o caso brasileiro, abrangendo a Nova FERROESTE, é a bitola larga.

Além das análises conceituais e da contextualização histórica, apresentadas anteriormente, se desenvolveu um ensaio operacional considerando uma eventual adoção em bitola métrica na Nova FERROESTE. As seguintes premissas foram consideradas: 1) trata-se de comparação preliminar para fins de determinação da bitola a ser adotada, sendo assim amparada em estimativas iniciais de valores de CAPEX e OPEX, que posteriormente foram aprimorados ao longo do desenvolvimento do estudo; 2) geometria da linha ferroviária idêntica à geometria em bitola larga; 3) plano de vias idêntico ao de bitola larga; 4) mesma demanda potencial e *ramp-up* operacional. Isso significa que a simulação operacional em bitola métrica buscou demonstrar o impacto, em termos de CAPEX e OPEX, se apenas substituíssemos a superestrutura e o material rodante para bitola métrica. Na *Figura 9* é apresentado os principais indicadores do comparativo.

Figura 9 – Resultados do comparativo de bitolas.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Aprofundando a análise, salta aos olhos não apenas as vantagens operacionais e a economia em OPEX ao longo de todo o período de concessão, mas o principal indicador que implica a *necessidade* da escolha em bitola larga: a exigência de duplicação em 612 km de ferrovia caso a bitola métrica fosse adotada – considerando a mesma geometria da linha em bitola larga e o escoamento de toda a demanda potencial. Essa constatação baseia-se na simulação operacional realizada que, conforme apresentado na *Figura 10*, demanda uma duplicação entre os terminais de Cascavel e Paranaguá devido as altas taxas de saturação na linha, passando dos 130%. O relevo bastante ondulado da região não permite a implantação de novos pátios de cruzamento para aumento de capacidade na linha, a não ser entre Guaíra e Cascavel entre os pátios 22 e 23 apenas. Para se evitar essa duplicação teríamos uma linha de corte no crescimento da carga a partir do ano 2040 (linha cinza claro), o que impactaria na significativa diminuição da receita operacional.

Tabela 17 – Vantagens e desvantagens do uso da bitola larga.

SE ADOTADA BITOLA LARGA	
VANTAGENS	**DESVANTAGENS**
Menor consumo de combustível (economia de R$ 12 Bi no período de concessão)	Implantação de bitola mista para garantia do direito de passagem da RMS (acréscimo de R$ 180 milhões)
Menor custo operacional devido a menor movimentação de trens (economiza de R$ 26 Bi no período de concessão)	Continuidade da operação da FERROESTE em simultaneidade com a adequação do trecho Cascavel - Guarapuava
Menor custo de investimento em frota (economia de R$ 2,78 Bi)	
Melhor eficiência nos terminais: menor movimentação de trens para levar a mesma carga	
Garantia de uma ferrovia integrada nacionalmente e aderente às recomendações do Governo Federal	

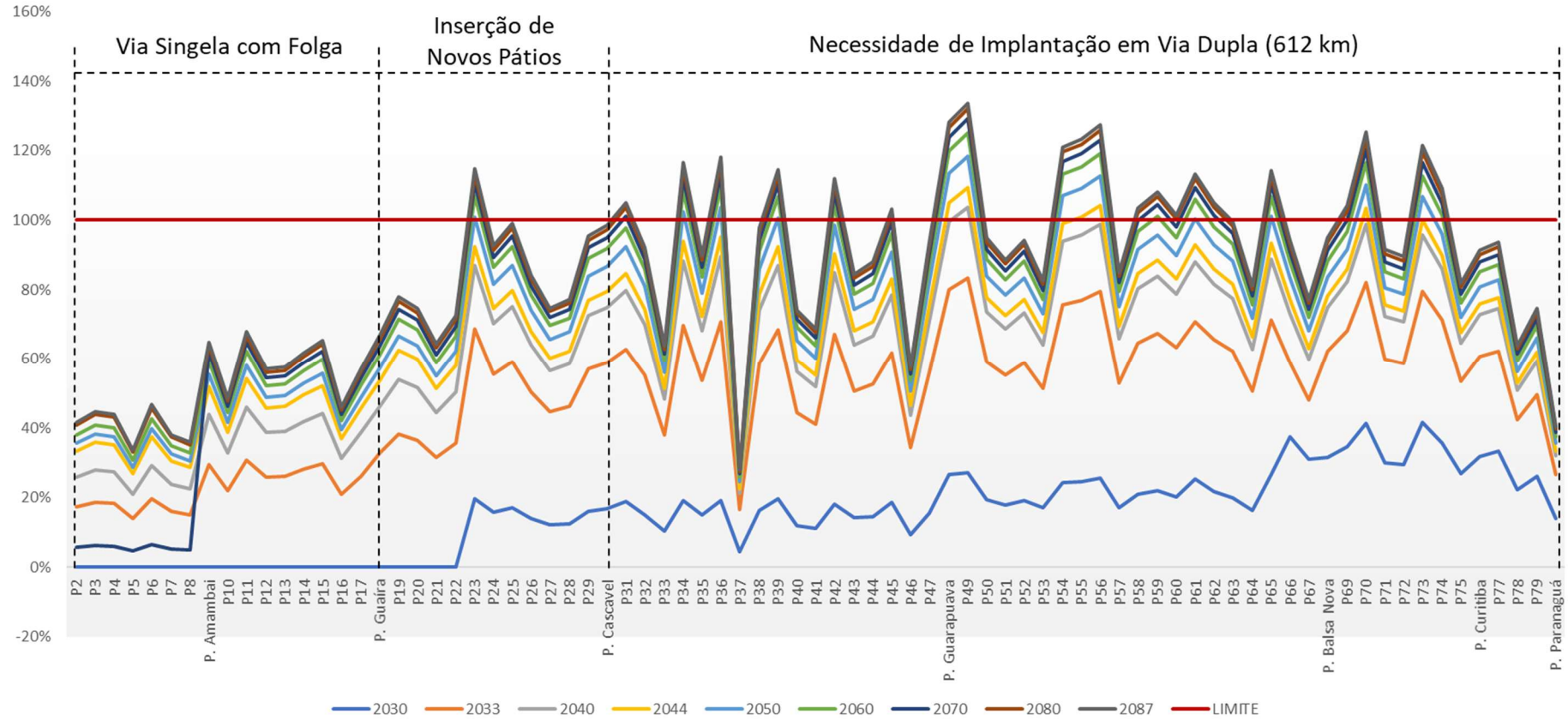
Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Tabela 18 – Vantagens e desvantagens do uso da bitola métrica.

SE ADOTADA BITOLA MÉTRICA	
VANTAGENS	**DESVANTAGENS**
Permite o direito de passagem da RMS sem a necessidade de adequações na linha	Considerando a mesma geometria da bitola larga, é necessário a implantação de mais 518 km de via dupla para saturação ficar abaixo de 100%
Redução do CAPEX da infraestrutura ferroviária	Limitação para transporte de carga de 65 Mi ton (correspondente ao ano 2040)
	Perda de R$ 79 Bilhões em receita para Operação sem duplicação
	Perda da eficiência operacional devido ao aumento do consumo de combustível e crescimento do número de trens
	Perda de eficiência nos terminais ferroviários (crescimento do THP)

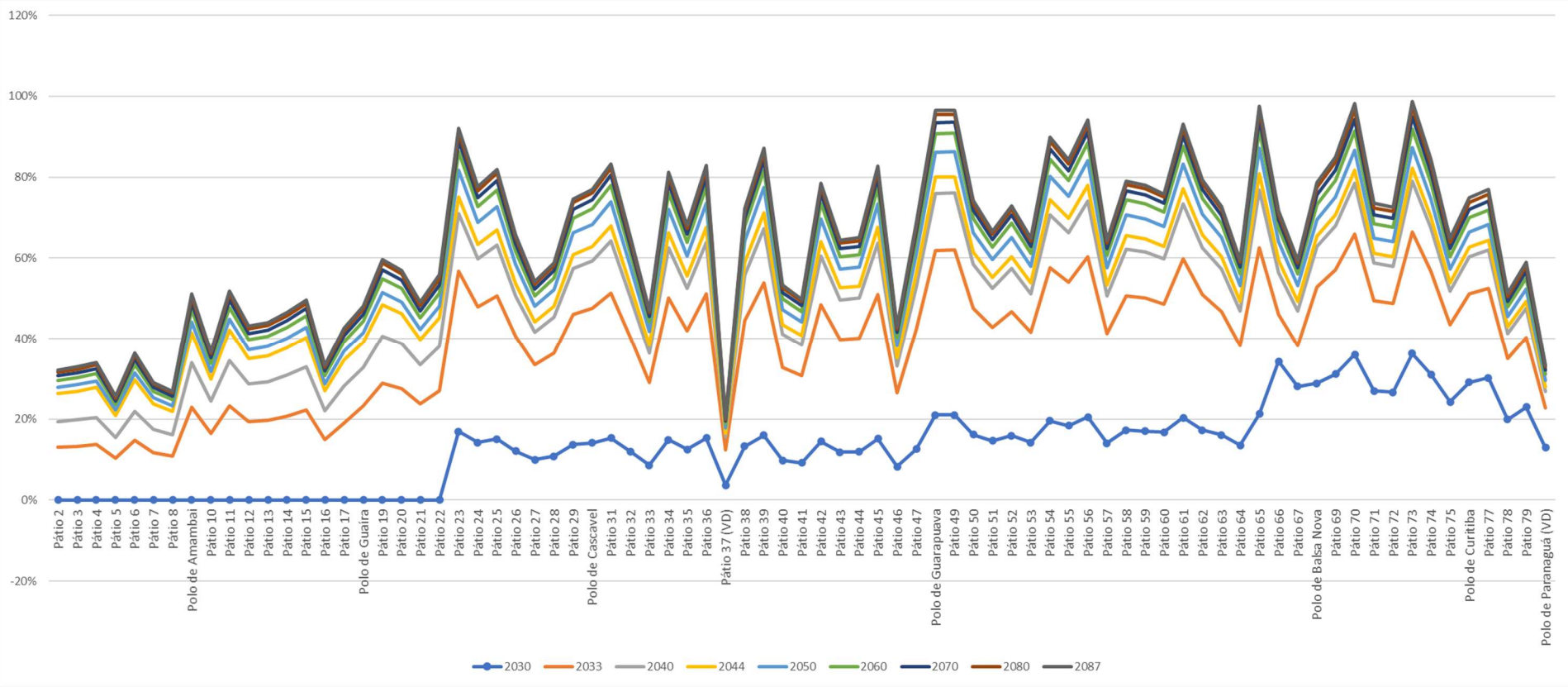
Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Figura 10 – Saturação na linha para ensaio em Bitola Métrica (todos os anos).



Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Figura 11 - Saturação na linha para Bitola Larga (todos os anos).



Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

3.3.3 CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS LIMITANTES

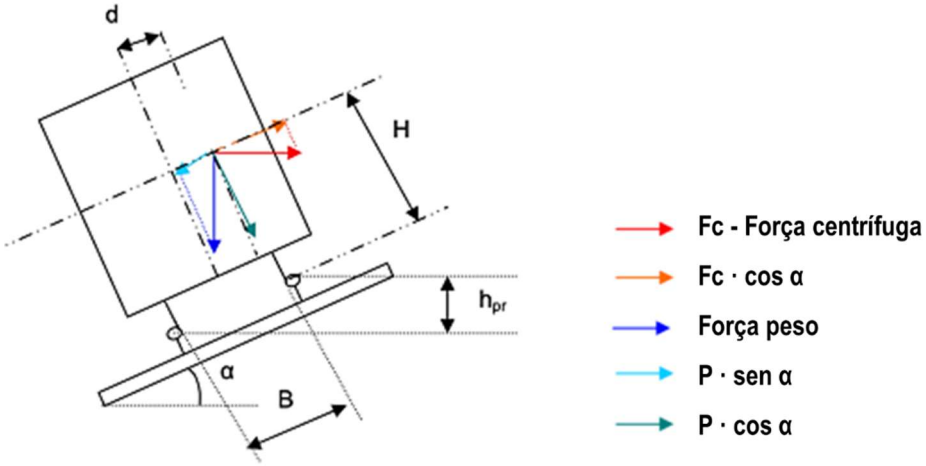
As características geométricas limitantes restringem a velocidade da composição. Sendo o menor valor obtido entre dois critérios: segurança e conforto, os quais têm sua definição apresentada a seguir.

3.3.3.1 CRITÉRIO DE SEGURANÇA

Com o trem em movimento é gerado uma força centrífuga. Devido à essa força, se não houver aderência significativa, o trem poderá cair para o lado externo da curva. Sendo assim, é utilizada a fórmula a seguir a fim de determinar a velocidade máxima a ser utilizada, dado à superelevação e o fator de segurança.

$$V_{máx} = \sqrt{127 \times \left(\frac{h_{pr}}{B} + \frac{\frac{B}{2} - d}{H \times n} \right)} \times \sqrt{R}$$

Figura 12 – Critério de segurança: forças atuantes.



Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

onde:

$V_{máx}$: velocidade máxima com segurança (km/h);

B: bitola e boleto (≈ 1,67 m);

R: raio da curva (m);

α: ângulo da superelevação;

h_{pr}: superelevação prática máxima (≈ 0,14 m);

n: fator de segurança (adotou-se o valor 5);

d: deslocamento do centro de gravidade (≈ 0,10 m);

H: altura do centro de gravidade em relação aos trilhos (≈ 2,20 m).

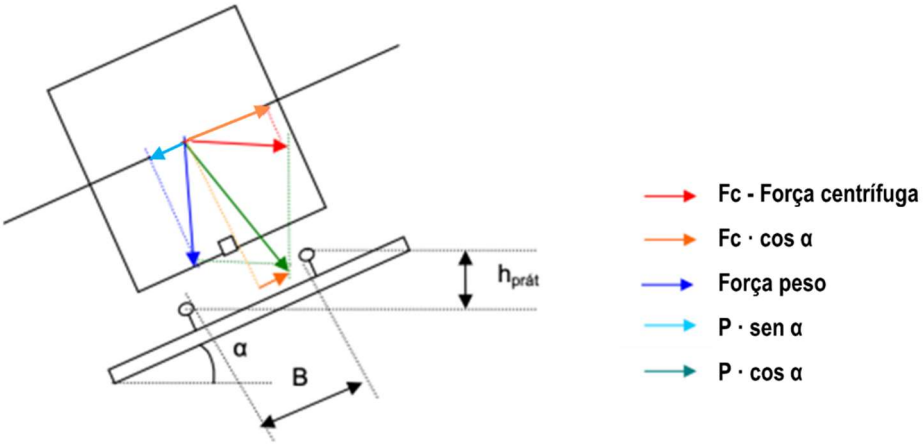
O resultado do menor raio apresentado na geometria foi de 343,823 metros, correspondendo a uma velocidade máxima de 81,11 km/h.

3.3.3.2 CRITÉRIO DE CONFORTO

Em razão da possibilidade de circulação de composições com diferentes velocidades na via, ocorre uma aceleração centrípeta não compensada pela superelevação. Essa aceleração pode ocasionar algum desconforto. Sendo assim, é utilizada a fórmula a seguir a fim de determinar a velocidade máxima a ser utilizada:

$$V_{máx} = \sqrt{127 \times \left(\frac{h_{pr} + \frac{\eta \times B}{g}}{B} \right)} \times \sqrt{R}$$

Figura 13 – Critério de conforto: forças atuantes.



Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

onde:

$V_{máx}$: velocidade máxima com conforto (km/h);

B: bitola e boleto (≈ 1,67 m);

R: raio da curva (m);

α: ângulo da superelevação;

h_{pr}: superelevação prática máxima (≈ 0,14 m);

η: componente da aceleração centrífuga não compensada (≈ 0,497 m/s²);

g: aceleração da gravidade (≈ 9,81 m/s²).

O resultado do menor raio apresentado na geometria foi de 343,823 metros, correspondendo a uma velocidade máxima de 76,63 km/h.

Dessa forma, adotou-se, de forma conservadora no estudo, a velocidade máxima autorizada (VMA) e operacional na via correspondente a 75 km/h e 40 km/h no aparelho de mudança de via (AMV) dentro do pátio de cruzamento.

3.3.4 CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DO MATERIAL RODANTE

No que tange à frota de material rodante, o Consórcio previu a utilização das premissas apresentadas a seguir para a simulação operacional.

3.3.4.1 LOCOMOTIVA

A locomotiva definida para os estudos operacionais foi a AC44i. É uma locomotiva de grande porte, diesel – elétrica de corrente alternada, fabricada pela Wabtec Corporation com uma potência de 4500 HP e 6 eixos. É atualmente a locomotiva mais importante da malha ferroviária nacional, sendo utilizada no transporte das mais diversas commodities como açúcar, soja, minério de ferro, óleo, bauxita etc. As características básicas dessa locomotiva e suas principais dimensões são apresentadas na *Tabela 19*.

Tabela 19 – Características básicas da locomotiva.

ITEM	ESPECIFICAÇÃO
Fabricante	Wabtec
Modelo	AC44i
Classificação AAR	C-C
Número de Eixos	6
Potência Total	4.500 HP
Bitola	1,60 m
Comprimento entre centros de engates	22,30 m
Largura	3,03 m
Altura	4,63 m
Área Frontal	13,98 m²
Base Rígida	4,06 m
Potência Disponível para Tração	4.380 HP
Esforço Trator Máximo	90.178 kgf
Esforço Trator Contínuo (13,4 km/h)	75.300 kgf
Esforço de Frenagem Dinâmica (Máximo)	53.070 kgf
Peso Máximo (com tanque cheio)	195.000 kgf
Peso Real Aderente (fator 0,923)	180.000 kgf
Peso por Eixo	30.000 kgf
Coeficiente de Aderência na partida	35%
Coeficiente de Aderência em trânsito	30%
Relação de engrenagem motor de tração	87/16
Diâmetro da roda	106,69 cm
Capacidade do Tanque de Combustível	18.926 l
Velocidade de Operação - Mínima	13,5 km/h
Velocidade de Operação - Máxima	100 km/h

Fonte: Wabtec. Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Os dados de consumo de combustível referentes a essa locomotiva (disponibilizados pelo fabricante) são os apresentados na *Tabela 20*.

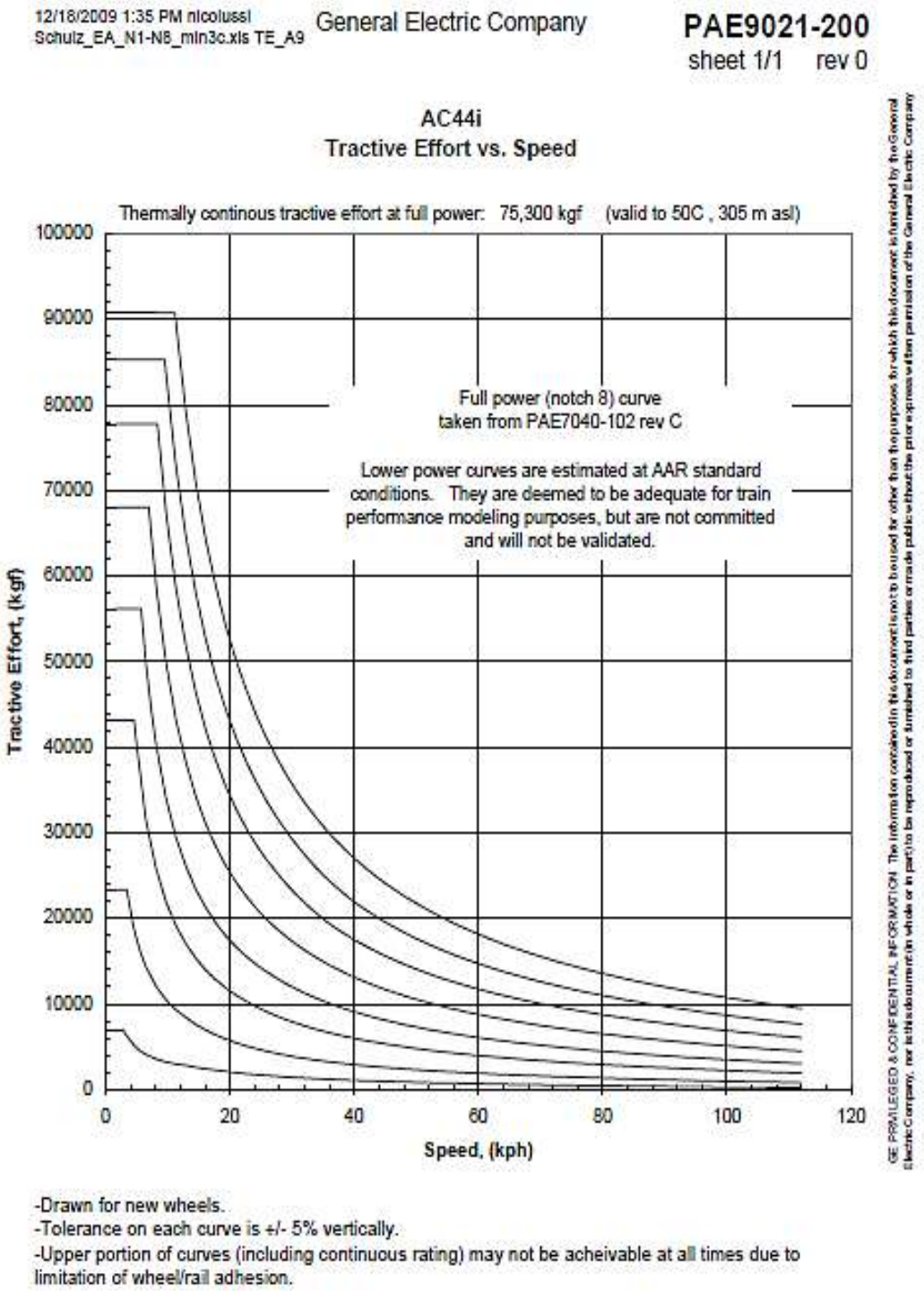
Tabela 20 – Consumo de combustível da locomotiva AC44i por ponto.

PONTO	CONSUMO (Gal/h)	CONSUMO (Litros/h)
FD (freio dinâmico)	7,5	28,4
IDLE (marcha lenta)	2,9	11,0
P1	11,7	44,3
P2	26,7	101,1
P3	54,4	205,9
P4	78,7	297,9
P5	109,6	414,9
P6	140,0	530,0
P7	169,8	642,8
P8	209,3	792,3

Fonte: Wabtec.

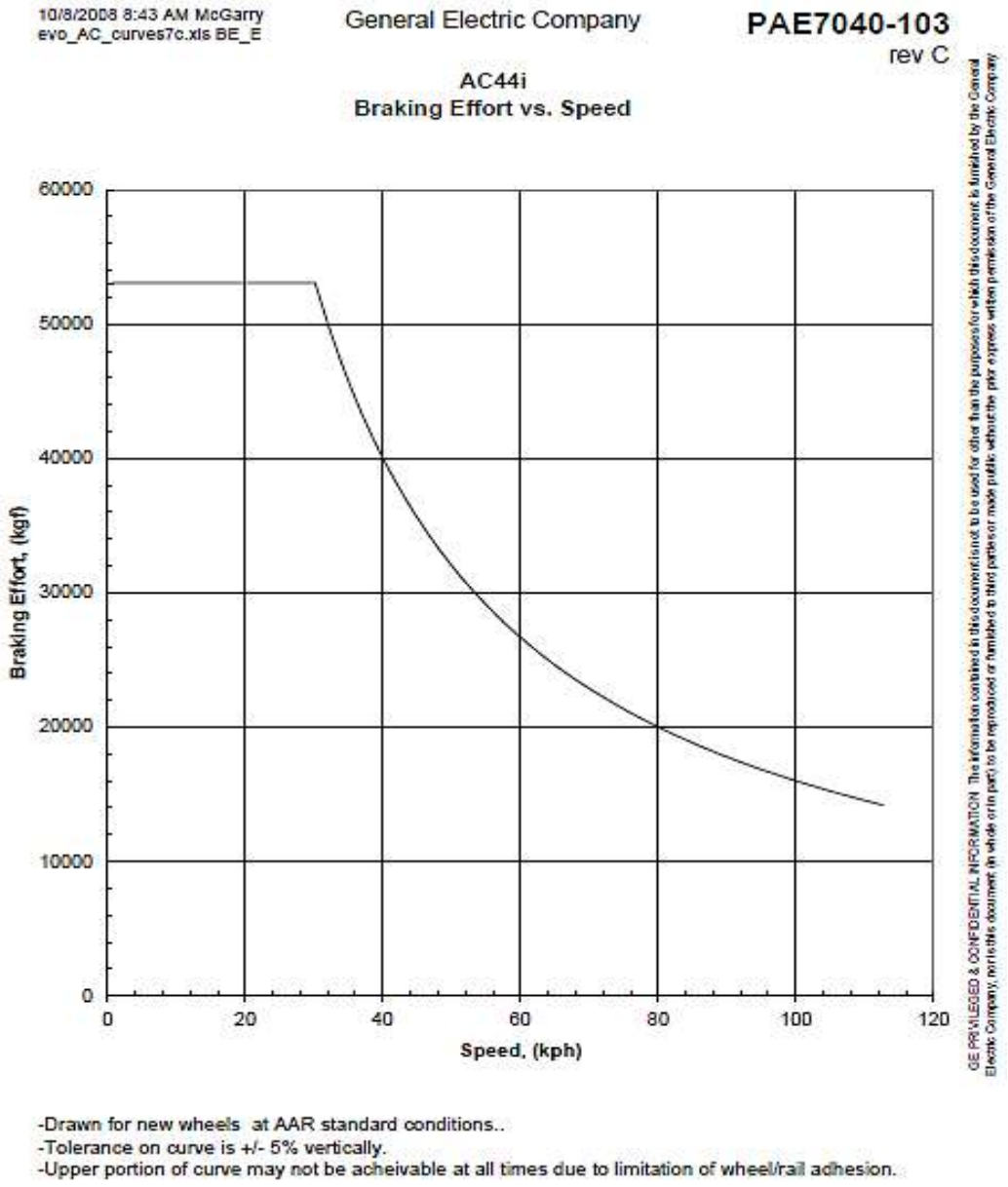
A seguir, apresentam-se as curvas de esforço de tração e de frenagem dinâmica para a locomotiva AC44i, extraídas do manual do fabricante. Ressalta-se que no software de simulação em marcha utilizado, o *Simula FFCC*¸ foram considerados pontos a cada 10 km/h para análise operacional – ou seja, uma simplificação da curva de potência e frenagem da locomotiva.

Figura 14 – Curva do esforço de tração.



Fonte: Wabtec.

Figura 15 – Curva de frenagem dinâmica.



Fonte: Wabtec.

3.3.4.2 VAGÕES

Definiu-se um tipo de vagão para cada produto a ser transportado pela nova ferrovia. Essa relação é apresentada na *Tabela 21*. Na sequência, a *Tabela 22* apresenta as características básicas desses vagões.

Tabela 21 – Vagões utilizados por tipo de carga.

PRODUTO	TIPO DE CARGA	TIPO DE VAGÃO	CLASSIFICAÇÃO
Açúcar	GSA	Graneleiro	HTT
Milho	GSA	Graneleiro	HTT
Soja	GSA	Graneleiro	HTT
Trigo	GSA	Graneleiro	HTT
Farelo de Soja	GSA	Graneleiro	HTT
Adubo (Fertilizantes)	GSA	Graneleiro	HTT
Petróleo e Derivados	GL	Tanque	TCT
Óleo de Soja	GL	Tanque	TCT
Carnes e Miudezas	CONT	Vagão *double stack*	PRT
Obras de Madeira	CONT	Vagão *double stack*	PRT
Obras de Papel	CONT	Vagão *double stack*	PRT

Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Tabela 22 – Características básicas dos vagões considerados.

CLASSIFICAÇÃO	HTT	TCT	PRT
Tipo	Graneleiro	Tanque	Vagão *Double Stack*
Número de eixos (unid.) (a)	4	4	4
Bitola (mm)	1.600	1.600	1.600
Capacidade de carga útil (t) (b)	101,7	97,75	60,96 (2 contêineres)
Capacidade volumétrica (m³)	143	103	N/A
Tara (t) (c)	28,3	32,25	24
Peso bruto (t) (d) = (b) + (c)	130	130	84,96
Peso por eixo (t) (e) = (d)/(a)	32,5	32,5	21,24
Comprimento entre centros de truques (m)	11,970	15,080	15,259
Comprimento entre faces de tração (m)	15,800	19,280	19,571
Altura externa máxima (m)	4,626	4,495	6,230
Largura externa máxima (m)	3,244	2,900	3,080
Área frontal (m²)	15,007	13,036	14,65

Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Observa-se que o maior valor apurado por eixo foi de 32,5 t e a carga máxima por eixo de projeto de engenharia é de 32,5 tf para a via e de 36 tf para Obras de Arte Especiais (OAE's), o que torna o estudo operacional compatível com o estudo de engenharia.

3.3.4.3 CONTÊINER

Para efeito da simulação dos Estudos Operacionais, a *Tabela 23* apresenta as características básicas do tipo de vagão adotado, de acordo com a natureza das cargas a serem transportadas:

Tabela 23 – Características básicas contêiner high cube – 40'.

ITEM	ESPECIFICAÇÃO
Comprimento externo	12.192 mm
Largura externa	2.438 mm
Altura externa	2.895 mm
Comprimento interno	12.032 mm
Largura interna	2.350 mm
Altura interna	2.695 mm
Entradas – largura	2.338 mm
Entradas – altura	2.585 mm
Capacidade cúbica total	76,2 m³
Peso máximo	30.480 kg
Tara	4.150 kg
Carga útil	26.330 kg

Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

3.3.5 TRENS-TIPO PROPOSTOS

A partir dos Estudos de Demanda e dos materiais rodantes definidos, foi possível determinar os trens-tipo médios que circularão na Nova FERROESTE. Para fins de simulação, foram adotados 8 (oito) trens-tipo, os quais distinguem-se pelos tipos de vagões, sentido de carregamento (exportação ou importação) e por trecho (linha tronco ou ramal), conforme *Tabela 24*.

O dimensionamento dos trens-tipo levou em consideração, inclusive, uma premissa fundamental: a diminuição do THP (trem hora parada). Ou seja, não haverá desmembramento e formação de composições entre a origem e o destino da carga.

Além disso, buscou-se evitar problemas decorrentes de contaminação de carga, por exemplo: os vagões tanque carregados com óleo vegetal no sentido exportação voltarão vazios e não com combustível. Eventuais aproveitamentos de vagões que voltarão vazios nas cargas de importação só serão possíveis a partir da compatibilidade do vagão com a carga e da grade horária dos trens.

Ademais, poderá ocorrer o caso de os vagões serem adquiridos pelos próprios produtores - não permitindo cargas de outras empresas. Toda essa configuração segue o critério conservador e deve ser entendido como oportunidades para o futuro concessionário.

Tabela 24 – Trens-tipo adotados para a simulação operacional.

CÓDIGO	NOME DO TREM-TIPO	TIPO DE VAGÃO
TREM-TIPO 1A	Graneleiro de Exportação	HTT
TREM-TIPO 1B	Graneleiro de Importação	HTT
TREM-TIPO 1C	Graneleiro de Importação e Exportação do Ramal	HTT
TREM-TIPO 2A	Contêiner de Exportação	PRT
TREM-TIPO 2B	Contêiner de Exportação do Ramal	PRT
TREM-TIPO 3A	Tanque de Exportação	TCT
TREM-TIPO 3B	Tanque de Importação	TCT
TREM-TIPO 3C	Tanque de Importação do Ramal	TCT

Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Foram também previstas as quantidades de locomotivas AC44i ou similares a fim de avaliar a capacidade delas de suportarem as resistências dos trens-tipo, considerando as características físicas da ferrovia em estudo.

3.3.5.1 TREM-TIPO 01 - VAGÕES HTT

Esse trem-tipo é composto por vagões do tipo HTT que transportam as cargas classificadas no estudo de demanda como:

- Açúcar;
- Milho;
- Soja;
- Farelo de Soja;
- Trigo;
- Adubos (fertilizantes).

Conforme o estudo de demanda, a demanda em TU a ser transportada por esse trem-tipo e o fluxo de vagão por sentido são apresentados na *Tabela 25*:

Tabela 25 – Demanda de cargas e fluxo de vagão por sentido - Trem-tipo 01.

ANO	DEMANDA EM TU POR SENTIDO		FLUXO DE VAGÃO POR SENTIDO	
	EXPORTAÇÃO	IMPORTAÇÃO	EXPORTAÇÃO	IMPORTAÇÃO
2030	7.707.565,15	532.599,32	94%	6%
2040	48.902.162,61	2.712.523,63	95%	5%
2050	56.845.010,39	2.672.275,76	96%	4%
2060	60.577.282,68	2.577.373,85	96%	4%
2070	62.822.085,27	2.482.773,40	96%	4%
2080	64.386.064,71	2.390.319,88	96%	4%
2087	65.204.404,19	2.328.474,70	97%	3%

Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Em função dos grupos de carga a serem transportados (exportação ou importação) e dos trechos (linha tronco ou ramal), subdividiu-se este trem-tipo em outros três:

- Trem-Tipo 01A – Graneleiro de exportação dos produtos açúcar, milho, soja e farelo de soja;
- Trem-Tipo 01B – Graneleiro de importação dos produtos trigo e adubos (fertilizantes);
- Trem-Tipo 01C – Graneleiro de exportação (dos produtos açúcar, milho, soja e farelo de soja) e de importação (trigo e adubos) do Ramal.

3.3.5.1.1 TREM-TIPO 01A E 01B– GRANELEIRO DE EXPORTAÇÃO E GRANELEIRO DE IMPORTAÇÃO

Por um processo de ensaios de esforços nos pontos críticos da ferrovia, utilizando-se como premissa a otimização operacional, verificou-se que a quantidade ótima seria de 140 vagões HTT e 5 (cinco) locomotivas no sentido exportação (rampa máxima de 1,45%).

Uma vez que a ferrovia possui uma vocação exportadora, o trem-tipo do sentido exportação estará totalmente carregado. No sentido importação, devido à menor demanda de produtos neste fluxo, considerou-se duas situações: **1)** aproveitamento de vagões: de acordo com a demanda de trens prevista, os vagões dos produtos de exportação voltarão carregados com as cargas de importação dos produtos trigo e adubos (fertilizantes); **2)** rampa compensada de 1,80%, específica do trecho na Serra do Mar: tal condição geométrica requer o acionamento de uma locomotiva adicional para vencer o percurso. Portanto:

- Trem-Tipo 01A (exportação - carregado): 05 locomotivas AC44i e 140 vagões HTT (carregados);
- Trem-Tipo 01B (importação – parcialmente carregado): 05 locomotivas AC44i (e 1 locomotiva Helper no trecho da Serra do Mar), 102 vagões HTT (carregados) e 38 vagões HTT (vazios);
- Trem-Tipo 01A (importação – vazio): 05 locomotivas AC44i (sendo duas em reboque no Trecho da Serra do Mar e três em reboque nos demais trechos) e 140 vagões HTT (vazios).

Extensão do desvio de cruzamento:

- Comprimento total dos 140 vagões HTT: 2212,00 m;
- Comprimento das 05 locomotivas: 111,50 m;
- Comprimento total: 2.323,50 m
- Comprimento total acrescido com taxa de 80 m para frenagem: 2.403,50 m;
- Extensão dos AMVs: 127,00 m;
- Comprimento total útil: 2.530,50 m.

Extensão compatível com a extensão útil de 2.850,00 m dos pátios.

3.3.5.1.2 TREM-TIPO 01C – GRANELEIRO DE EXPORTAÇÃO E DE IMPORTAÇÃO DO RAMAL

Por um processo de ensaios de esforços nos pontos críticos da ferrovia, utilizando-se como premissa a otimização operacional, verificou-se que a quantidade ótima seria de 110 vagões HTT e 5 (cinco) locomotivas, tanto no sentido exportação quanto no sentido importação, uma vez que a rampa máxima em ambos os sentidos é a mesma (1,45%).

O trem-tipo do sentido exportação (contém a máxima carga dos produtos açúcar, milho, soja e farelo de soja) estará totalmente carregado. No sentido importação os vagões estarão vazios e 3 (três) das locomotivas trafegarão em reboque. Portanto:

- Trem-Tipo 01C (exportação): 05 locomotivas AC44i e 110 vagões HTT (carregados);
- Trem-Tipo 01C (importação): 05 locomotivas AC44i (sendo três em reboque) e 110 vagões HTT (vazios).

O trem-tipo do sentido importação (contém a máxima carga dos produtos trigo e adubo) estará totalmente carregado. No sentido exportação os vagões estarão vazios e 3 (três) das locomotivas trafegarão em reboque. Portanto:

- Trem-Tipo 01C (importação): 05 locomotivas AC44i e 110 vagões HTT (carregados);
- Trem-Tipo 01C (exportação): 05 locomotivas AC44i (sendo três em reboque) e 110 vagões HTT (vazios).

Extensão do desvio de cruzamento:

- Comprimento total dos 110 vagões HTT: 1.738,00 m;
- Comprimento das 05 locomotivas: 111,50 m;
- Comprimento total: 1.849,50 m;
- Comprimento total acrescido com taxa de 80 m para frenagem: 1.929,50 m;
- Extensão dos AMVs: 127,00 m;
- Comprimento total útil: 2.056,50 m.

Extensão compatível com a extensão útil de 2.850,00 m dos pátios.

3.3.5.2 TREM-TIPO 02 – VAGÕES PRT

Esse trem-tipo é composto por vagões do tipo PRT que transportam as cargas classificadas no estudo de demanda como:

- Carnes e Miudezas;
- Obras de Madeira;
- Obras de Papel.

Conforme o estudo de demanda, a demanda em TU a ser transportada por esse trem-tipo e o fluxo de vagão por sentido são apresentados na *Tabela 26*:

Tabela 26 – Demanda de cargas e fluxo de vagão por sentido - Trem-tipo 02.

ANO	DEMANDA EM TU POR SENTIDO		FLUXO DE VAGÃO POR SENTIDO	
	EXPORTAÇÃO	IMPORTAÇÃO	EXPORTAÇÃO	IMPORTAÇÃO
2030	1.787.664,59	-	100%	-
2040	5.859.970,29	-	100%	-
2050	6.697.329,56	-	100%	-
2060	7.275.971,86	-	100%	-
2070	7.720.597,15	-	100%	-
2080	8.115.081,91	-	100%	-
2087	8.364.374,50	-	100%	-

Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Em função dos grupos de carga a serem transportados, subdividiu-se este trem-tipo em outros dois:

- Trem-Tipo 02A – Contêiner de exportação dos produtos carnes e miudezas, obras de madeira e obras de papel;
- Trem-Tipo 02B – Contêiner de exportação do produto carnes e miudezas do ramal.

3.3.5.2.1 TREM-TIPO 02A – CONTÊINER DE EXPORTAÇÃO

Por um processo de ensaios de esforços nos pontos críticos da ferrovia, utilizando-se como premissa a otimização operacional, verificou-se que a quantidade ótima seria de 110 vagões PRT e 4 (quatro) locomotivas no sentido exportação (rampa máxima de 1,45%).

O trem-tipo do sentido exportação estará totalmente carregado. No sentido importação os vagões estarão vazios e 3 (três) das locomotivas trafegarão em reboque. Portanto:

- Trem-tipo 02A (exportação): 04 locomotivas AC44i e 110 vagões PRT (carregados);
- Trem-tipo 02A (importação): 04 locomotivas AC44i (sendo três em reboque) e 110 vagões PRT (vazios).

Extensão do desvio de cruzamento:

- Comprimento total dos 110 vagões PRT: 2.152,70 m;
- Comprimento das 04 locomotivas: 89,20 m;
- Comprimento total: 2.241,90 m;
- Comprimento total acrescido com taxa de 80 m para frenagem: 2.321,90 m;
- Extensão dos AMVs: 127,00 m;
- Comprimento total útil: 2.448,90 m.

Extensão compatível com a extensão útil de 2.850,00 m dos pátios.

3.3.5.2.2 TREM-TIPO 02B – CONTÊINER DE EXPORTAÇÃO DO RAMAL

Por um processo de ensaios de esforços nos pontos críticos da ferrovia, utilizando-se como premissa a otimização operacional, verificou-se que a quantidade ótima seria de 102 vagões PRT e 3 (três) locomotivas no sentido exportação (rampa máxima de 1,45%).

O trem-tipo do sentido exportação estará totalmente carregado. No sentido importação os vagões estarão vazios e 2 (duas) das locomotivas trafegarão em reboque. Portanto:

- Trem-tipo 02B (exportação): 03 locomotivas AC44i e 102 vagões PRT (carregados);
- Trem-tipo 02B (importação): 03 locomotivas AC44i (sendo duas em reboque) e 102 vagões PRT (vazios).

Extensão do desvio de cruzamento:

- Comprimento total dos 102 vagões PRT: 1.996,14 m;
- Comprimento das 03 locomotivas: 66,90 m;
- Comprimento total: 2.063,04 m;
- Comprimento total acrescido com taxa de 80 m para frenagem: 2.143,04 m;

- Extensão dos AMVs: 127,00 m;
- Comprimento total útil: 2.270,04 m.

Extensão compatível com a extensão útil de 2.850,00 m dos pátios.

3.3.5.3 TREM-TIPO 03 - VAGÕES TCT

Esse trem-tipo é composto por vagões do tipo TCT que transportam as cargas classificadas no estudo de demanda como:

- Óleo de Soja;
- Petróleo e Derivados.

Conforme o estudo de demanda, a demanda em TU a ser transportada por esse trem-tipo e o fluxo de vagão por sentido são apresentados na *Tabela 27*:

Tabela 27 – Demanda de cargas e fluxo de vagão por sentido - Trem-tipo 03.

ANO	DEMANDA EM TU POR SENTIDO		FLUXO DE VAGÃO POR SENTIDO	
	EXPORTAÇÃO	IMPORTAÇÃO	EXPORTAÇÃO	IMPORTAÇÃO
2030	145.014,93	2.944.300,00	5%	95%
2040	1.523.470,87	6.878.946,44	18%	82%
2050	1.712.445,47	7.745.531,26	18%	82%
2060	1.820.968,68	7.925.290,29	19%	81%
2070	1.874.079,82	7.995.611,04	19%	81%
2080	1.905.201,18	8.022.586,88	19%	81%
2087	1.919.823,00	8.030.737,51	19%	81%

Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Em função dos grupos de carga a serem transportados, subdividiu-se este trem-tipo em outros dois:

- Trem-Tipo 03A – Tanque de exportação do produto óleo de soja;
- Trem-Tipo 03B – Tanque de importação do produto petróleo e derivados;
- Trem-Tipo 03C – Tanque de importação do produto petróleo e derivados do Ramal.

3.3.5.3.1 TREM-TIPO 03A – TANQUE DE EXPORTAÇÃO

Por um processo de ensaios de esforços nos pontos críticos da ferrovia, utilizando-se como premissa a otimização operacional, verificou-se que a quantidade ótima seria de 112 vagões TCT e 4 (quatro) locomotivas no sentido exportação (rampa máxima de 1,45%).

O trem-tipo do sentido exportação (contém a máxima carga) estará totalmente carregado. No sentido importação os vagões estarão vazios e 2 (duas) das locomotivas trafegarão em reboque. Portanto:

- Trem-Tipo 03A (exportação): 04 locomotivas AC44i e 112 vagões TCT (carregados);
- Trem-Tipo 03A (importação): 04 locomotivas AC44i (sendo duas em reboque) e 112 vagões TCT (vazios).

Extensão do desvio de cruzamento:

- Comprimento total dos 112 vagões TCT: 2.159,36 m;
- Comprimento das 04 locomotivas: 89,20 m;
- Comprimento total: 2.248,56 m
- Comprimento total acrescido com taxa de 80 m para frenagem: 2.328,56 m;
- Extensão dos AMVs: 127,00 m;
- Comprimento total útil: 2.455,56 m.

Extensão compatível com a extensão útil de 2.850,00 m dos pátios.

3.3.5.3.2 TREM-TIPO 03B – TANQUE DE IMPORTAÇÃO

Por um processo de ensaios de esforços nos pontos críticos da ferrovia, utilizando-se como premissa a otimização operacional, verificou-se que a quantidade ótima seria de 102 vagões TCT e 5 (cinco) locomotivas no sentido importação (rampa máxima de 1,80%).

O trem-tipo do sentido importação estará totalmente carregado. No sentido exportação os vagões estarão vazios e 1 (uma) das locomotivas trafegará em reboque. Portanto:

- Trem-Tipo 03B (importação): 05 locomotivas AC44i (e 1 locomotiva Helper no trecho da Serra do Mar) e 102 vagões TCT (carregados);
- Trem-Tipo 03B (exportação): 05 locomotivas AC44i (sendo uma em reboque) e 102 vagões TCT (vazios).

Extensão do desvio de cruzamento:

- Comprimento total dos 102 vagões TCT: 1.966,56 m;
- Comprimento das 05 locomotivas: 111,50 m;
- Comprimento total: 2.078,06 m;
- Comprimento total acrescido com taxa de 80 m para frenagem: 2.158,06 m;
- Extensão dos AMVs: 127,00 m;
- Comprimento total útil: 2.285,06 m.

Extensão compatível com a extensão útil de 2.850,00 m dos pátios.

3.3.5.3.3 TREM-TIPO 03C – TANQUE DE IMPORTAÇÃO DO RAMAL

Por um processo de ensaios de esforços nos pontos críticos da ferrovia, utilizando-se como premissa a otimização operacional, verificou-se que a quantidade ótima seria de 102 vagões TCT e 5 (cinco) locomotivas no sentido importação (rampa máxima de 1,45%).

O trem-tipo do sentido importação estará totalmente carregado. No sentido exportação os vagões estarão vazios e 3 (três) das locomotivas trafegarão em reboque. Portanto:

- Trem-Tipo 03B (importação): 05 locomotivas AC44i e 102 vagões TCT (carregados);
- Trem-Tipo 03B (exportação): 05 locomotivas AC44i (sendo três em reboque) e 102 vagões TCT (vazios).

Extensão do desvio de cruzamento:

- Comprimento total dos 102 vagões TCT: 1.966,56 m;
- Comprimento das 05 locomotivas: 111,50 m;
- Comprimento total: 2.078,06 m;
- Comprimento total acrescido com taxa de 80 m para frenagem: 2.158,06 m;
- Extensão dos AMVs: 127,00 m;
- Comprimento total útil: 2.285,06 m.

Extensão compatível com a extensão útil de 2.850,00 m dos pátios.

3.3.5.4 Resumo dos Trens-Tipo Considerados

A *Tabela 28* e a *Tabela 29* apresentam o resumo dos trens-tipo considerados.

Tabela 28 – Resumo dos trens-tipo considerados – linha tronco.

ESPECIFICAÇÃO	TREM-TIPO 1A	TREM-TIPO 1B	TREM-TIPO 2A	TREM-TIPO 3A	TREM-TIPO 3B
Nome do Trem-tipo	Graneleiro de Exportação	Graneleiro de Importação	Contêiner de Exportação	Tanque de Exportação	Tanque de Importação
Produtos	Açúcar, Milho, Soja e Farelo de Soja	Trigo e Adubo (Fertilizantes)	Carnes e Miudezas, Obras de Madeira, Obras e Papel	Óleo de Soja	Petróleo e Derivados
Tipo de Vagão	HTT	HTT	PRT	TCT	TCT
Comp. Vagão (m)	15,80	15,80	19,57	19,28	19,28
Nº de Vagões	140	102	110	112	102
Carga útil (t)	14.238,00	10.373,40	5.792,60	10.976,00	9.996,00
Comp. Locomotivas (m)	22,30	22,30	22,30	22,30	22,30
Rampa máxima (%)	1,45%	1,80% (Serra do Mar)	1,45%	1,45%	1,80% (Serra do Mar)
Nº de Locomotivas	5	5	4	4	5
Comp. Total (m)	2.323,50	1.723,10	2.241,90	2.248,56	2.078,06
Comp. Total com acréscimo de 80 m para frenagem (m)	2.403,50	1.803,10	2.321,90	2.328,56	2.158,06
Extensão dos AMVs (m)	127,00	127,00	127,00	127,00	127,00
Comp. Total Útil (m)	2.530,50	1.930,10	2.448,90	2.455,56	2.285,06

Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Tabela 29 – Resumo dos trens-tipo considerados – ramal.

ESPECIFICAÇÃO	TREM-TIPO 1C	TREM-TIPO 2B	TREM-TIPO 3C
Nome do Trem-tipo	Graneleiro de Exportação e de Importação do Ramal	Contêiner de Exportação do Ramal	Tanque de Importação do Ramal
Produtos	Açúcar, Milho, Soja e Farelo de Soja (exportação) e Trigo e Adubo (importação)	Carnes e Miudezas,	Petróleo e Derivados
Tipo de Vagão	HTT	PRT	TCT
Comp. Vagão (m)	15,80	19,57	19,28
Nº de Vagões	110	102	102
Carga útil (t)	11.187,00	5.371,32	9.996,00
Comp. Locomotivas (m)	22,30	22,30	22,30
Rampa máxima (%)	1,45%	1,45%	1,45%
Nº de Locomotivas	5	3	5
Comp. Total (m)	1.849,50	2.063,04	2.078,06
Comp. Total com acréscimo de 80 m para frenagem (m)	1.929,50	2.143,04	2.158,06
Extensão dos AMVs (m)	127,00	127,00	127,00
Comp. Total Útil (m)	2.056,50	2.270,04	2.285,06

Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Observar-se, portanto, que o comprimento útil de todos os trens-tipo é compatível com a extensão útil adotada para os pátios (2.850,00 m).

3.3.6 VERIFICAÇÃO DOS TRENS-TIPO PROPOSTOS

A princípio, o cálculo do número de vagões e locomotivas que compõem a configuração de um trem leva em consideração a força de tração das locomotivas e a resistência ao movimento que todos os veículos oferecem. Tal resistência ao movimento pode ser dividida da seguinte forma:

- Resistência Normal: atua sempre, sendo composta por atrito do ar e das peças móveis;
- Resistência Acidental:
  - Rampa – componente do peso atua no sentido oposto ao movimento;
  - Curva – dificuldade de inscrição dos truques.

Já a força de tração de cada locomotiva depende do seu peso e potência. O peso é decisivo para garantir a aderência roda-trilho, evitando que a máquina “patine”.

O cálculo da lotação é feito para o pior trecho do traçado, ou seja, aquele que apresenta maior somatória de resistências e onde o trem desenvolve velocidade crítica (velocidade baixa, com elevado torque nos eixos).

O equilíbrio se dá igualando-se o esforço trator com a resistência total da composição:

$$n_{loco} \times F = n_{loco} \times R_{T,loco} + n_{vag} \times R_{T,vag}$$

onde:

n_{loco}: Número de locomotivas;

n_{vag}: Número de vagões;

F: Esforço trator;

$R_{T,\text{loco}}$: Resistência total da locomotiva (normal e acidentais);

$R_{T,\text{vag}}$: Resistência total do vagão (normal e acidentais).

É importante destacar que os resultados dessa verificação precisam ser comparados ainda com os resultados da simulação operacional em *software*, uma vez que essa analisa o desempenho dos trens-tipo propostos a cada metro do traçado geométrico, simulando a interação entre a curva de potência das locomotivas e as condições geométricas do traçado da ferrovia, sendo assim mais precisa. Isto significa que o número de locomotivas e vagões adotados para cada trem-tipo é confirmado nas iterações da simulação.

3.3.6.1 RESISTÊNCIAS

Para ratificar os trens tipo propostos, é necessário que se comprove que as composições obtidas consigam operar com as cargas e características físicas impostas pelo estudo/projeto.

3.3.6.1.1 TAXA DE RESISTÊNCIA NORMAL – LOCOMOTIVA

Fórmula:

$$R_{n,loc} = 0{,}65 + \frac{13{,}2}{W_{loc}} + 0{,}00931 \times V + \frac{0{,}00453 \times A_{loc} \times V^2}{W_{loc} \times N_{loc}}$$

onde:

$R_{n,loc}$: Taxa de resistência normal da locomotiva (kgf/t);

W_{loc}: Peso por eixo da locomotiva (32,50 t, conforme *Tabela 19*);

V: Velocidade adotada (15 km/h);

A_{loc}: Área frontal da locomotiva (13,98 m², conforme *Tabela 19*);

N_{loc}: Número de eixos da locomotiva (06, conforme *Tabela 19*).

Substituindo os valores na fórmula tem-se: $R_{n,loc} = 1{,}27\ kgf/t.$

3.3.6.1.2 TAXA DE RESISTÊNCIA NORMAL – VAGÃO

Fórmula:

$$R_{n,vag} = 0{,}65 + \frac{13{,}2}{W_{vag}} + 0{,}01395 \times V + \frac{0{,}000944 \times A_{vag} \times V^2}{W_{vag} \times N_{vag}}$$

onde:

$R_{n,vag}$: Taxa de resistência normal do vagão (kgf/t);

W_{vag}: Peso por eixo do vagão (t);

V: Velocidade adotada (km/h);

A_{vag}: Área frontal por tipo de vagão (m²);

N_{vag}: Número de eixos do vagão.

3.3.6.1.2.1 TAXA DE RESISTÊNCIA NORMAL – VAGÃO HTT – CARREGADO

Tem-se:

$R_{n,vagHTTcar}$: Taxa de resistência normal do vagão HTT carregado (kgf/t);

$W_{vagHTTcar}$: Peso por eixo do vagão HTT carregado (32,50 t, conforme *Tabela 22*);

V: Velocidade adotada (15 km/h);

A_{vagHTT}: Área frontal do vagão HTT (15,01 m², conforme *Tabela 22*);

N_{vagHTT}: Número de eixos do vagão HTT (04, conforme *Tabela 22*).

Substituindo os valores na fórmula tem-se: $R_{n,vagHTTcar} = 1{,}29\ kgf/t$.

3.3.6.1.2.2 TAXA DE RESISTÊNCIA NORMAL – VAGÃO HTT – VAZIO

Tem-se:

$R_{n,vagHTTvaz}$: Taxa de resistência normal do vagão HTT vazio (kgf/t);

$W_{vagHTTvaz}$: Peso por eixo do vagão HTT vazio (7,08 t, conforme *Tabela 22*);

V: Velocidade adotada (15 km/h);

A_{vagHTT}: Área frontal do vagão HTT (15,01 m², conforme *Tabela 22*);

N_{vagHTT}: Número de eixos do vagão HTT (04, conforme *Tabela 22*).

Substituindo os valores na fórmula tem-se: $R_{n,vagHTTvaz} = 2{,}84\ kgf/t$.

3.3.6.1.2.3 TAXA DE RESISTÊNCIA NORMAL – VAGÃO PRT – CARREGADO

Tem-se:

$R_{n,vagPRTcar}$: Taxa de resistência normal do vagão PRT carregado (kgf/t);

$W_{vagPRTcar}$: Peso por eixo do vagão PRT carregado (21,24 t, conforme *Tabela 22*);

V: Velocidade adotada (15 km/h);

A_{vagPRT}: Área frontal do vagão PRT (14,65 m², conforme *Tabela 22*);

N_{vagPRT}: Número de eixos do vagão PRT (04, conforme *Tabela 22*).

Substituindo os valores na fórmula tem-se: $R_{n,vagPRTcar} = 1{,}52\ kgf/t$.

3.3.6.1.2.4 TAXA DE RESISTÊNCIA NORMAL – VAGÃO PRT – VAZIO

Tem-se:

$R_{n,vagPRTvaz}$: Taxa de resistência normal do vagão PRT vazio (kgf/t);

$W_{vagPRTvaz}$: Peso por eixo do vagão PRT vazio (8,075 t, conforme *Tabela 22*);

V: Velocidade adotada (15 km/h);

A_{vagPRT}: Área frontal do vagão PRT (14,65 m², conforme *Tabela 22*);

N_{vagPRT}: Número de eixos do vagão PRT (04, conforme *Tabela 22*).

Substituindo os valores na fórmula tem-se: $R_{n,vagPRTvaz} = 2{,}59\ kgf/t$.

3.3.6.1.2.5 TAXA DE RESISTÊNCIA NORMAL – VAGÃO TCT – CARREGADO

Tem-se:

$R_{n,vagTCTcar}$: Taxa de resistência normal do vagão TCT carregado (kgf/t);

$W_{vagTCTcar}$: Peso por eixo do vagão TCT carregado (32,50 t, conforme *Tabela 22*);

V: Velocidade adotada (15 km/h);

A_{vagTCT}: Área frontal do vagão TCT (13,04 m², conforme *Tabela 22*);

N_{vagTCT}: Número de eixos do vagão TCT (04, conforme *Tabela 22*).

Substituindo os valores na fórmula tem-se: $R_{n,vagTCTcar} = 1{,}29\ kgf/t$.

3.3.6.1.2.6 TAXA DE RESISTÊNCIA NORMAL – VAGÃO TCT – VAZIO

Tem-se:

$R_{n,vagTCTvaz}$: Taxa de resistência normal do vagão TCT vazio (kgf/t);

$W_{vagTCTvaz}$: Peso por eixo do vagão TCT vazio (8,06 t, conforme *Tabela 22*);

V: Velocidade adotada (15 km/h);

A_{vagTCT}: Área frontal do vagão TCT (13,04 m², conforme *Tabela 22*);

N_{vagTCT}: Número de eixos do vagão TCT (04, conforme *Tabela 22*).

Substituindo os valores na fórmula tem-se: $R_{n,vagTCTvaz} = 2{,}58\ kgf/t$.

3.3.6.1.3 RESISTÊNCIA ACIDENTAL

A resistência acidental ocorre devido às características da via e é decomposta em Resistência de Curva e Resistência de Rampa.

3.3.6.1.3.1 RESISTÊNCIA DE CURVA

A resistência de curva representa a dificuldade que o veículo ferroviário apresenta ao se inscrever em uma curva. A determinação da referida resistência mostra-se influenciada pela configuração do truque (distância entre eixos), pela bitola da via e pelo raio da curva. Em virtude desses condicionantes, sua determinação apresenta incertezas, sendo usual a utilização da formulação empírica de Stevenson que conduz a resultados bastante satisfatórios.

- **Taxa de Resistência de Curva – Locomotivas:**

$$R_{c,loc} = 0{,}2 + \frac{(B + b + 3{,}8) \times 100}{R}$$

onde:

$R_{c,loc}$: Taxa de resistência de curva da locomotiva (kgf/t);

R: Menor raio da curva do trecho (343,823 m, conforme *Tabela 15*);

B: Base rígida da locomotiva (4,06 m, conforme *Tabela 19*);

b: Bitola da via (1,60 m, conforme *Tabela 15*).

Substituindo os valores na fórmula, o resultado equivale a: $R_{c,loc} = 2{,}95\ kgf/t$

- **Taxa de Resistência de Curva – Vagões:**

$$R_{c,vag} = \frac{500 \times b}{R}$$

onde:

$R_{c,vag}$: Taxa de resistência de curva do vagão (kgf/t);

R: Menor raio da curva do trecho (343,823 m, conforme *Tabela 15*);

b: Bitola da via (1,60 m, conforme *Tabela 15*).

Substituindo os valores na fórmula, o resultado equivale a: $R_{c,vag} = 2{,}33\ kgf/t$

3.3.6.1.3.2 RESISTÊNCIA DE RAMPA

A resistência de rampa consiste na parcela do esforço trator das locomotivas responsável por equilibrar a componente do peso que atua de forma contrária ao movimento da composição ferroviária nas rampas.

A fórmula a seguir é a utilizada para o cálculo desta taxa de resistência:

$$R_g = 10 \times i$$

onde:

R_g: Taxa de resistência da rampa (kgf/t);

i: Percentual de inclinação da rampa (%).

Substituindo o valor da inclinação da rampa no trecho crítico sentido exportação (1,45%), tem-se: $R_{g,exp} = 14{,}50\ kgf/t$.

Substituindo o valor da inclinação da rampa no trecho crítico sentido importação (1,80%), tem-se: $R_{g,imp} = 18{,}00\ kgf/t$.

Substituindo o valor da inclinação da rampa no trecho crítico sentido exportação e importação do ramal (1,45%), tem-se: $R_{g,ramal} = 14{,}50\ kgf/t$.

3.3.6.1.4 RESISTÊNCIA DE CADA VAGÃO

A determinação da resistência dos vagões é obtida a partir da soma da resistência normal com a resistência de rampa nos trechos críticos através da seguinte fórmula, considerando-se rampa compensada:

$$R_{vag} = R_{n,vag} + R_g$$

onde:

R_{vag}: Taxa de resistência do vagão (kgf/t);

$R_{n,vag}$: Taxa de resistência normal por tipo de vagão (kgf/t, conforme item *3.3.6.1.2*);

R_g: Taxa de resistência da rampa (kgf/t, conforme item *3.3.6.1.3.2*).

Por sua vez, a resistência total de cada vagão é obtida da seguinte maneira:

$$R_{T,vag} = R_{vag} \times P_{max}$$

onde:

$R_{T,vag}$: Resistência total de cada vagão (kgf);

R_{vag}: Taxa de resistência do vagão (kgf/t);

P_{max}: Peso máximo (peso bruto) de cada vagão (t, conforme *Tabela 22*).

Assim, a *Tabela 30* e a *Tabela 31* apresentam os resultados da taxa de resistência e da resistência total de cada vagão, respectivamente.

Tabela 30 – Taxa de resistência de cada vagão.

	RAMPA COMPENSADA MÁXIMA/ PARÂMETROS					
	1,45% (EXPORTAÇÃO)		1,80% (IMPORTAÇÃO)		1,45% (RAMAL)	
TAXA DE RESISTÊNCIA	CARREGADO	VAZIO	CARREGADO	VAZIO	CARREGADO	VAZIO
R_{vagHTT} (kgf/t)	15,79	17,34	19,29	20,84	15,79	17,34
R_{vagPRT} (kgf/t)	16,02	17,09	19,52	20,59	16,02	17,09
R_{vagTCT} (kgf/t)	15,79	17,08	19,29	20,58	15,79	17,08

Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Tabela 31 – Resistência total de cada vagão.

	RAMPA COMPENSADA MÁXIMA/ PARÂMETROS					
	1,45% (EXPORTAÇÃO)		1,80% (IMPORTAÇÃO)		1,45% (RAMAL)	
RESISTÊNCIA TOTAL	CARREGADO	VAZIO	CARREGADO	VAZIO	CARREGADO	VAZIO
$R_{T,vagHTT}$ (kgf)	2.052,69	490,65	2.507,69	589,70	2.052,69	490,65
$R_{T,vagPRT}$ (kgf)	1.360,83	410,17	1.658,19	494,17	1.360,83	410,17
$R_{T,vagTCT}$ (kgf)	2.052,27	550,90	2.507,27	663,78	2.052,27	550,90

Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

3.3.6.1.5 RESISTÊNCIA DA LOCOMOTIVA

A determinação da resistência da locomotiva é obtida a partir da soma da resistência normal com a resistência de rampa nos trechos críticos através da seguinte fórmula, considerando-se rampa compensada:

$$R_{loc} = R_{n,loc} + R_g$$

onde:

R_{loc}: Taxa de resistência da locomotiva (kgf/t);

$R_{n,loc}$: Taxa de resistência normal da locomotiva (kgf/t, conforme item *3.3.6.1.2*);

R_g: Taxa de resistência da rampa (kgf/t, conforme item *3.3.6.1.3.2*).

Por sua vez, a resistência total da locomotiva é obtida da seguinte maneira:

$$R_{T,loc} = R_{loc} \times P_{ad}$$

onde:

$R_{T,loc}$: Resistência total da locomotiva (kgf);

R_{loc}: Taxa de resistência da locomotiva (kgf/t);

P_{ad}: Peso aderente da locomotiva (t, conforme *Tabela 19*).

Assim, a *Tabela 32* apresenta os resultados da taxa de resistência e da resistência total da locomotiva.

Tabela 32 – Taxa de resistência da locomotiva.

	RAMPA COMPENSADA MÁXIMA		
RESISTÊNCIA	1,45% (EXPORTAÇÃO)	1,80% (IMPORTAÇÃO)	1,45% (RAMAL)
R_{loc} (kgf/t)	15,77	19,27	15,77
$R_{T,loc}$ (kgf)	2.838,4	3.468,4	2.838,4

Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

3.3.6.1.6 RESISTÊNCIA TOTAL

A resistência total é a soma de todas as taxas de resistências normais e acidentais multiplicadas pelo peso aderente. Sua fórmula é dada a seguir:

$$R_T = \sum_{i=1}^{m} (n_{loc_i} \times R_{T,loc_i}) + \sum_{i=1}^{k} (n_{vag_i} \times R_{T,vag_i})$$

onde:

m: Número de tipos de locomotiva;

n_{loc_i}: Número de locomotivas por tipo;

R_{T,loc_i}: Resistência total da locomotiva por tipo;

k: Número de tipos de vagões;

n_{vag_i}: Número de vagões por tipo;

R_{T,vag_i}: Resistência total do vagão por tipo.

Substituindo-se os valores na fórmula, tem-se os seguintes resultados por trem-tipo:

- Resistência Total do Trem-Tipo 1A:

$$R_{T_{1A}} = (5 \times 2.838{,}40) + (140 \times 2.052{,}69)$$

$$R_{T_{1A}} = 301.568{,}58\ kgf$$

- Resistência Total do Trem-Tipo 1B:

$$R_{T_{1B}} = (5 \times 3.468{,}40) + (102 \times 2.507{,}69)$$

$$R_{T_{1B}} = 273.126{,}36\ kgf$$

- Resistência Total do Trem-Tipo 1C:

$$R_{T_{1C}} = (5 \times 2.838{,}40) + (110 \times 2.052{,}69)$$

$$R_{T_{1C}} = 239.987{,}88\ kgf$$

- Resistência Total do Trem-Tipo 2A:

$$R_{T_{2A}} = (4 \times 2.838{,}40) + (110 \times 1.360{,}83)$$

$$R_{T_{2A}} = 161.045{,}28\ kgf$$

- Resistência Total do Trem-Tipo 2B:

$$R_{T_{2B}} = (3 \times 2.838{,}40) + (102 \times 1.360{,}83)$$

$$R_{T_{2B}} = 147.320{,}21\ kgf$$

- Resistência Total do Trem-Tipo 3A:

$$R_{T_{3A}} = (4 \times 2.838{,}40) + (112 \times 2.052{,}27)$$

$$R_{T_{3A}} = 241.207{,}97\ kgf$$

- Resistência Total do Trem-Tipo 3B:

$$R_{T_{3B}} = (5 \times 3.468{,}40) + (102 \times 2.507{,}27)$$

$$R_{T_{3B}} = 273.083{,}66\ kgf$$

- Resistência Total do Trem-Tipo 3C:

$$R_{T_{3C}} = (5 \times 2.838{,}40) + (102 \times 2.052{,}27)$$

$$R_{T_{3C}} = 223.523{,}66\ kgf$$

3.3.6.2 Características do Material de Tração e Carga Rebocada

3.3.6.2.1 Esforço Trator

Uma vez que a velocidade das locomotivas é constante, o seu esforço trator iguala-se à soma das resistências ao movimento. Este esforço depende da potência das máquinas e é limitado pela aderência delas aos trilhos.

3.3.6.2.1.1 Potência da Máquina

O torque transferido pela máquina aos eixos da locomotiva é inversamente proporcional à velocidade desenvolvida (como ocorre em um carro, por exemplo). Nas locomotivas, as marchas são denominadas “pontos”. A velocidade crítica, considerada para o pior trecho do traçado, apresenta maior torque.

A curva de isopotência vem determinada pelo fabricante e tem a seguinte forma:

$$F = \frac{273{,}24 \times W_{HPef}}{V}$$

onde:

F: Força tratora da locomotiva (kgf);

V: Velocidade do comboio (15 km/h, velocidade mínima considerada);

W_{HPef}: Rendimento do motor (0,9733) multiplicado pela potência (4.500 HP, conforme *Tabela 19*).

Substituindo-se os valores na fórmula, tem-se: $F = 79.783{,}35\ kgf$.

3.3.6.2.1.2 ESFORÇO TRATOR ADERENTE

O esforço trator aderente, ou força de aderência, é uma espécie de atrito de escorregamento das rodas em contato com os trilhos em uma primeira aproximação. Deve ser conhecido, pois se o esforço de tração (E_T) ultrapassar o limite do valor da força de aderência (A), ocorrerá patinação, com as rodas eventualmente deslizando sobre os trilhos sem que haja quase movimento ou com pouco movimento ou locomoção da composição ferroviária, em relação à via permanente.

$$A = 1000 \times f_a \times P_a$$

onde:

A: Esforço aderente (kgf);

f_a: Fator de aderência roda-trilho (adimensional, 35%, conforme *Tabela 19*);

P_a: Peso aderente da locomotiva (180 tf, conforme *Tabela 19*).

Substituindo-se os valores na fórmula, tem-se: $A = 63.000\ kgf$.

Uma vez que o esforço trator depende da potência das máquinas, mas é limitado pela aderência delas aos trilhos: $E_T = A = 63.000\ kgf$.

3.3.6.2.2 ESFORÇO TRATOR ÚTIL

O esforço trator útil (E_{Tu}) é definido como o esforço disponível na barra do engate da locomotiva. Assim, se faz necessário descontar o próprio esforço que a locomotiva precisa fazer para se locomover.

$$E_{Tu} = E_T - R_{T,loc}$$

onde:

E_{Tu}: Esforço trator útil (kgf);

E_T: Esforço trator (adotou-se 63.000 kgf, conforme item *3.3.6.2.1.2*, para evitar patinação);

$R_{T,loc}$: Resistência total da locomotiva (kgf, conforme item *3.3.6.1.5*).

Substituindo-se os valores na fórmula, tem-se:

- Esforço trator útil sentido exportação (rampa compensada de 1,45%):

$$E_{Tu} = 63.000 - 2.838{,}40$$

$$E_{Tu,exp} = 60.161{,}60\ kgf$$

- Esforço trator útil sentido importação (rampa compensada de 1,80%):

$$E_{Tu} = 63.000 - 3.468{,}40$$

$$E_{Tu,imp} = 59.531{,}60\ kgf$$

- Esforço trator útil no ramal sentido exportação e importação (rampa compensada de 1,45%):

$$E_{Tu} = 63.000 - \ 2.838{,}40$$

$$E_{Tu,ramal} = 60.161{,}60\ kgf$$

3.3.6.3 CÁLCULO DA QUANTIDADE DE LOCOMOTIVA NECESSÁRIA PARA CADA TREM-TIPO

O dimensionamento da composição baseou-se na capacidade de tração mínima em 15 km/h. Neste estudo, foi considerada a resistência total de cada trem-tipo calculada acima, devido ao esforço trator da locomotiva. Desta forma, tem-se:

$$n_{loc} = \frac{R_T}{E_T}$$

onde:

n_{loc}: Número mínimo de locomotivas;

R_T: Resistência total da composição (kgf, conforme item *3.3.6.1.6*);

E_T: Esforço trator (kgf, conforme item *3.3.6.2.2*).

É importante destacar que os resultados dessa verificação precisam ser comparados ainda com os resultados da simulação operacional em *software*, uma vez que esta analisa o desempenho dos trens-tipo propostos a cada metro do traçado geométrico, simulando a interação entre a curva de potência das locomotivas e as condições geométricas do traçado da ferrovia, sendo assim mais precisa. Isto significa que o número de locomotivas adotadas para cada trem-tipo é confirmado nas iterações da simulação.

- **Trem-tipo 1A – Graneleiro de Exportação (na rampa crítica):**

$$n_{loc_{1A}} = \frac{R_{T_{1A}}}{E_T} = \frac{301.568{,}58}{63.000{,}00}$$

$$\therefore n_{loc_{1A}} = 4{,}79$$

$$Valor\ adotado = 5\ locomotivas$$

- **Trem-tipo 1B – Graneleiro de Importação (na rampa crítica):**

$$n_{loc_{1B}} = \frac{R_{T_{1B}}}{E_T} = \frac{273.126{,}36}{63.000{,}00}$$

$$\therefore n_{loc_{1B}} = 4{,}34$$

$$Valor\ adotado = 5\ locomotivas$$

- **Trem-tipo 1C – Graneleiro de Exportação e Importação do Ramal (na rampa crítica):**

$$n_{loc_{1C}} = \frac{R_{T_{1C}}}{E_T} = \frac{239.987{,}88}{63.000{,}00}$$

$$\therefore n_{loc_{1C}} = 3{,}81$$

$$Valor\ adotado = 5\ locomotivas*$$

*De acordo com o calculado, o valor adotado seria 4 locomotivas. Entretanto, com base nos resultados da simulação, verificou-se que esse trem-tipo precisa de mais uma locomotiva para que a composição se mantenha dentro dos limites de velocidade máxima e mínima consideradas.

- **Trem-tipo 2A – Contêiner de Exportação (na rampa crítica):**

$$n_{loc_{2A}} = \frac{R_{T_{2A}}}{E_T} = \frac{161.045{,}28}{63.000{,}00}$$

$$\therefore n_{loc_{2A}} = 2{,}56$$

$$Valor\ adotado = 4\ locomotivas*$$

*De acordo com o calculado, o valor adotado seria 3 locomotivas. Entretanto, com base nos resultados da simulação, verificou-se que esse trem-tipo precisa de mais uma locomotiva para que a composição se mantenha dentro dos limites de velocidade máxima e mínima consideradas.

- **Trem-tipo 2B – Contêiner de Exportação do Ramal (na rampa crítica):**

$$n_{loc_{2B}} = \frac{R_{T_{2B}}}{E_T} = \frac{147.320{,}21}{63.000{,}00}$$

$$\therefore n_{loc_{2B}} = 2{,}34$$

$$Valor\ adotado = 3\ locomotivas$$

- **Trem-tipo 3A – Tanque de Exportação (na rampa crítica):**

$$n_{loc_{3A}} = \frac{R_{T_{3A}}}{E_T} = \frac{241.207{,}97}{63.000{,}00}$$

$$\therefore n_{loc_{3A}} = 4{,}83$$

$$Valor\ adotado = 4\ locomotivas$$

- **Trem-tipo 3B – Tanque de Importação (na rampa crítica):**

$$n_{loc_{3B}} = \frac{R_{T_{3B}}}{E_T} = \frac{273.083{,}66}{63.000{,}00}$$

$$\therefore n_{loc_{3B}} = 4{,}33$$

$$Valor\ adotado = 5\ locomotivas$$

- **Trem-tipo 3C – Tanque de Importação do Ramal (na rampa crítica):**

$$n_{loc_{3C}} = \frac{R_{T_{3C}}}{E_T} = \frac{223.523{,}66}{63.000{,}00}$$

$$\therefore n_{loc_{3C}} = 3{,}55$$

$$Valor\ adotado = 5\ locomotivas*$$

*De acordo com o calculado, o valor adotado seria 4 locomotivas. Entretanto, com base nos resultados da simulação, verificou-se que esse trem-tipo precisa de mais uma locomotiva para que a composição se mantenha dentro dos limites de velocidade máxima e mínima consideradas.

3.3.6.4 CÁLCULO DA QUANTIDADE DE VAGÕES

O cálculo da quantidade de vagões baseou-se na capacidade de tração mínima em 20 km/h. Considerou-se a quantidade de locomotivas adotada para cada trem-tipo, o esforço trator disponível e a resistência total de cada vagão, calculados nos itens anteriores. Desta forma, tem-se:

$$n_{máx\ vag} = n_{loc} \times \frac{E_{Tu}}{R_{T,vag}}$$

onde:

$n_{máx\ vag}$: Número máximo de vagões;

n_{loc}: Número de locomotivas;

E_{Tu}: Esforço trator útil (kgf);

$R_{T,vag}$: Resistência total de cada vagão (kgf).

É importante destacar que os resultados dessa verificação precisam ser comparados ainda com os resultados da simulação operacional em *software*, uma vez que esta analisa o desempenho dos trens-tipo propostos a cada metro do traçado geométrico, simulando a interação entre a curva de potência das locomotivas e as condições geométricas do traçado da ferrovia, sendo assim mais precisa. Isto significa que o número de vagões adotados é confirmado nas iterações da simulação e ajustado para que a composição obtenha o desempenho operacional almejado e dentro dos limites de velocidade considerados.

- **Trem-tipo 1A – Graneleiro de Exportação**

$$n_{máx\ vag_{1A}} = n_{loc_{1A}} \times \frac{E_{Tu,exp}}{R_{T,vagHTT}} = 5 \times \frac{60.161{,}60}{2.052{,}69}$$

$$\therefore n_{máx\ vag_{1A}} = 146$$

$$Valor\ adotado = 140\ vagões\ HTT$$

- **Trem-tipo 1B – Graneleiro de Importação**

$$n_{máx\ vag_{1B}} = n_{loc_{1B}} \times \frac{E_{Tu,imp}}{R_{T,vagHTT}} = 5 \times \frac{59.531{,}60}{2.507{,}69}$$

$$\therefore n_{máx\ vag_{1B}} = 118$$

$$Valor\ adotado = 102\ vagões\ HTT$$

- **Trem-tipo 1C – Graneleiro de Exportação e Importação do Ramal**

$$n_{máx\ vag_{1C}} = n_{loc_{1C}} \times \frac{E_{Tu,ramal}}{R_{T,vagHTT}} = 5 \times \frac{60.161{,}60}{2.052{,}69}$$

$$\therefore n_{máx\ vag_{1C}} = 146$$

$$Valor\ adotado = 110\ vagões\ HTT$$

- **Trem-tipo 2A – Contêiner de Exportação**

$$n_{máx\ vag_{2A}} = n_{loc_{2A}} \times \frac{E_{Tu,exp}}{R_{T,vagPRT}} = 4 \times \frac{60.161{,}60}{1.360{,}83}$$

$$\therefore n_{máx\ vag_{2A}} = 176$$

$$Valor\ adotado = 110\ vagões\ PRT$$

- **Trem-tipo 2B – Contêiner de Exportação do Ramal**

$$n_{máx\ vag_{2B}} = n_{loc_{2B}} \times \frac{E_{Tu,ramal}}{R_{T,vagPRT}} = 3 \times \frac{60.161{,}60}{1.360{,}83}$$

$$\therefore n_{máx\ vag_{2B}} = 132$$

$$Valor\ adotado = 102\ vagões\ PRT$$

- **Trem-tipo 3A – Tanque de Exportação**

$$n_{máx\ vag_{3A}} = n_{loc_{3A}} \times \frac{E_{Tu,exp}}{R_{T,vagTCT}} = 4 \times \frac{60.161{,}60}{2.052{,}27}$$

$$\therefore n_{máx\ vag_{3A}} = 117$$

$$Valor\ adotado = 112\ vagões\ TCT$$

- **Trem-tipo 3B – Tanque de Importação**

$$n_{máx\ vag_{3B}} = n_{loc_{3B}} \times \frac{E_{Tu,imp}}{R_{T,vagTCT}} = 5 \times \frac{59.531{,}60}{2.507{,}27}$$

$$\therefore n_{máx\ vag_{3B}} = 118$$

$$Valor\ adotado = 102\ vagões\ TCT$$

- **Trem-tipo 3C – Tanque de Importação do Ramal**

$$n_{máx\ vag_{3C}} = n_{loc_{3C}} \times \frac{E_{Tu,ramal}}{R_{T,vagTCT}} = 5 \times \frac{60.161{,}60}{2.052{,}27}$$

$$\therefore n_{máx\ vag_{3C}} = 146$$

$$Valor\ adotado = 102\ vagões\ TCT$$

3.4 INTEROPERABILIDADE

A análise da interoperabilidade começa nos Estudos de Demanda, onde foram definidos os fluxos origem-destino das cargas a partir de uma matriz isocusto, levando-se em consideração os diversos fretes (ferroviário, rodoviário e hidroviário), de onde se definiu as zonas de tráfego.

Por conseguinte, realizou-se a interrelação das zonas de tráfego definidas com outras infraestruturas ferroviárias implantadas ou em estudo. Destas, três ferrovias se apresentaram com eventual possibilidade de intercâmbio de cargas, a saber:

1. Rumo Malha Oeste (RMO);
2. Tramo Sul da Ferrovia Norte Sul (FNS-TS), trecho Panorama-SP – Chapecó-SC;
3. Rumo Malha Sul (RMS).

A RMO, apesar de existente, encontra-se sem operação, em estado de abandono. Portanto, nos estudos de Demanda não se considerou cargas advindas desta ferrovia, apesar da proximidade do terminal ferroviário de Maracaju-MS a esta infraestrutura.

No tocante a FNS-TS, visto que ainda é uma ferrovia em estudo, não se considerou cargas oriundas desta infraestrutura. No entanto, um pátio de manobra foi posicionado próximo ao município de Cascavel-PR, podendo funcionar como um pátio de intercâmbio, caso o trecho ferroviário citado - também planejado em bitola larga (VALEC, 2015) - seja implantado.

Por sua vez, RMS foi considerada como uma ferrovia com potencial intercâmbio de cargas. O ponto de interseção entre a RMS e a Nova FERROESTE será o terminal ferroviário de Balsa Nova-PR. Neste sentido, foi previso que deste terminal até o Porto de Paranaguá haverá a implantação de bitola mista, permitindo o direito de passagem que a RMS poderá exercer neste trecho. Nesse trecho, a ferrovia conta com a seguinte configuração:

- Bitola: Bitola mista (1,00 m e 1,60 m);
- Raio mínimo: 343,82 m;
- Carga por eixo: 32,5 tf;
- Comprimento dos pátios: 2.850 m;
- Rampa máxima compensada na linha corrida (exportação): 1,45%;
- Rampa máxima compensada na linha corrida (importação): 1,45% (1,80% na Serra do Mar).

Observa-se que tais características descritas acima já oferecem melhores condições operacionais que as implantadas atualmente nos trilhos da RMS para este trecho.

É importante frisar que as Especificações Técnicas de Interoperabilidade deverão ser pormenorizadas em estudos posteriores para que, assim, sejam desenvolvidas com o detalhamento técnico pertinente e consonante aos projetos básicos e executivos, devido aos limites de escopo deste EVTEA-J.

Por fim, o posicionamento dos terminais ferroviário foi realizado a partir de uma análise das infraestruturas rodoviárias disponíveis, circunscrevendo-se às zonas de tráfego delimitadas nos Estudos de Demanda.

3.5 PLANO DE VIAS

O plano de vias para os trechos 1 e 2 da Nova FERROESTE consta na *Tabela 33* e *Tabela 34*, respectivamente. O plano contém as referências quilométricas e as localizações dos desvios de cruzamentos e terminais ferroviários. Essa localização também é apresentada na *Figura 16*.

Tabela 33 – Plano de vias – Trecho 01.

TRECHO	TERMINAL / PÁTIO	TIPO	KM INICIAL (m)	KM INTERME-DIÁRIO (m)	KM FINAL (m)	DIST. ENTRE PÁTIOS (m)	DIST. ENTRE TERMINAIS (m)
1	**Terminal Ferroviário de Maracaju**	**Carregamento**	-	-	-	-	
1	Pátio 2	Cruzamento	22.400,00	23.825,00	25.250,00	23.825,00	
1	Pátio 3	Cruzamento	48.200,00	49.625,00	51.050,00	25.800,00	
1	Pátio 4	Cruzamento	74.550,00	75.975,00	77.400,00	26.350,00	
1	Pátio 5	Cruzamento	91.800,00	93.225,00	94.650,00	17.250,00	172.425,00
1	Pátio 6	Cruzamento	117.600,00	119.025,00	120.450,00	25.800,00	
1	Pátio 7	Cruzamento	139.200,00	140.625,00	142.050,00	21.600,00	
1	Pátio 8	Cruzamento	156.400,00	157.825,00	159.250,00	17.200,00	
1	**Terminal Ferroviário de Amambai**	**Carregamento**	**171.000,00**	**172.425,00**	**173.850,00**	**14.600,00**	
1	Pátio 10	Cruzamento	183.650,00	185.075,00	186.500,00	12.650,00	
1	Pátio 11	Cruzamento	207.000,00	208.425,00	209.850,00	23.350,00	
1	Pátio 12	Cruzamento	222.400,00	223.825,00	225.250,00	15.400,00	
1	Pátio 13	Cruzamento	242.000,00	243.425,00	244.850,00	19.600,00	
1	Pátio 14	Cruzamento	262.500,00	263.925,00	265.350,00	20.500,00	162.200,00
1	Pátio 15	Cruzamento	284.500,00	285.925,00	287.350,00	22.000,00	
1	Pátio 16	Cruzamento	298.000,00	299.425,00	300.850,00	13.500,00	
1	Pátio 17	Cruzamento	316.550,00	317.975,00	319.400,00	18.550,00	
1	**Terminal Ferroviário de Guaíra**	**Carregamento**	**333.200,00**	**334.625,00**	**336.050,00**	**16.650,00**	
1	Pátio 19	Cruzamento	351.000,00	352.425,00	353.850,00	17.800,00	
1	Pátio 20	Cruzamento	369.000,00	370.425,00	371.850,00	18.000,00	
1	Pátio 21	Cruzamento	385.600,00	387.025,00	388.450,00	16.600,00	
1	Pátio 22	Cruzamento	403.595,00	405.020,00	406.445,00	17.995,00	
1	Pátio 23	Cruzamento	417.650,00	419.075,00	420.500,00	14.055,00	
1	Pátio 24	Cruzamento	433.400,00	434.825,00	436.250,00	15.750,00	174.265,00
1	Pátio 25	Cruzamento	446.200,00	447.625,00	449.050,00	12.800,00	
1	Pátio 26	Cruzamento	459.200,00	460.625,00	462.050,00	13.000,00	
1	Pátio 27	Cruzamento	469.900,00	471.325,00	472.750,00	10.700,00	
1	Pátio 28	Cruzamento	481.700,00	483.125,00	484.550,00	11.800,00	

TRECHO	TERMINAL / PÁTIO	TIPO	KM INICIAL (m)	KM INTERME-DIÁRIO (m)	KM FINAL (m)	DIST. ENTRE PÁTIOS (m)	DIST. ENTRE TERMINAIS (m)
1	Pátio 29	Cruzamento	493.685,00	495.110,00	496.535,00	11.985,00	
1	**Terminal Ferroviário de Cascavel**	**Carregamento**	**507.465,00**	**508.890,00**	**510.315,00**	**13.780,00**	
1	Pátio 31	Cruzamento	520.607,00	522.242,00	523.877,00	13.352,00	231.984,27
1	Pátio 32	Cruzamento	531.900,00	533.325,00	534.750,00	11.083,00	
1	Pátio 33	Cruzamento	539.315,77	540.740,77	542.165,77	7.415,77	
1	Pátio 34	Cruzamento	555.165,77	556.755,77	558.345,77	16.015,00	
1	Pátio 35	Cruzamento	567.115,77	568.540,77	569.965,77	11.785,00	
1	Pátio 36	Cruzamento	581.665,77	583.540,77	585.415,77	15.000,00	
1	Pátio 37 (Via Dupla)	Cruzamento	594.665,77	603.434,77	612.203,77	11.125,00	
1	Pátio 38	Cruzamento	622.485,77	624.110,77	625.735,77	11.907,00	
1	Pátio 39	Cruzamento	636.731,77	638.558,77	640.385,77	14.448,00	
1	Pátio 40	Cruzamento	644.235,77	646.645,77	649.055,77	8.087,00	
1	Pátio 41	Cruzamento	652.485,77	653.985,77	655.485,77	7.340,00	
1	Pátio 42	Cruzamento	665.285,77	667.045,77	668.805,77	13.060,00	
1	Pátio 43	Cruzamento	674.835,77	676.597,77	678.359,77	9.552,00	
1	Pátio 44	Cruzamento	684.599,77	686.024,77	687.449,77	9.427,00	
1	Pátio 45 (Via Dupla)	Cruzamento	697.609,77	701.659,77	705.709,77	11.585,00	
1	Pátio 46	Cruzamento	715.589,77	717.729,77	719.869,77	12.020,00	
1	**Terminal Ferroviário de Guarapuava**	**Carregamento**	**730.802,77**	**740.874,27**	**750.945,77**	**23.144,50**	
1	Pátio 48	Cruzamento	759.395,77	760.820,77	762.245,77	9.875,00	211.077,50
1	Pátio 49	Cruzamento	768.825,77	770.250,77	771.675,77	9.430,00	
1	Pátio 50	Cruzamento	779.795,77	781.220,77	782.645,77	10.970,00	
1	Pátio 51	Cruzamento	787.395,77	788.820,77	790.245,77	7.600,00	
1	Pátio 52	Cruzamento	799.495,77	800.920,77	802.345,77	12.100,00	
1	Pátio 53 (Via Dupla)	Cruzamento	808.945,77	817.070,77	825.195,77	8.025,00	
1	Pátio 54	Cruzamento	831.095,77	832.520,77	833.945,77	7.325,00	
1	Pátio 55	Cruzamento	845.601,77	847.026,77	848.451,77	14.506,00	
1	Pátio 56	Cruzamento	859.001,77	860.426,77	861.851,77	13.400,00	
1	Pátio 57	Cruzamento	871.201,77	872.626,77	874.051,77	12.200,00	
1	Pátio 58	Cruzamento	880.551,77	881.976,77	883.401,77	9.350,00	
1	Pátio 59	Cruzamento	893.601,77	895.026,77	896.451,77	13.050,00	
1	Pátio 60	Cruzamento	903.451,77	904.876,77	906.301,77	9.850,00	
1	Pátio 61	Cruzamento	915.551,77	916.976,77	918.401,77	12.100,00	
1	Pátio 62	Cruzamento	924.101,77	925.526,77	926.951,77	8.550,00	

TRECHO	TERMINAL / PÁTIO	TIPO	KM INICIAL (m)	KM INTERME-DIÁRIO (m)	KM FINAL (m)	DIST. ENTRE PÁTIOS (m)	DIST. ENTRE TERMINAIS (m)
1	Pátio 63	Cruzamento	934.301,77	935.726,77	937.151,77	10.200,00	
1	Pátio 64	Cruzamento	942.001,77	943.476,77	944.951,77	7.750,00	
1	**Terminal Ferroviário de Balsa Nova**	**Carregamento**	**950.201,77**	**951.951,77**	**953.701,77**	**8.475,00**	
1	Pátio 66 (Via Dupla)	Cruzamento	962.561,77	970.394,27	978.226,77	10.610,00	84.130,00
1	Pátio 67	Cruzamento	984.559,77	986.034,77	987.509,77	7.808,00	
1	Pátio 68	Cruzamento	993.556,77	994.981,77	996.406,77	8.947,00	
1	Pátio 69	Cruzamento	1.005.256,77	1.006.681,77	1.008.106,77	11.700,00	
1	Pátio 70	Cruzamento	1.016.906,77	1.018.331,77	1.019.756,77	11.650,00	
1	Pátio 71	Cruzamento	1.024.886,77	1.026.311,77	1.027.736,77	7.980,00	
1	**Terminal Ferroviário de Curitiba**	**Carregamento**	**1.034.656,77**	**1.036.081,77**	**1.037.506,77**	**9.770,00**	
1	Pátio 73 (Via Dupla)	Cruzamento	1.043.961,77	1.088.578,41	1.133.195,04	52.496,64	97.113,27
1	**Terminal Ferroviário de Paranaguá**	**Carregamento**	-	-	-	-	

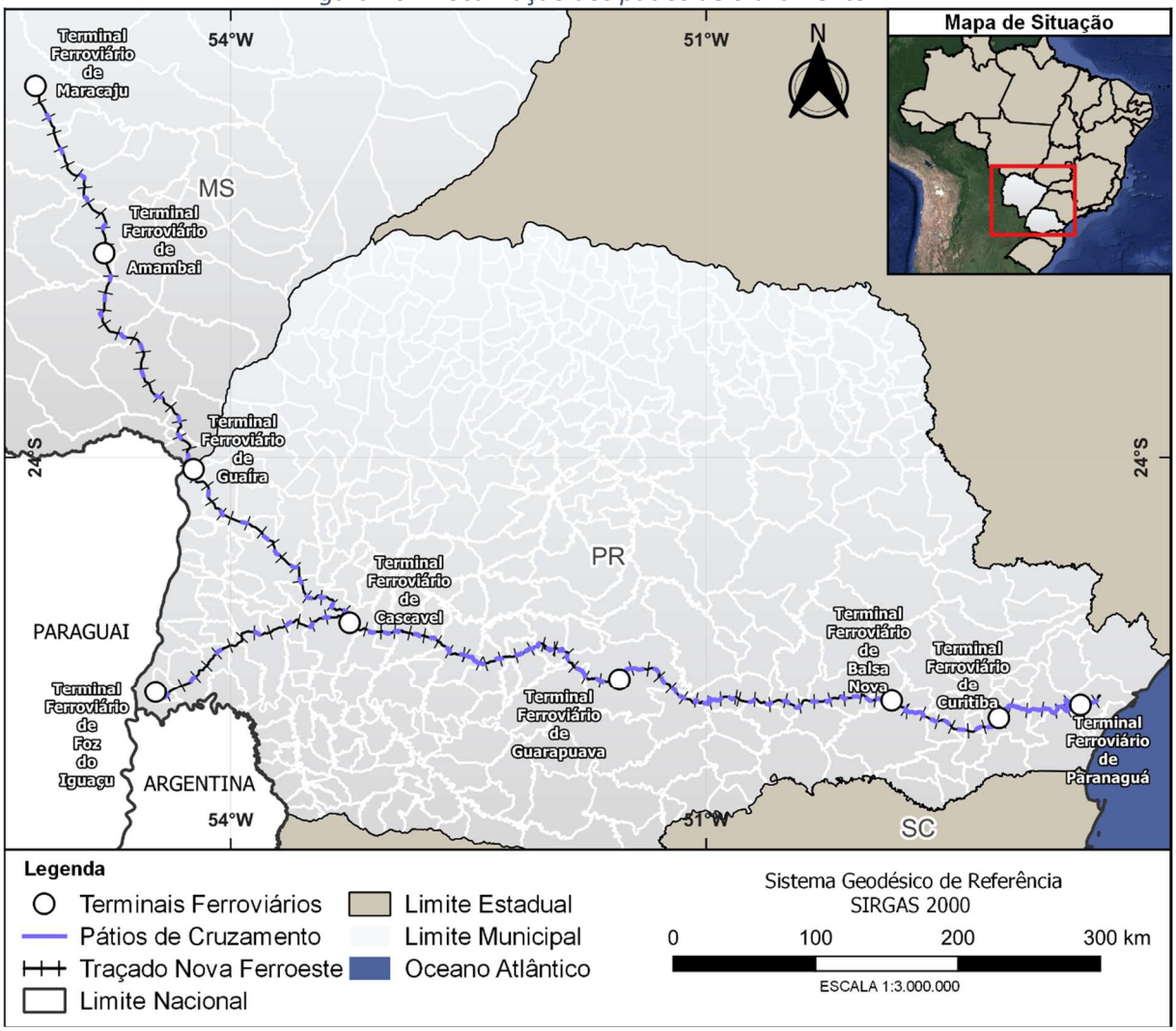
Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Tabela 34 – Plano de vias – Trecho 02.

TRECHO	TERMINAL / PÁTIO	TIPO	KM INICIAL (m)	KM INTERME-DIÁRIO (m)	KM FINAL (m)	DIST. ENTRE PÁTIOS (m)	DIST. ENTRE TERMINAIS (m)
2	**Terminal Ferroviário de Foz do Iguaçu**	**Carregamento**	-	-	-	-	
2	Pátio 2	Cruzamento	9.043,00	10.510,50	11.978,00	10.510,50	166.459,00
2	Pátio 3	Cruzamento	30.600,00	32.025,00	33.450,00	21.514,50	
2	Pátio 4	Cruzamento	58.445,00	59.870,00	61.295,00	27.845,00	
2	Pátio 5	Cruzamento	92.615,00	94.040,00	95.465,00	34.170,00	
2	Pátio 6	Cruzamento	115.815,00	117.240,00	118.665,00	23.200,00	
2	Pátio 7	Cruzamento	136.015,00	137.440,00	138.865,00	20.200,00	
2	Pátio 8	Cruzamento	148.665,00	150.090,00	151.515,00	12.650,00	

Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Figura 16 – Localização dos pátios de cruzamento.



Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

3.6.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE O PROCESSO DE SIMULAÇÃO OPERACIONAL

A simulação operacional para uma ferrovia pode ser dividida em: simulação de circulação de trens e simulação em marcha. A primeira tem por objetivo avaliar a circulação dos trens a partir de uma grade horária (programação) em todo o segmento ferroviário. Já a segunda objetiva o conhecimento estimativo de uma série de indicadores de performance de trens unitários, a partir das características do material rodante e da geometria da ferrovia. Para este estudo se realizou a simulação em marcha, visto que a simulação de circulação de trens deve ser empregada no momento da operação em si.

Pode se resumir a simulação em marcha nos seguintes itens:

Quanto aos dados de entrada:

- Parâmetros físicos da linha: raios de curvas horizontais, graus de curva, rampas e extensões das vias permanentes;
- Parâmetros da composição: curva de potência (esforço trator dos motores a cada 10 km/h), comprimento, número e peso dos vagões e locomotivas, força de frenagem e resistência ao rolamento;
- Restrições/comportamento: pontos de parada, tempo de parada, locais com restrição de velocidade, início de fim de via etc.

Quanto aos dados de saída:

- Velocidades de percurso e comerciais;
- Tempos de percurso;
- Consumo de combustível/energia acumulado;
- Resistência ao rolamento acumulada.

Quanto as premissas de otimização:

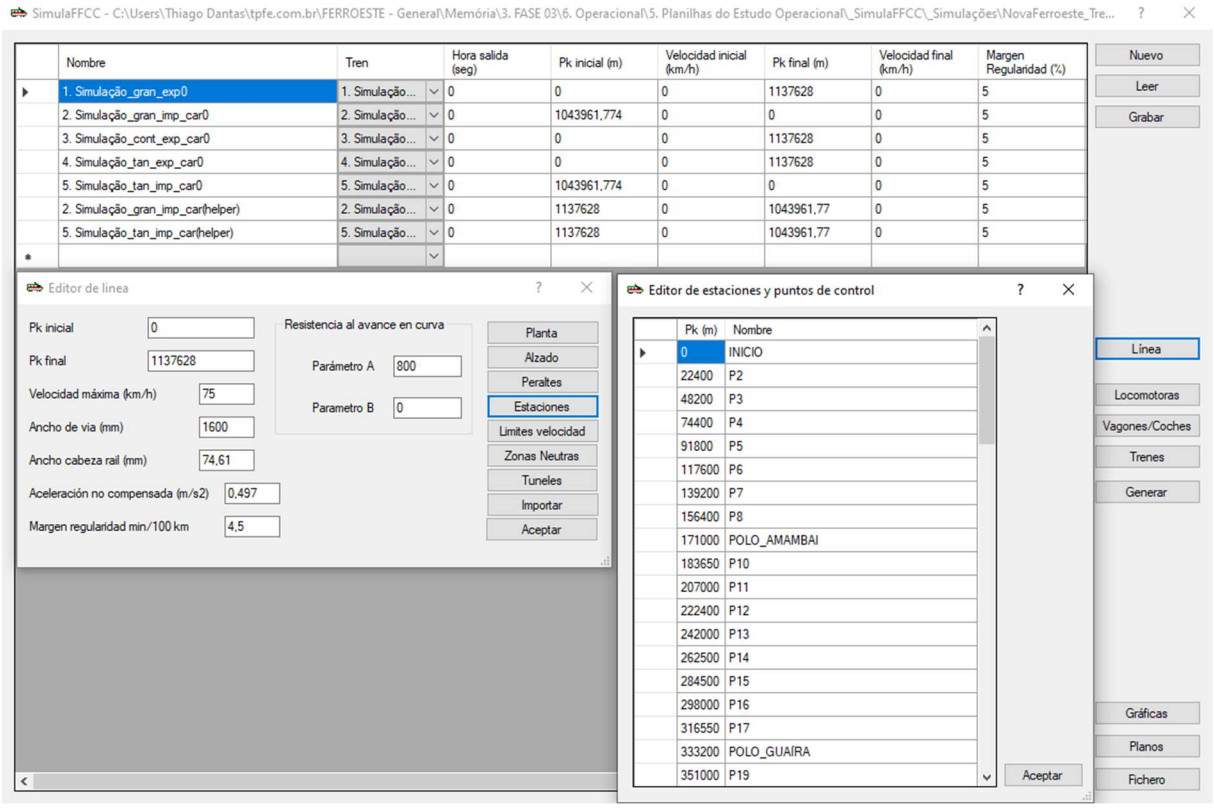
- Capacidade operacional para toda a demanda potencial;
- Respeito às velocidades mínimas e máximas de operação;
- Respeito às restrições de velocidade, caso necessário;
- Otimização do trem-tipo visando a redução da frota de trens;
- Reaproveitamento dos vagões vazios para transporte de carga no sentido oposto;
- Utilização de locomotiva *helper* no trecho da Serra do Mar, sentido importação;
- Economia de combustível e diminuição das emissões de CO2.

Em cada ponto do percurso do trem se realiza uma iteração entre os dados de entrada, respeitando-se a velocidade máxima considerada (75 km/h, conforme conclusões expostas no item *3.3.3 Características Geométricas Limitantes*), de forma que o simulador soma todos os esforços de resistência e compara-os ao esforço de tração do trem. Em casos de restrição de velocidade ou parada, o simulador controla a aplicação dos freios para redução de velocidade a partir da taxa de desaceleração.

3.6.2 DESENVOLVIMENTO DO PROCESSO DE SIMULAÇÃO

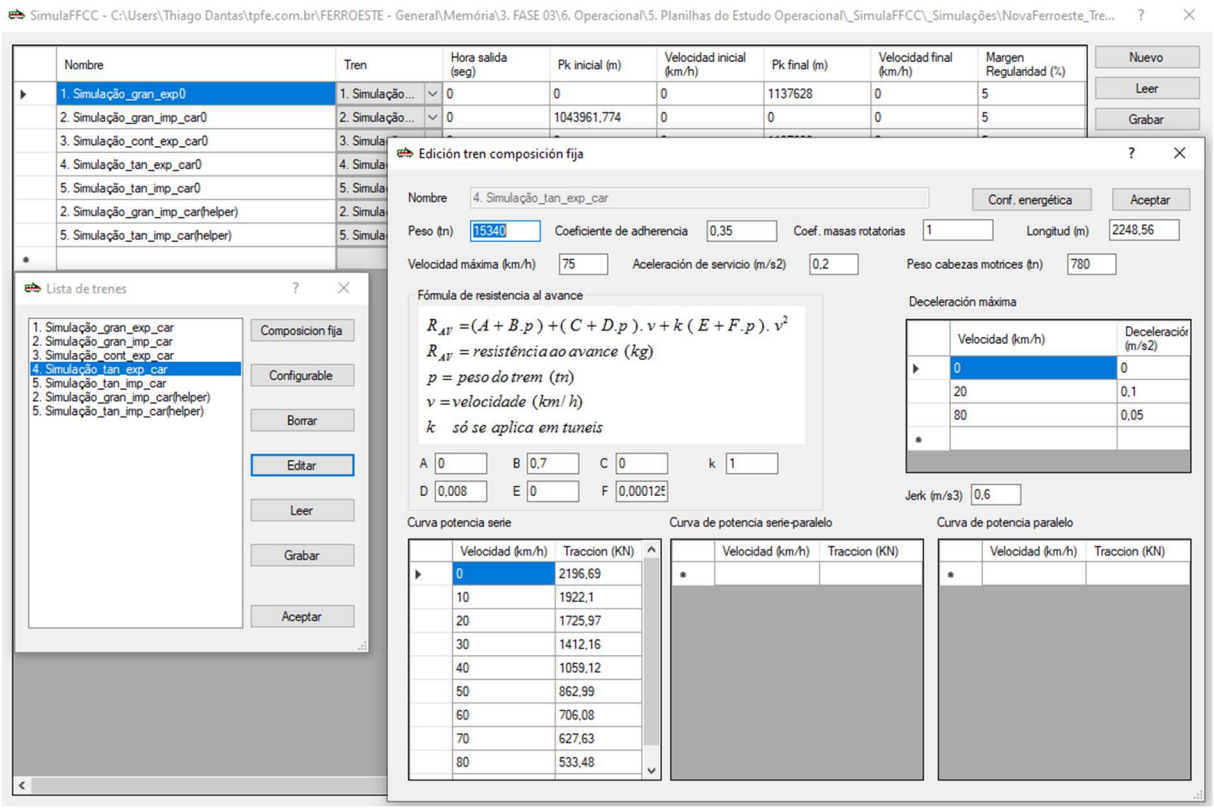
Para o desenvolvimento da simulação em marcha se utilizou o *software* espanhol SimulaFFCC, o qual permite a estimativa de todos os elementos elencados acima. A resistência ao avanço da locomotiva, definida pela fórmula de Davis, além dos parâmetros geométricos das curvas horizontais, rampas e dados do fabricante das locomotivas e vagões foram inseridos no software levando em consideração cada trem tipo. Dessa forma se processou a simulação na linha tronco (entre os terminais ferroviários de Maracaju e o Porto de Paranaguá) e no ramal (entre os terminais ferroviários de Cascavel e Foz do Iguaçu) para cada um dos 8 trens-tipo dimensionados, tanto carregados quanto vazios. Inicialmente foram realizadas as 16 simulações seguindo a estimativa de composição calculada no pré-dimensionamento realizado. No entanto, a interação entre a geometria das vias e as características do material rodante a cada segmento realizada pelo software permite a calibração do modelo operacional. Consequentemente, dezenas de simulações foram realizadas a fim de chegar-se numa composição ideal para cada tipo de carga.

Figura 17 - Tela do software SimulaFFCC (1)



Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Figura 18 - Tela do software SimulaFFCC (2)



Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

O número de vagões em cada composição varia conforme o número de unidade tratoras (locomotivas) e é balizado a partir de uma série de critérios, tais como: a) respeito às velocidades mínima e máxima que o modelo de locomotiva considerado é capaz de desempenhar no traçado em questão, de 15km/h e 75km/h, respectivamente; b) taxa de ocupação entre os pátios de cruzamento abaixo de 100% e, preferencialmente, abaixo de 90%; c) otimização do trem-tipo visando a economia no consumo de combustível, nos custos de aquisição da frota de material rodante e diminuição das emissões de CO2. Observa-se que, apesar de uma quantidade maior de pátios aumentar a capacidade operacional da via, a limitação de rampa que tais pátios impõem no traçado, uma vez que a inclinação nestes locais não pode ser superior a 0,25%, ocasiona altos custos de investimento. Da mesma forma, o aumento do comprimento do trem-tipo exige pátios maiores, o que, por outro lado, diminui o número de trens formados para transportar a mesma carga. Assim, os trens tipos foram dimensionados considerando os fatores supracitados, sendo necessários sucessivos ciclos de simulação operacional e ajustes, incluindo o teste de diferentes cenários de geometria da linha para determinar o tamanho mais adequado de pátio. Deste modo, limitando-se o comprimento útil do pátio à 2.850 metros, tem-se que a maior composição apta a operar consiste em tração quíntupla com 140 vagões tipo hopper, totalizando uma capacidade de carga útil de 14.238 t por trem.

Deste modo, o roteiro de simulação operacional desenvolvido neste estudo é composto pelas seguintes etapas:

I. Definição da lógica operacional: simular trens unitários, por tipo de carga, desconsiderando eventual reaproveitamento de vagões vazios. Além disso, adotou-se a premissa de que a composição terá o mesmo número de vagões na ida e na volta, no

sentido de mitigar-se o THP (trem hora parada) ao máximo – considerado o indicador representativo dos maiores gargalos em ferrovias;

II. Definição da geometria da linha a partir da classe de rampa compensada adotada (1,45% no sentido exportação e importação, à exceção do trecho da Serra do Mar com adoção de 1,80%);
III. Definição do plano de vias preliminar, com tamanho de pátio arbitrado em 2.850 m;
IV. Definição das paradas nos pátios de cruzamento:
    - Considerou-se 80% das paradas no sentido importação e 20% no sentido exportação;
    - Esse percentual foi aplicado em função do número máximo de trens na linha, ou seja, 21 pares de trem;
    - O valor considera a preferência que os trens de exportação terão sobre os trens de importação devido à carga escoar majoritariamente na direção de exportação.
    - Nas manobras dos trens para os pátios de cruzamento se considerou uma velocidade máxima de 40 km/h em função do raio do AMV;
    - Nas saídas dos pátios de cruzamento também se considerou uma velocidade máxima de 40 km/h adicionando à esta restrição, além do tamanho do pátio, o tamanho da composição, ou seja, apenas quando o último vagão passar do AMV foi permitido ganho de velocidade à locomotiva.
V. Criação dos trens-tipo limitados à extensão dos pátios;
VI. Simulação dos trens-tipo preliminares e posterior análise dos resultados;
VII. Revisão na configuração da composição: incremento ou retirada de vagões e aumento ou diminuição das trações consideradas;
VIII. Exportação dos resultados da simulação para análise da taxa de ocupação na linha;
IX. Caso sejam identificadas taxas de ocupação superiores a 90% retorna-se ao passo II ou III, ou seja, devendo-se alterar as rampas, o plano de vias (com inserção de trechos duplicados) ou o tamanho da composição;
X. Os passos anteriores constituem o primeiro ciclo da simulação operacional. O próximo ciclo consiste no refinamento da simulação:
    - Correção dos trechos em que a velocidade mínima ou máxima não foi respeitada;
    - Verificação de trechos com restrição de velocidade;
    - Implementação da locomotiva *helper* em casos especiais, como a subida da Serra do Mar;
    - Considerações sobre o tempo para troca de equipe e ajuste no tempo de ciclo devido ao ajuste entre o cálculo teórico e a situação real (considerou-se um acréscimo de 4 minutos e meio para cada 100 km de trecho percorrido);
    - Melhoria geral na performance das composições.

O roteiro apresentado anteriormente inicia-se após a definição do principal indicador a ser utilizado na simulação operacional: o cálculo da variação do coeficiente de aderência. Foi utilizada a seguinte fórmula:

$$\mu = \frac{\mu_0}{1 + 0{,}01 \times V}$$

onde:

μ: variação do coeficiente de aderência;

μ_0: coeficiente estático (coeficiente de aderência, ver *Tabela 19*);

V: velocidade considerada (km/h).

Os resultados são apresentados na *Tabela 35*.

O esforço trator aderente, ou força de aderência, conforme apresentado no item 3.3.6.2.1.2, é uma espécie de atrito de escorregamento das rodas em contato com os trilhos em uma primeira aproximação. Deve ser conhecido, pois se o esforço de tração ultrapassar o limite esforço trator aderente ocorrerá patinação. Portanto, o esforço trator aderente é um valor balizador.

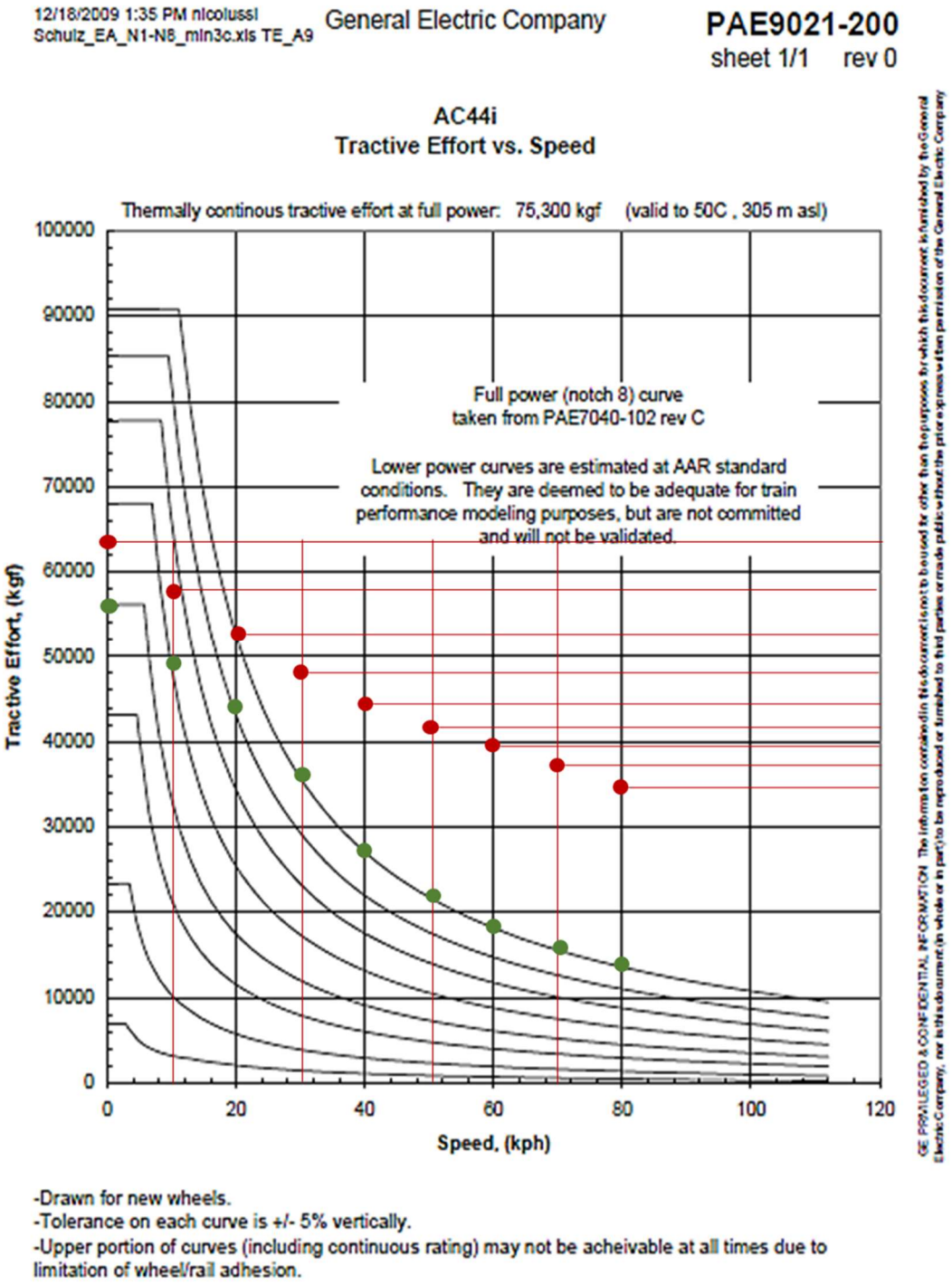
Não obstante, o esforço trator a ser considerado na simulação precisa ainda estar em conformidade com a curva do esforço de tração apresentada pelo fabricante. A interpretação dessa curva, conforme apresentado na *Figura 19*, teve como resultado os valores apresentados na coluna “Esforço Trator Simula FFCC (kgf)” e na coluna “Esforço Trator Simula FFCC (kN)”, após a conversão de unidades necessária para entrada dos dados no software de simulação. Os pontos vermelhos representam os resultados expostos na coluna “Esforço Trator Aderente (kgf)” e os pontos em verde representam os resultados considerados na simulação e expostos na coluna “Esforço Trator Simula FFCC (kgf)”.

Tabela 35 – Curva de potência para diferentes trações da locomotiva AC44i.

Variação do Coeficiente de Aderência		Esforço Trator Aderente (kgf)	Esforço Trator Simula FFCC (kgf)	Esforço Trator Simula FFCC (KN)	2 Locomotivas (KN)	3 Locomotivas (KN)	4 Locomotivas (KN)	5 Locomotivas (KN)	6 Locomotivas (KN)
Variação do coeficiente de aderência (0 km/h):	0,35	63.000	56.000	549,17	1.098,34	1.647,52	2.196,69	2.745,86	3.295,03
Variação do coeficiente de aderência (10 km/h):	0,32	57.273	49.000	480,53	961,05	1.441,58	1.922,10	2.402,63	2.883,16
Variação do coeficiente de aderência (20 km/h):	0,29	52.500	44.000	431,49	862,99	1.294,48	1.725,97	2.157,46	2.588,96
Variação do coeficiente de aderência (30 km/h):	0,27	48.462	36.000	353,04	706,08	1.059,12	1.412,16	1.765,20	2.118,24
Variação do coeficiente de aderência (40 km/h):	0,25	45.000	27.000	264,78	529,56	794,34	1.059,12	1.323,90	1.588,68
Variação do coeficiente de aderência (50 km/h):	0,23	42.000	22.000	215,75	431,49	647,24	862,99	1.078,73	1.294,48
Variação do coeficiente de aderência (60 km/h):	0,22	39.375	18.000	176,52	353,04	529,56	706,08	882,60	1.059,12
Variação do coeficiente de aderência (70 km/h):	0,21	37.059	16.000	156,91	313,81	470,72	627,63	784,53	941,44
Variação do coeficiente de aderência (80 km/h):	0,19	35.000	13.600	133,37	266,74	400,11	533,48	666,85	800,22

Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Figura 19 – Interpretação da curva do esforço de tração.



-Drawn for new wheels.
-Tolerance on each curve is +/- 5% vertically.
-Upper portion of curves (including continuous rating) may not be acheivable at all times due to limitation of wheel/rail adhesion.

Esforço Trator Aderente (kgf)

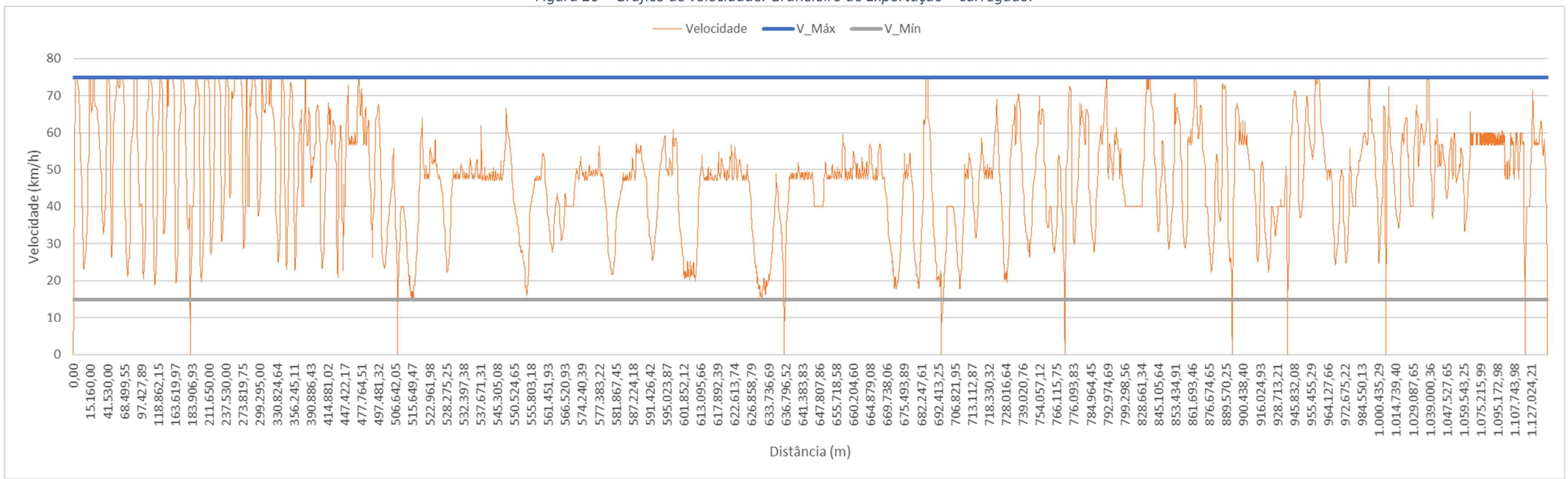
Esforço Trator Simula FFCC (kgf)

Fonte: Wabtec. Adaptado pelo Consórcio TPF-SENER.

3.6.3 RESULTADO DA SIMULAÇÃO

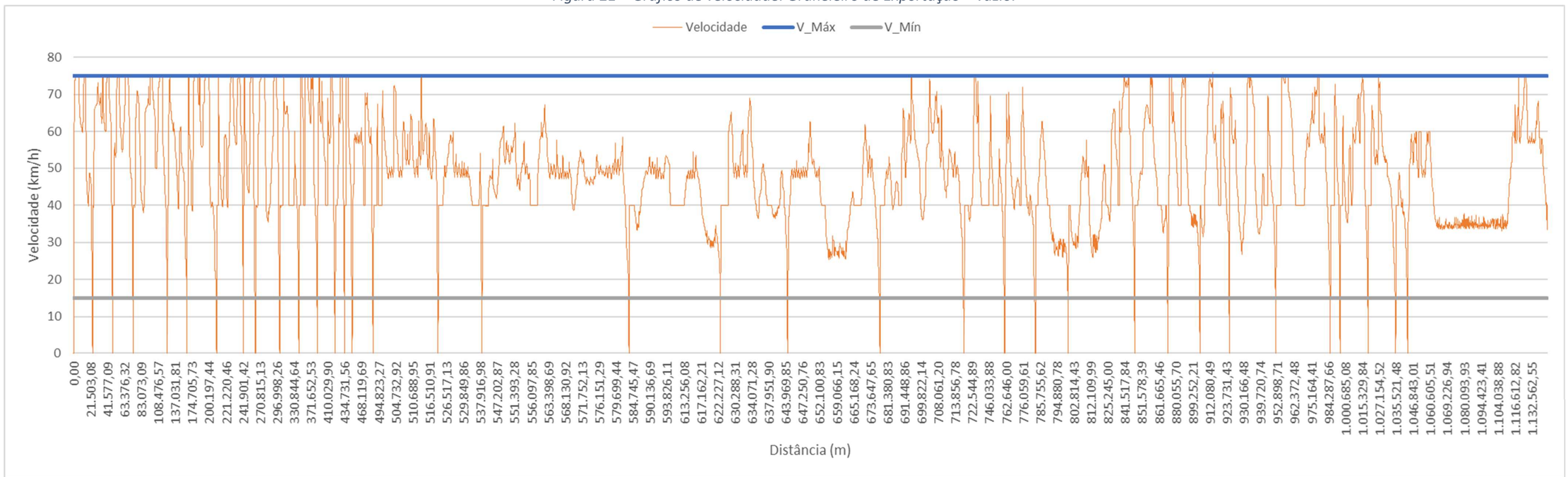
Devido ao extenso número de páginas, os resultados da simulação operacional foram divididos por trem-tipo e serão apresentados no **Tomo X – Estudos Operacionais – Simulação Operacional**. A seguir são apresentados os gráficos de velocidade por trem-tipo assim como as tabelas de velocidade e consumo de combustível.

Figura 20 – Gráfico de velocidade: Graneleiro de Exportação – carregado.



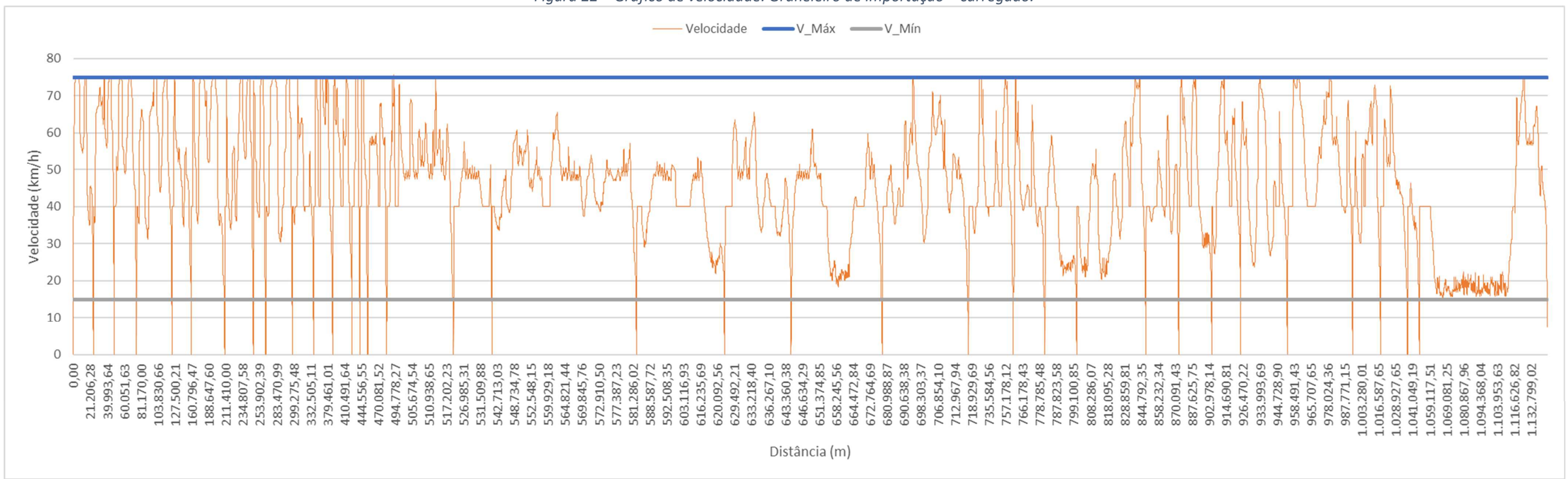
Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Figura 21 – Gráfico de velocidade: Graneleiro de Exportação – vazio.



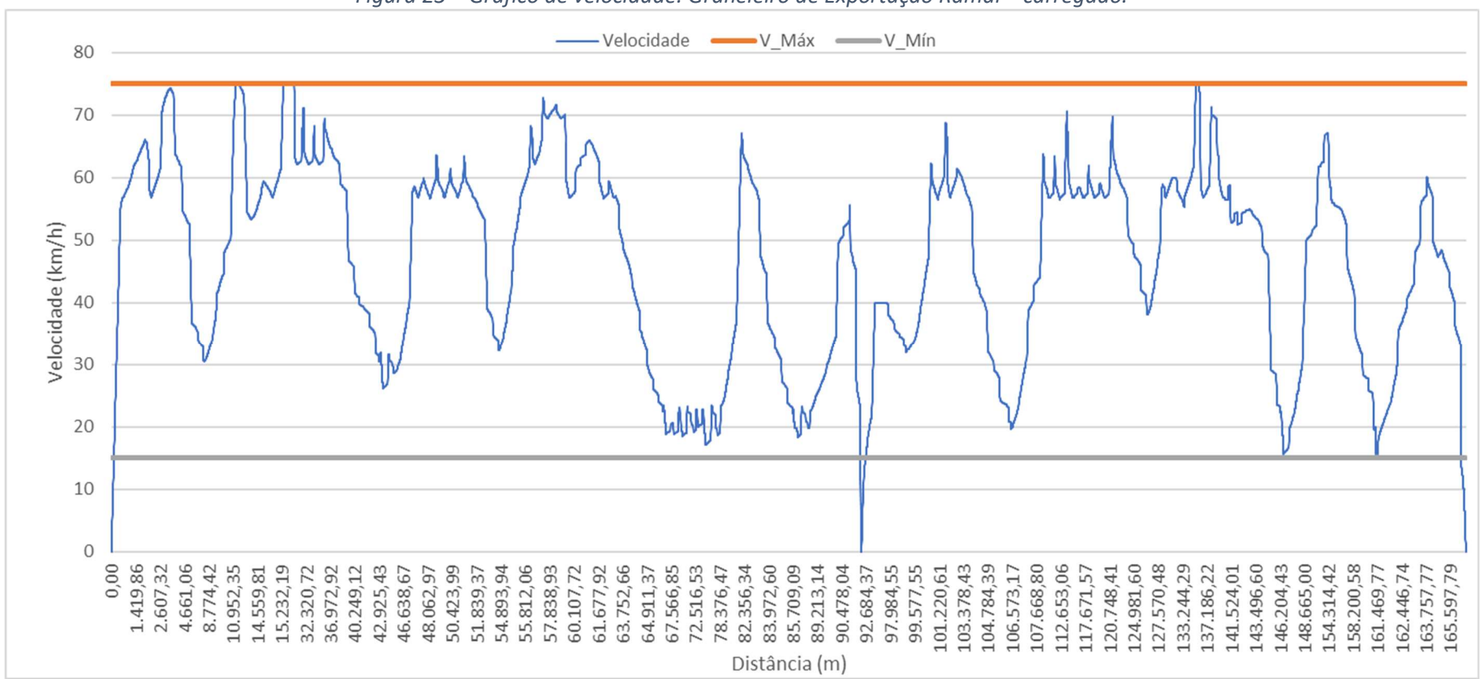
Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Figura 22 – Gráfico de velocidade: Graneleiro de Importação – carregado.



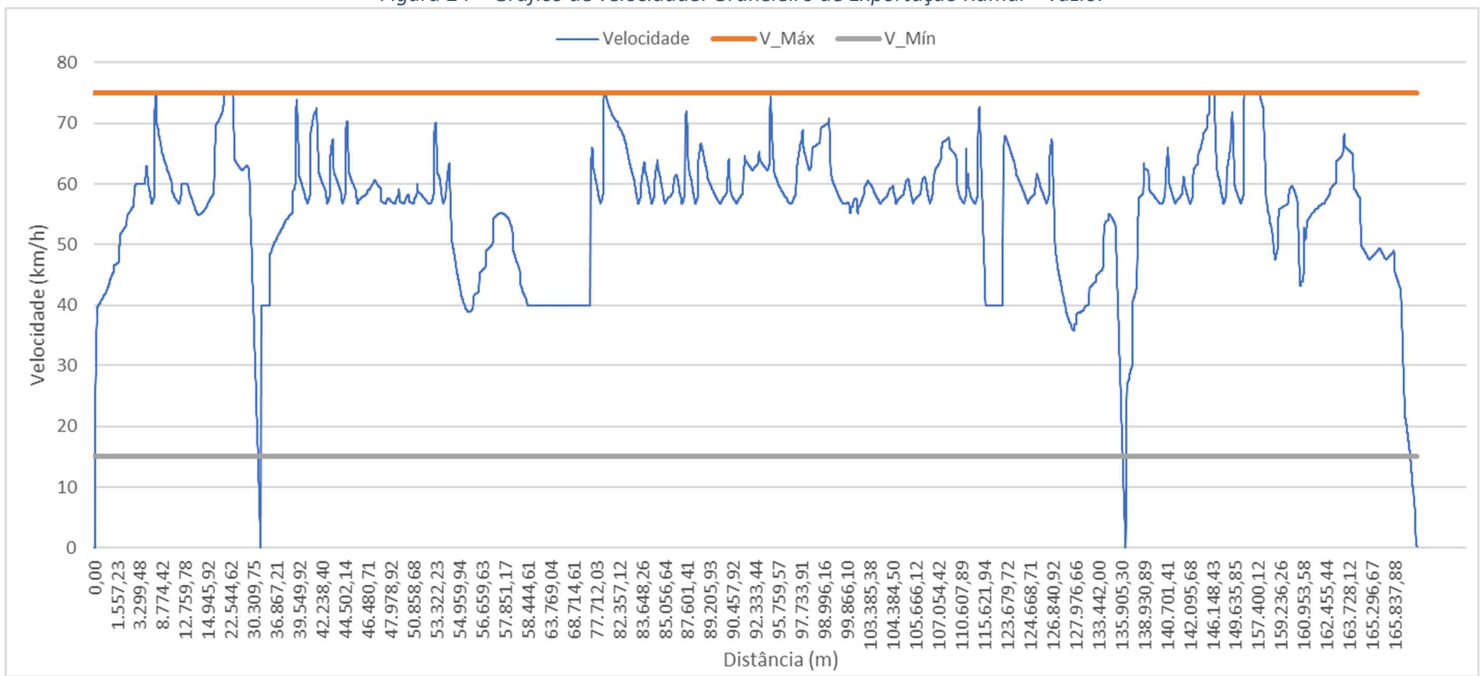
Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Figura 23 – Gráfico de velocidade: Graneleiro de Exportação Ramal – carregado.



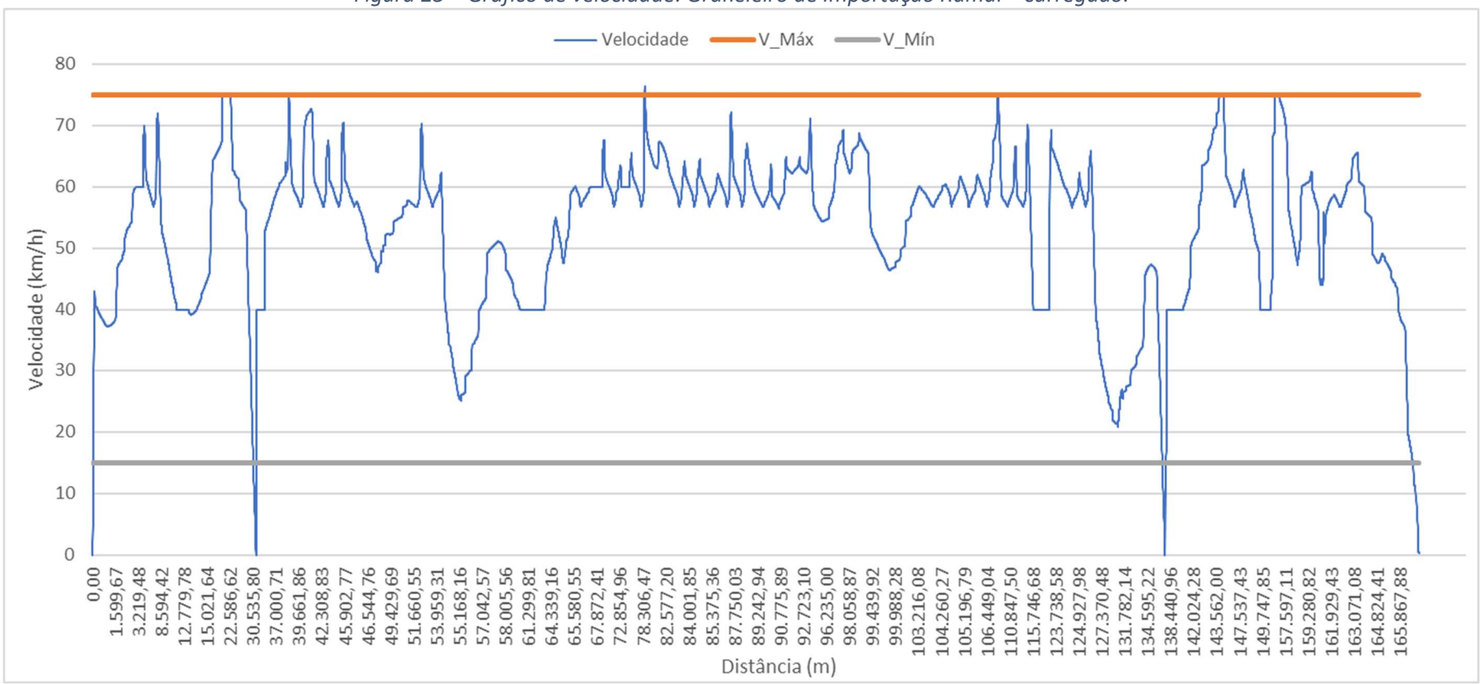
Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Figura 24 – Gráfico de velocidade: Graneleiro de Exportação Ramal – vazio.



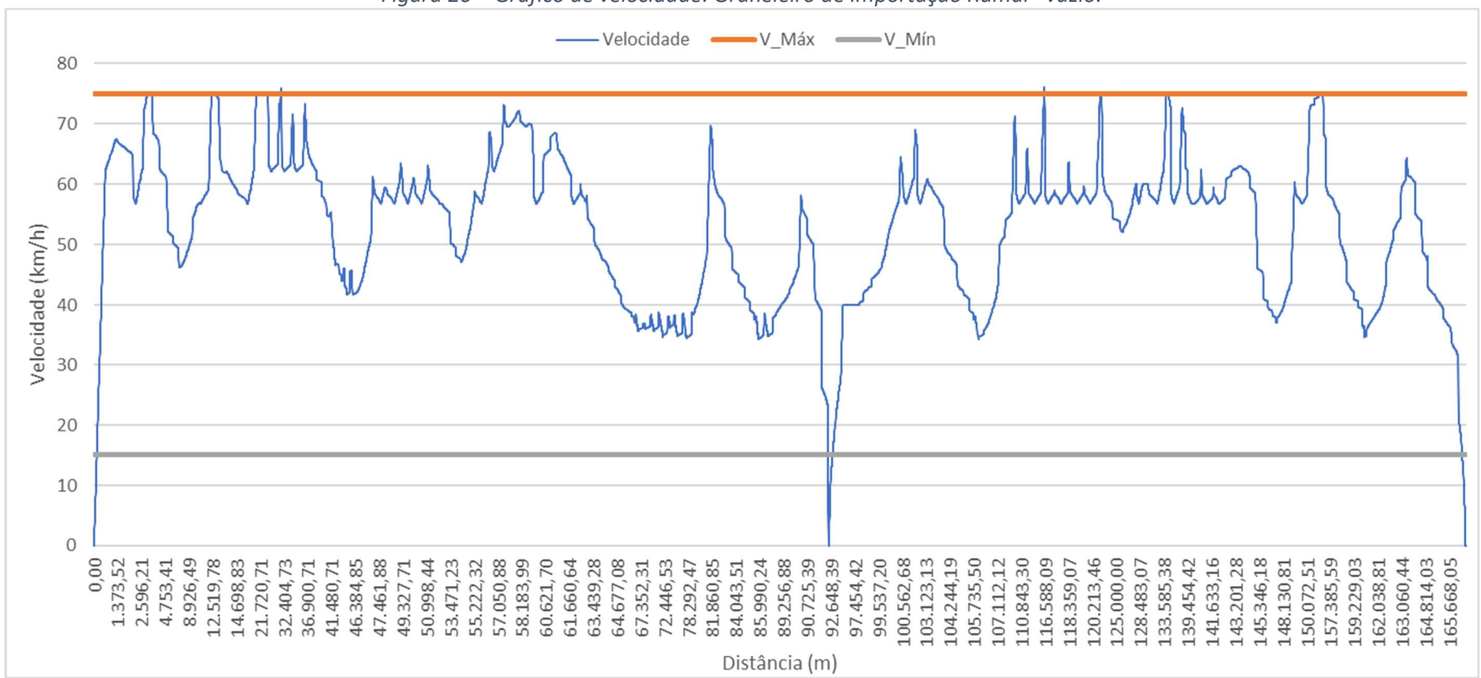
Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Figura 25 – Gráfico de velocidade: Graneleiro de Importação Ramal – carregado.



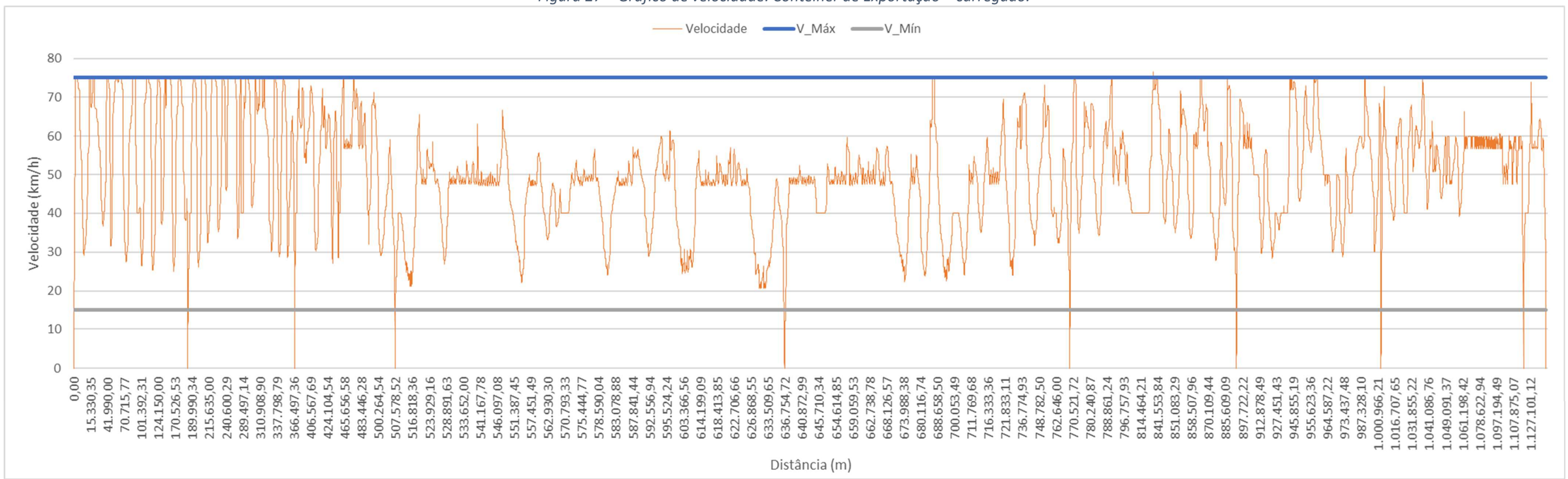
Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Figura 26 – Gráfico de velocidade: Graneleiro de Importação Ramal– vazio.



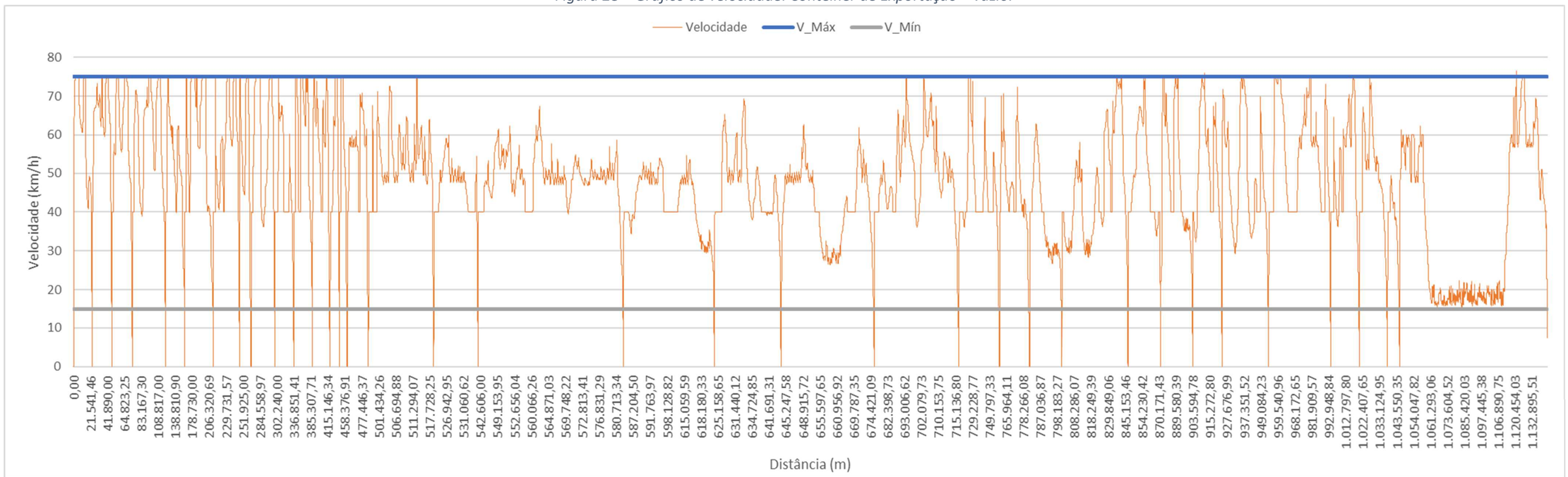
Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Figura 27 – Gráfico de velocidade: Contêiner de Exportação – carregado.



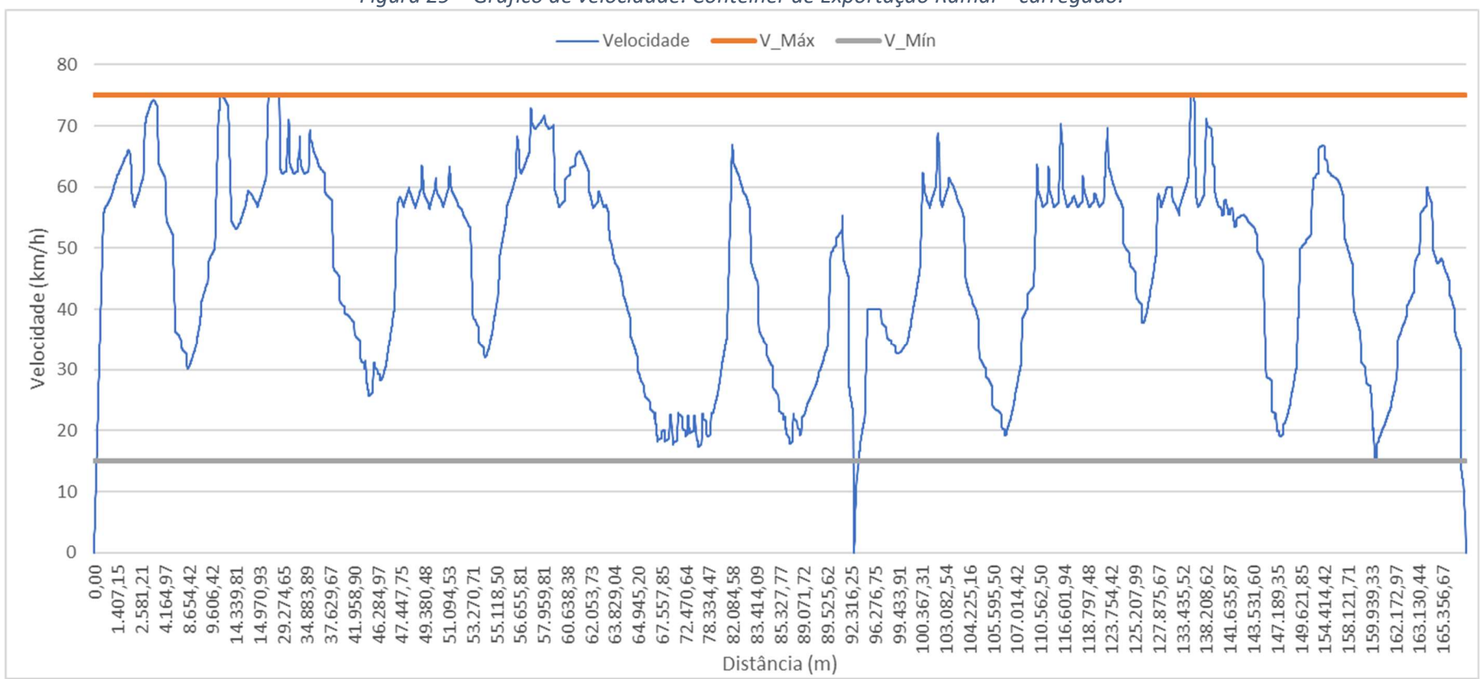
Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Figura 28 – Gráfico de velocidade: Contêiner de Exportação – vazio.



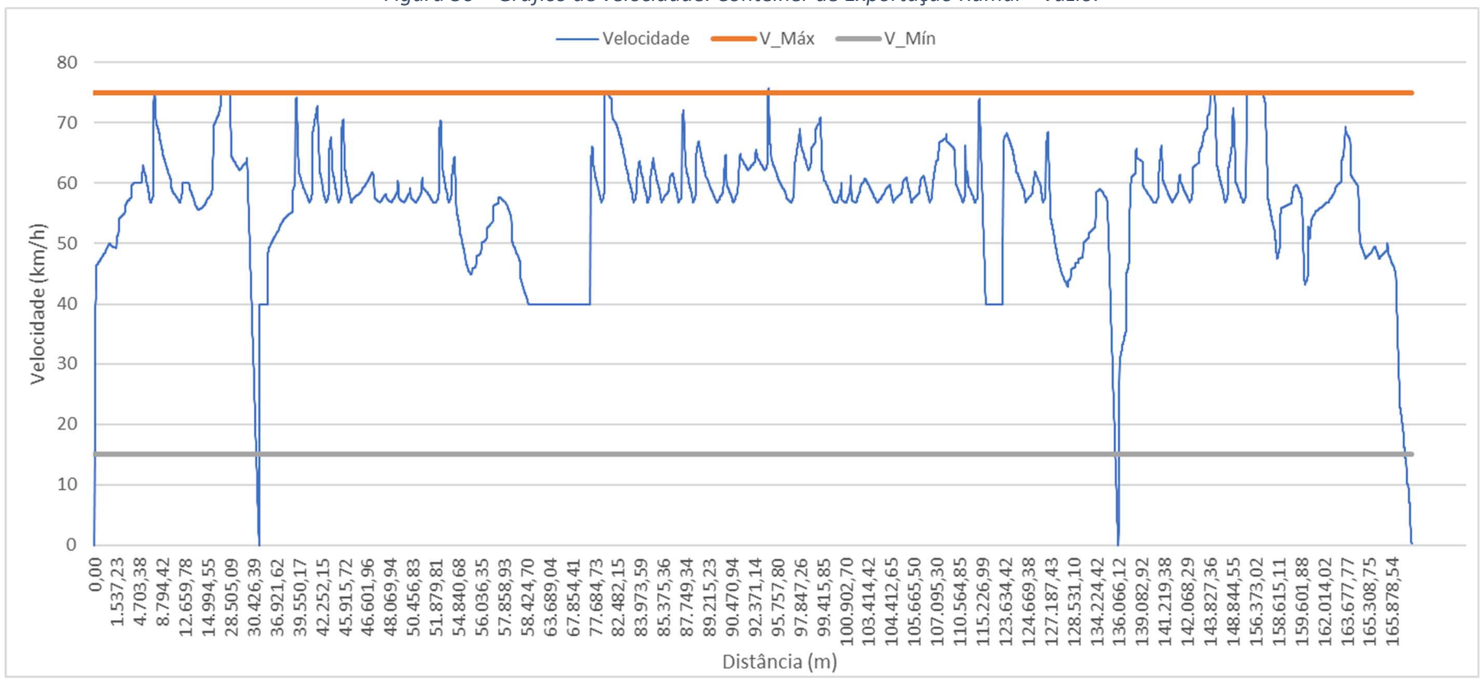
Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Figura 29 – Gráfico de velocidade: Contêiner de Exportação Ramal – carregado.



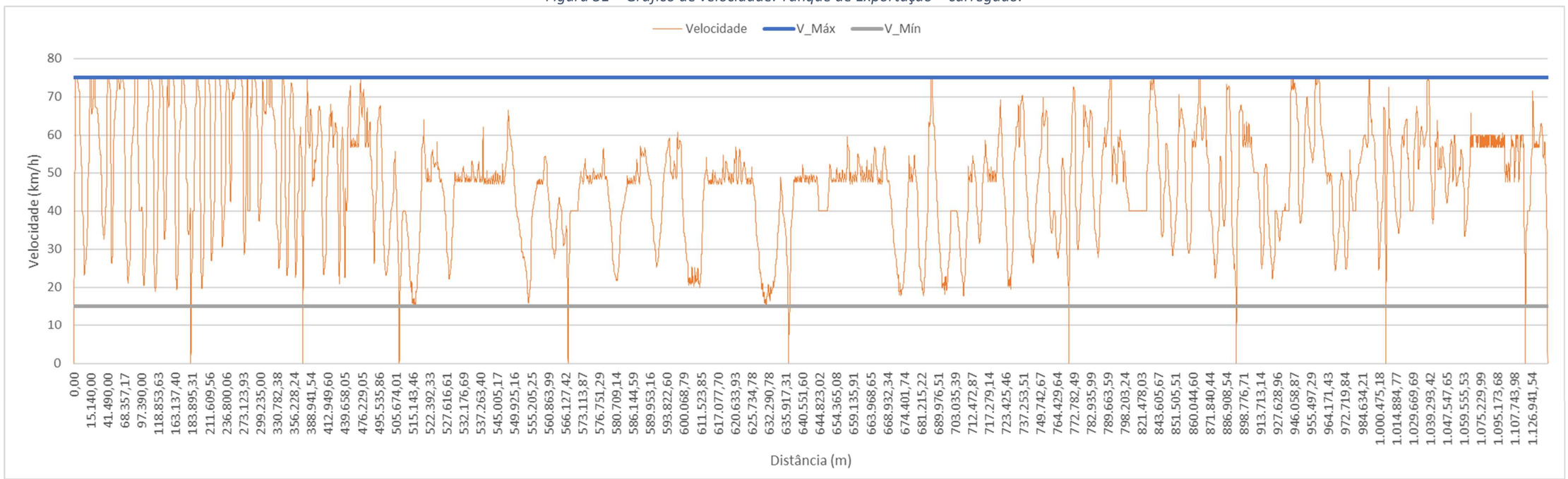
Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Figura 30 – Gráfico de velocidade: Contêiner de Exportação Ramal – vazio.



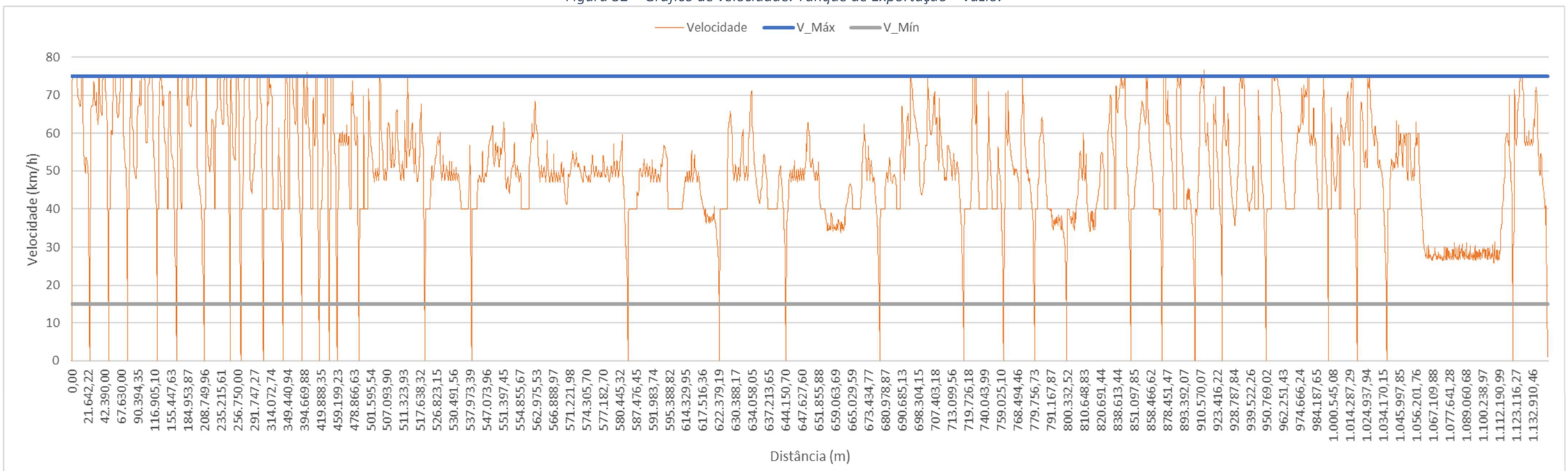
Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Figura 31 – Gráfico de velocidade: Tanque de Exportação – carregado.



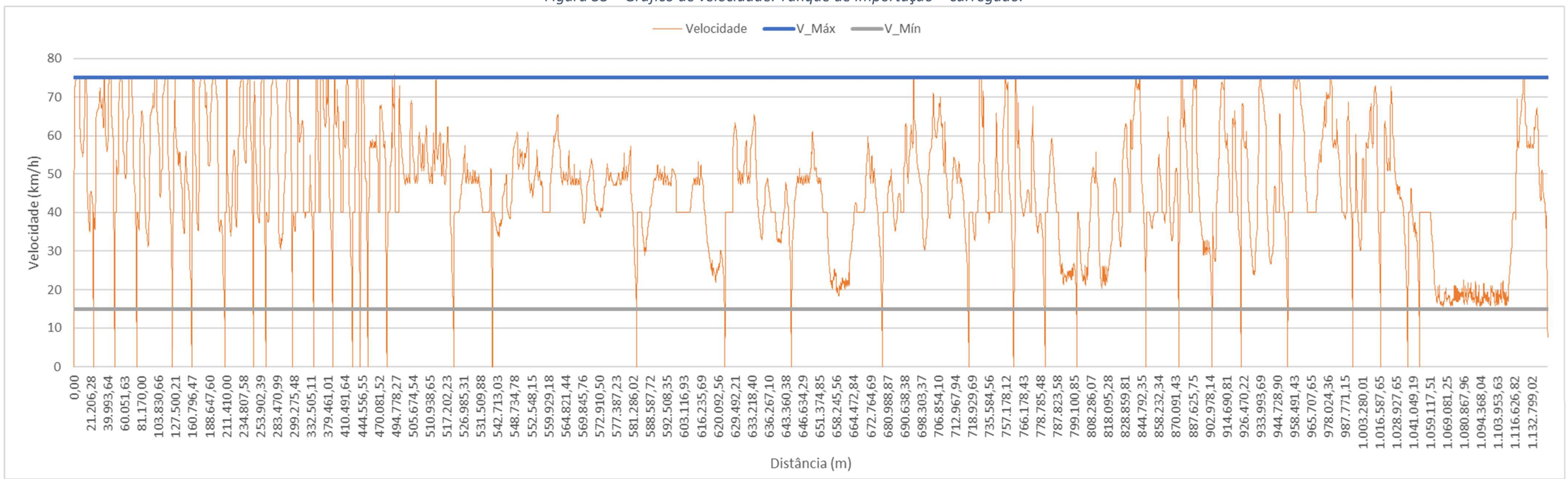
Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Figura 32 – Gráfico de velocidade: Tanque de Exportação – vazio.



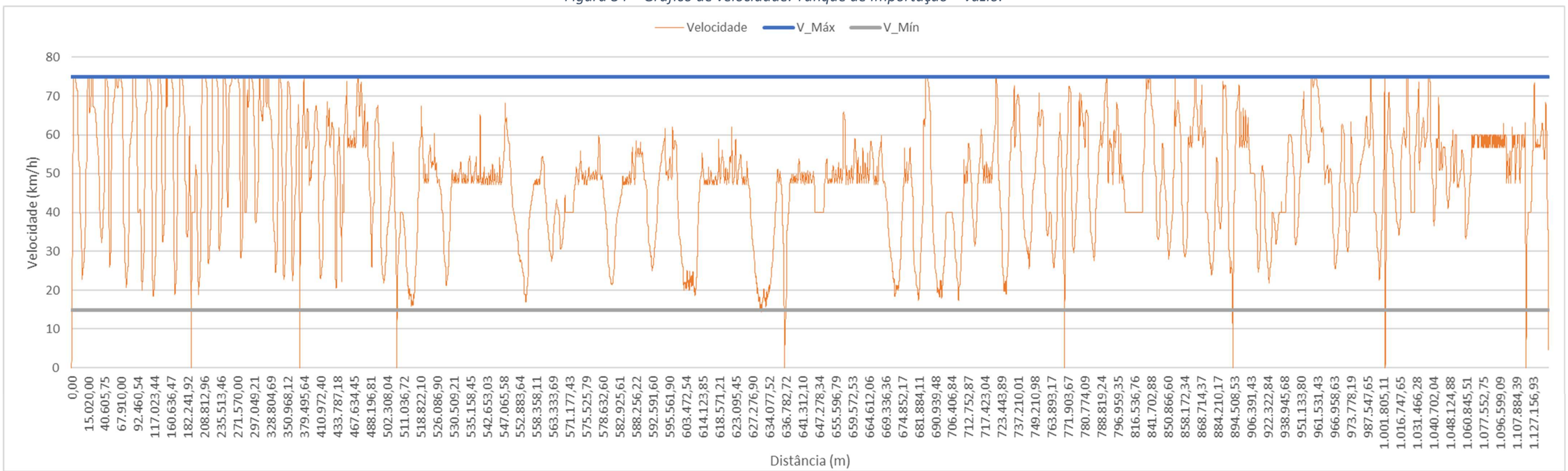
Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Figura 33 – Gráfico de velocidade: Tanque de Importação – carregado.



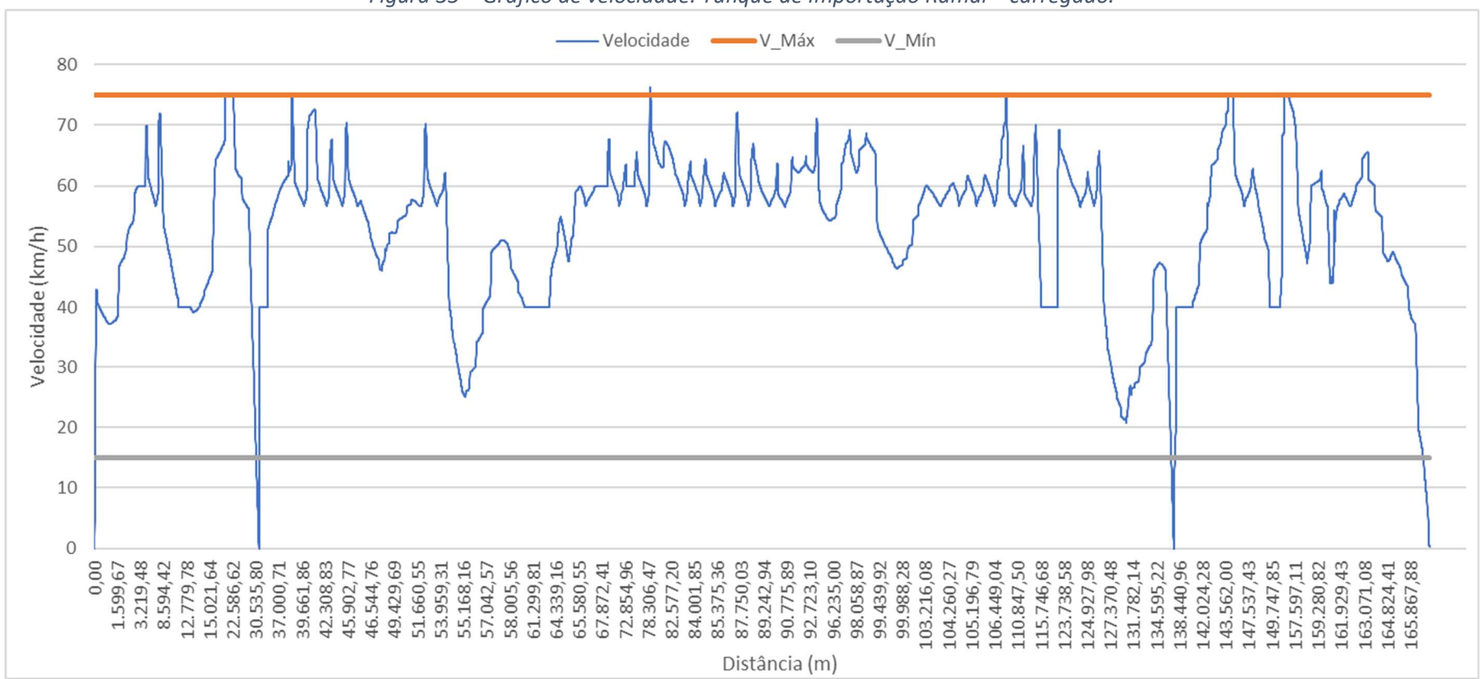
Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Figura 34 – Gráfico de velocidade: Tanque de Importação – vazio.



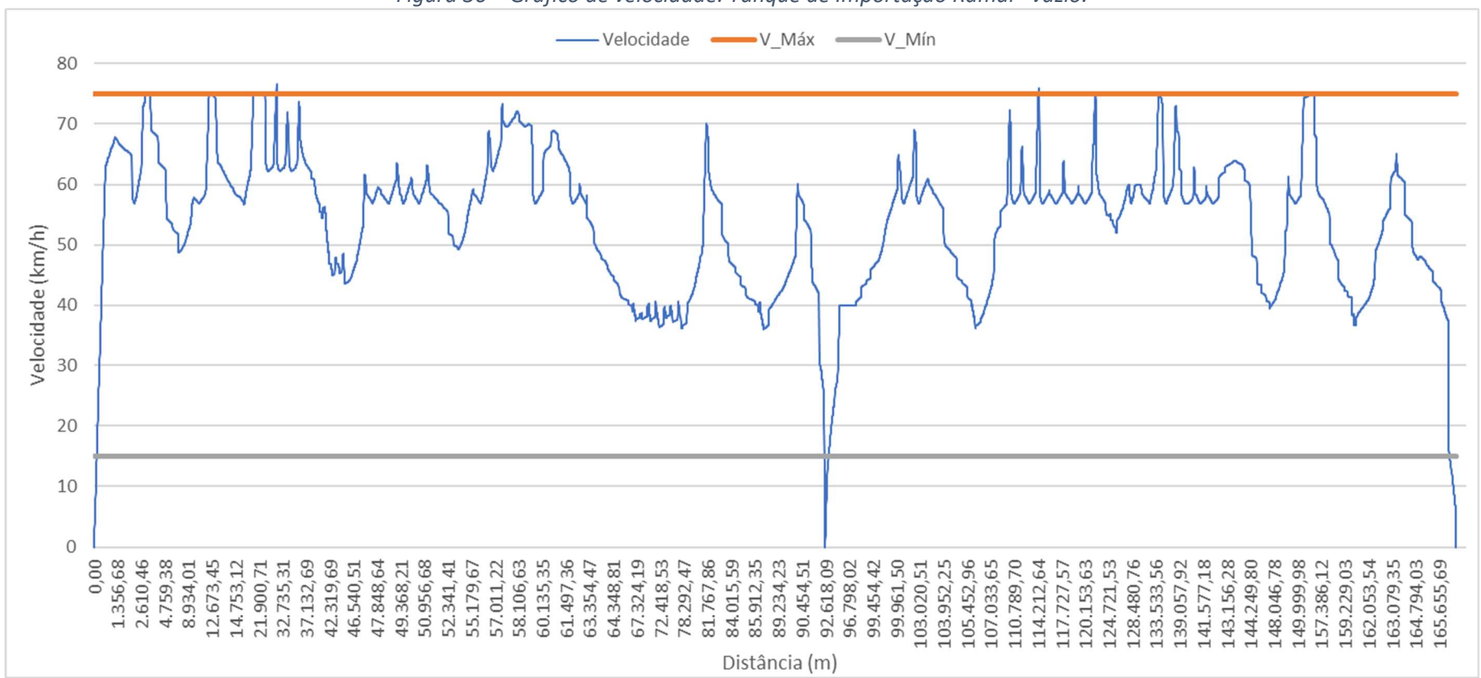
Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Figura 35 – Gráfico de velocidade: Tanque de Importação Ramal – carregado.



Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Figura 36 – Gráfico de velocidade: Tanque de Importação Ramal– vazio.



Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Tabela 36 – Graneleiro de Exportação: Velocidade e Consumo de Combustível.

TERMINAL/PÁTIO	KM INICIAL	KM INTERMEDIÁRIO	KM FINAL	DIST. (km)	VELOCIDADE MÉDIA DE PERCURSO (km/h)		VELOCIDADE MÉDIA COMERCIAL (km/h)	TEMPO DE PERCURSO		CONSUMO (l)	
					Carregado	Vazio		Carregado	Vazio	Carregado	Vazio
Terminal de Maracaju	0,00			-	-	-	55,06	-	-	1179,07	495,01
Pátio 2	22,40	23,83	25,25	23,83	53,72	58,73		0:25:16	24:14:00	1746,23	301,71
Pátio 3	48,20	49,63	51,05	25,80	54,19	62,65		0:56:43	23:45:31	1471,49	359,94
Pátio 4	74,55	75,98	77,40	26,35	56,81	59,14		1:25:17	23:13:02	425,02	443,21
Pátio 5	91,80	93,23	94,65	17,25	62,86	55,30		1:41:12	22:51:05	2305,19	291,34
Pátio 6	117,60	119,03	120,45	25,80	45,93	61,18		2:26:23	22:23:04	853,88	400,52
Pátio 7	139,20	140,63	142,05	21,60	60,78	57,29		2:46:33	21:58:56	63,34	553,01
Pátio 8	156,40	157,83	159,25	17,20	75,00	43,41		3:00:18	21:30:34	1640,26	39,28
Terminal de Amambai	171,00	172,43	173,85	14,60	45,57	56,08	51,66	3:25:36	21:17:08	642,89	169,41
Pátio 10	183,65	185,08	186,50	12,65	56,24	65,45		3:40:22	21:00:54	1508,63	395,72
Pátio 11	207,00	208,43	209,85	23,35	50,61	53,94		4:17:35	20:34:39	587,30	310,92
Pátio 12	222,40	223,83	225,25	15,40	55,45	48,73		4:32:51	20:15:11	833,53	341,65
Pátio 13	242,00	243,43	244,85	19,60	59,14	60,82		4:52:01	19:48:22	909,58	338,93
Pátio 14	262,50	263,93	265,35	20,50	71,06	56,31		5:09:36	19:26:08	1084,63	239,77
Pátio 15	284,50	285,93	287,35	22,00	61,84	61,01		5:31:10	19:03:52	237,84	437,64
Pátio 16	298,00	299,43	300,85	13,50	64,19	52,25		5:46:29	18:42:36	718,74	347,72
Pátio 17	316,55	317,98	319,40	18,55	59,49	55,20		6:03:15	18:21:30	696,90	234,52
Terminal de Guaíra	333,20	334,63	336,05	16,65	54,21	39,69	47,45	6:20:38	17:51:06	1494,84	122,40
Pátio 19	351,00	352,43	353,85	17,80	53,54	58,88		6:41:58	17:31:41	1388,12	63,59
Pátio 20	369,00	370,43	371,85	18,00	53,54	62,53		7:04:05	17:13:03	662,93	254,40
Pátio 21	385,60	387,03	388,45	16,60	57,46	54,89		7:22:51	16:53:13	1451,66	119,56
Pátio 22	403,60	405,02	406,45	18,00	55,63	60,54		7:42:53	16:37:02	1221,12	106,16
Pátio 23	417,65	419,08	420,50	14,06	48,95	53,66		8:00:01	16:15:23	1473,11	83,43
Pátio 24	433,40	434,83	436,25	15,75	53,42	49,93		8:23:28	15:51:11	1515,83	4,90
Pátio 25	446,20	447,63	449,05	12,80	47,39	40,59		8:46:53	15:36:52	798,81	118,39
Pátio 26	459,20	460,63	462,05	13,00	53,50	55,13		9:02:48	15:20:13	482,22	155,44
Pátio 27	469,90	471,33	472,75	10,70	58,99	53,64		9:12:53	15:05:58	518,79	189,91
Pátio 28	481,70	483,13	484,55	11,80	66,63	53,84		9:23:14	14:45:38	950,37	56,36
Pátio 29	493,69	495,11	496,54	11,99	49,93	41,32		9:37:50	14:27:00	1083,95	118,21
Terminal de Cascavel	507,47	508,89	510,32	13,78	42,19	52,46	34,22	9:57:38	14:10:32	1494,27	209,30
Pátio 31	520,61	522,24	523,88	13,35	32,44	53,94		10:30:45	13:51:07	768,51	183,51
Pátio 32	531,90	533,33	534,75	11,08	44,55	48,12		10:46:20	13:34:14	392,86	122,00
Pátio 33	539,32	540,74	542,17	7,42	49,26	39,12		10:55:00	13:18:08	1063,78	309,97
Pátio 34	555,17	556,76	558,35	16,02	43,36	49,22		11:19:01	12:56:15	1211,33	99,94
Pátio 35	567,12	568,54	569,97	11,79	41,06	50,05		11:36:55	12:40:23	800,62	386,88
Pátio 36	581,67	583,54	585,42	15,00	43,11	47,19		11:59:07	12:16:34	948,80	254,30
Pátio 37 (VD)	594,67	603,01	611,35	11,13	45,48	45,69		12:17:14	11:57:28	2668,09	419,73
Pátio 38	622,49	624,11	625,74	12,76	42,72	38,97		13:06:28	11:08:54	1541,22	203,14
Pátio 39	636,73	638,56	640,39	14,45	34,35	49,19		13:38:29	10:49:08	341,16	216,68
Pátio 40	644,24	646,65	649,06	8,09	44,96	38,89		13:53:52	10:32:18	412,02	148,77
Pátio 41	652,49	653,99	655,49	7,34	42,06	48,03		14:06:04	10:21:15	311,18	578,75

TERMINAL/PÁTIO	KM INICIAL	KM INTERMEDIÁRIO	KM FINAL	DIST. (km)	VELOCIDADE MÉDIA DE PERCURSO (km/h)		VELOCIDADE MÉDIA COMERCIAL (km/h)	TEMPO DE PERCURSO		CONSUMO (l)	
					Carregado	Vazio		Carregado	Vazio	Carregado	Vazio
Pátio 42	665,29	667,05	668,81	13,06	49,96	31,64		14:21:38	9:56:46	985,64	132,86
Pátio 43	674,84	676,60	678,36	9,55	37,77	43,49		14:39:25	9:37:43	820,73	156,52
Pátio 44	684,60	686,02	687,45	9,43	42,32	43,72		14:54:18	9:22:36	1230,70	59,91
Pátio 45 (VD)	696,91	701,66	705,91	15,64	37,81	54,70		15:17:15	9:08:21	1161,73	499,64
Pátio 46	715,59	717,73	719,87	16,07	36,33	51,62		15:57:10	8:40:26	1572,59	165,67
Terminal de Guarapuava	730,80	732,23	750,95	14,50	45,14	49,80		16:24:41	8:21:35	2531,68	221,99
Pátio 48	759,40	749,52	762,25	17,29	50,36	42,26	36,47	17:03:11	7:34:21	712,44	172,27
Pátio 49	768,83	760,82	771,68	11,30	36,94	47,51		17:19:37	7:21:41	835,78	213,54
Pátio 50	779,80	770,25	782,65	9,43	51,76	41,87		17:38:07	7:00:41	643,89	45,99
Pátio 51	787,40	781,22	790,25	10,97	45,57	49,33		17:47:39	6:49:04	268,36	573,83
Pátio 52	799,50	788,82	802,35	7,60	55,89	29,54		18:00:23	6:20:36	17,70	376,32
Pátio 53 (VD)	808,95	800,92	825,20	12,10	40,00	36,76		18:14:34	6:03:38	152,92	875,35
Pátio 54	831,10	810,37	833,95	9,45	41,89	42,51		18:47:19	5:28:36	817,93	178,93
Pátio 55	845,60	823,77	848,45	13,40	59,31	57,49		19:01:11	5:06:25	1216,41	131,81
Pátio 56	859,00	832,52	861,85	8,75	46,03	54,92		19:19:28	4:49:24	425,30	268,19
Pátio 57	871,20	847,03	874,05	14,51	61,35	35,93		19:31:15	4:25:16	1083,17	45,72
Pátio 58	880,55	860,43	883,40	13,40	31,43	57,25		19:48:43	4:15:54	1147,03	68,11
Pátio 59	893,60	872,63	896,45	12,20	46,38	57,68		20:07:01	4:00:51	413,20	316,97
Pátio 60	903,45	881,98	906,30	9,35	55,88	33,82		20:23:29	3:39:26	417,68	282,69
Pátio 61	915,55	895,03	918,40	13,05	40,87	53,85		20:39:57	3:23:33	1015,84	53,03
Pátio 62	924,10	904,88	926,95	9,85	36,44	45,22		20:54:28	3:06:24	438,43	280,29
Pátio 63	934,30	916,98	937,15	12,10	37,77	49,82		21:10:03	2:52:29	217,71	245,57
Pátio 64	942,00	925,53	944,95	8,55	41,01	51,03		21:22:26	2:43:34	711,33	91,93
Terminal de Balsa Nova	950,20	935,73	953,70	10,20	51,24	42,35	34,02	21:37:44	2:26:37	594,71	127,23
Pátio 66 (VD)	962,56	943,48	978,23	7,75	62,04	58,51		21:49:25	2:10:47	1489,47	256,12
Pátio 67	984,56	951,95	987,51	8,48	41,52	52,40		22:21:06	1:38:37	470,29	130,25
Pátio 68	993,56	963,99	996,41	12,04	61,48	44,87		22:29:33	1:20:01	702,56	208,56
Pátio 69	1.005,26	976,80	1.008,11	12,82	46,38	44,31		22:47:12	1:02:57	841,02	148,58
Pátio 70	1.016,91	986,03	1.019,76	9,23	46,41	55,27		23:07:10	0:42:45	281,36	116,64
Pátio 71	1.024,89	994,98	1.027,74	8,95	56,31	51,14		23:15:42	0:31:34	313,99	285,10
Terminal de Curitiba	1.034,81	1.006,68	1.037,85	11,70	55,20	49,34	30,61	23:28:37	0:15:00	541,25	157,83
Pátio 73_VD	1.043,96	1.018,33	1.119,98	11,65	56,26	35,77		23:38:11	2:13:52	1394,46	4277,18
FIM	1.137,68			49,10	54,00	40,53		25:30:08	0:00:10	726,28	351,86

Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Tabela 37 – Graneleiro de Importação: Velocidade e Consumo de Combustível.

TERMINAL/PÁTIO	KM INICIAL	KM INTERMEDIÁRIO	KM FINAL	DIST. (km)	VELOCIDADE MÉDIA DE PERCURSO (km/h)		VELOCIDADE MÉDIA COMERCIAL (km/h)	TEMPO DE PERCURSO		CONSUMO (l)	
					Carregado	Vazio		Carregado	Vazio	Carregado	Vazio
Terminal de Maracaju		0,00		-	-	-	54,74	-	-	1248,11	-
Pátio 2	22,40	23,83	25,25	23,83	56,73	-		25:02:21	-	781,82	-
Pátio 3	48,20	49,63	51,05	25,80	61,12	-		24:32:50	-	904,49	-
Pátio 4	74,55	75,98	77,40	26,35	57,91	-		23:59:14	-	1165,97	-
Pátio 5	91,80	93,23	94,65	17,25	50,83	-		23:35:00	-	720,83	-
Pátio 6	117,60	119,03	120,45	25,80	59,31	-		23:06:26	-	1019,61	-
Pátio 7	139,20	140,63	142,05	21,60	53,42	-		22:40:29	-	1525,98	-
Pátio 8	156,40	157,83	159,25	17,20	39,68	-		22:09:51	-	94,68	-
Terminal de Amambai	171,00	172,43	173,85	14,60	58,28	-	48,53	21:55:49	-	382,24	-
Pátio 10	183,65	185,08	186,50	12,65	63,30	-		21:41:04	-	1060,36	-
Pátio 11	207,00	208,43	209,85	23,35	54,37	-		21:11:55	-	794,21	-
Pátio 12	222,40	223,83	225,25	15,40	45,44	-		20:50:45	-	961,97	-
Pátio 13	242,00	243,43	244,85	19,60	58,76	-		20:23:24	-	851,38	-
Pátio 14	262,50	263,93	265,35	20,50	54,27	-		19:59:47	-	656,92	-
Pátio 15	284,50	285,93	287,35	22,00	59,71	-		19:36:48	-	1100,98	-
Pátio 16	298,00	299,43	300,85	13,50	50,24	-		19:13:56	-	868,83	-
Pátio 17	316,55	317,98	319,40	18,55	51,44	-		18:51:41	-	595,28	-
Terminal de Guaíra	333,20	334,63	336,05	16,65	38,48	-	45,42	18:21:15	-	304,83	-
Pátio 19	351,00	352,43	353,85	17,80	58,29	-		18:01:12	-	177,97	-
Pátio 20	369,00	370,43	371,85	18,00	62,92	-		17:42:27	-	634,60	-
Pátio 21	385,60	387,03	388,45	16,60	53,96	-		17:22:20	-	270,07	-
Pátio 22	403,60	405,02	406,45	18,00	60,96	-		17:05:29	-	267,46	-
Pátio 23	417,65	419,08	420,50	14,06	49,08	-		16:43:04	-	187,15	-
Pátio 24	433,40	434,83	436,25	15,75	51,01	-		16:19:32	-	12,73	-
Pátio 25	446,20	447,63	449,05	12,80	40,59	-		16:04:39	-	293,74	-
Pátio 26	459,20	460,63	462,05	13,00	54,27	-		15:47:50	-	363,09	-
Pátio 27	469,90	471,33	472,75	10,70	52,88	-		15:33:54	-	465,03	-
Pátio 28	481,70	483,13	484,55	11,80	51,99	-		15:13:19	-	222,78	-
Pátio 29	493,69	495,11	496,54	11,99	50,68	-		14:57:43	-	272,66	-
Terminal de Cascavel	507,47	508,89	510,32	13,78	51,77	-	34,80	14:40:22	-	507,71	-
Pátio 31	520,61	522,24	523,88	13,35	51,80	-		14:20:07	-	408,25	-
Pátio 32	531,90	533,33	534,75	11,08	46,23	-		14:03:24	-	303,31	-
Pátio 33	539,32	540,74	542,17	7,42	38,80	-		13:47:09	-	794,58	-
Pátio 34	555,17	556,76	558,35	16,02	47,33	-		13:24:23	-	225,81	-
Pátio 35	567,12	568,54	569,97	11,79	49,67	-		13:08:26	-	955,36	-
Pátio 36	581,67	583,54	585,42	15,00	45,59	-		12:43:54	-	624,68	-
Pátio 37 (VD)	594,67	603,01	611,35	11,13	44,11	-		12:24:00	-	1039,73	-
Pátio 38	622,49	624,11	625,74	12,76	36,84	-		11:33:34	-	475,40	-
Pátio 39	636,73	638,56	640,39	14,45	47,83	-		11:13:33	-	561,55	-
Pátio 40	644,24	646,65	649,06	8,09	36,87	-		10:56:12	-	338,21	-
Pátio 41	652,49	653,99	655,49	7,34	47,17	-		10:44:47	-	1457,99	-

TERMINAL/PÁTIO	KM INICIAL	KM INTERMEDIÁRIO	KM FINAL	DIST. (km)	VELOCIDADE MÉDIA DE PERCURSO (km/h)		VELOCIDADE MÉDIA COMERCIAL (km/h)	TEMPO DE PERCURSO		CONSUMO (l)	
					Carregado	Vazio		Carregado	Vazio	Carregado	Vazio
Pátio 42	665,29	667,05	668,81	13,06	27,66	-		10:15:37	-	324,24	-
Pátio 43	674,84	676,60	678,36	9,55	42,52	-		9:56:24	-	363,17	-
Pátio 44	684,60	686,02	687,45	9,43	41,72	-		9:40:47	-	147,84	-
Pátio 45 (VD)	696,91	701,66	705,91	15,64	53,83	-		9:26:25	-	1204,81	-
Pátio 46	715,59	717,73	719,87	16,07	49,11	-		8:57:09	-	415,39	-
Terminal de Guarapuava	730,80	732,23	750,95	14,50	48,13	-		8:37:50	-	616,32	-
Pátio 48	759,40	749,52	762,25	17,29	47,23	-	32,58	7:53:10	-	371,10	-
Pátio 49	768,83	760,82	771,68	11,30	46,65	-		7:41:05	-	515,16	-
Pátio 50	779,80	770,25	782,65	9,43	39,08	-		7:19:37	-	105,84	-
Pátio 51	787,40	781,22	790,25	10,97	47,79	-		7:07:39	-	1440,63	-
Pátio 52	799,50	788,82	802,35	7,60	25,68	-		6:35:23	-	972,54	-
Pátio 53 (VD)	808,95	800,92	825,20	12,10	33,05	-		6:15:33	-	2222,54	-
Pátio 54	831,10	810,37	833,95	9,45	38,61	-		5:35:46	-	431,01	-
Pátio 55	845,60	823,77	848,45	13,40	56,15	-		5:13:19	-	328,22	-
Pátio 56	859,00	832,52	861,85	8,75	41,98	-		4:52:18	-	739,92	-
Pátio 57	871,20	847,03	874,05	14,51	42,62	-		4:29:14	-	104,96	-
Pátio 58	880,55	860,43	883,40	13,40	57,59	-		4:19:11	-	162,93	-
Pátio 59	893,60	872,63	896,45	12,20	57,37	-		4:04:01	-	924,73	-
Pátio 60	903,45	881,98	906,30	9,35	30,67	-		3:41:02	-	693,42	-
Pátio 61	915,55	895,03	918,40	13,05	52,49	-		3:24:00	-	120,07	-
Pátio 62	924,10	904,88	926,95	9,85	44,57	-		3:06:42	-	682,11	-
Pátio 63	934,30	916,98	937,15	12,10	46,74	-		2:51:08	-	619,46	-
Pátio 64	942,00	925,53	944,95	8,55	46,98	-		2:41:29	-	222,76	-
Terminal de Balsa Nova	950,20	935,73	953,70	10,20	41,03	-	32,56	2:24:20	-	280,60	-
Pátio 66 (VD)	962,56	943,48	978,23	7,75	57,94	-		2:08:20	-	563,95	-
Pátio 67	984,56	951,95	987,51	8,48	54,40	-		1:41:42	-	325,51	-
Pátio 68	993,56	963,99	996,41	12,04	44,25	-		1:23:47	-	516,02	-
Pátio 69	1.005,26	976,80	1.008,11	12,82	41,73	-		1:05:29	-	332,00	-
Pátio 70	1.016,91	986,03	1.019,76	9,23	54,32	-		0:45:02	-	285,32	-
Pátio 71	1.024,89	994,98	1.027,74	8,95	50,19	-		0:33:19	-	702,38	-
Terminal de Curitiba	1.034,81	1.006,68	1.037,85	11,70	45,94	-	18,90	0:15:44	-	398,34	-
Pátio 73_VD	1.043,96	1.018,33	1.119,98	11,65	33,34	-		3:47:07	-	11869,45	-
FIM		1.137,68		49,10	22,24	-		0:00:10	-	726,28916,67	-

Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Tabela 38 – Graneleiro de Exportação - Ramal: Velocidade e Consumo de Combustível.

TERMINAL/PÁTIO	KM INICIAL	KM INTERMEDIÁRIO	KM FINAL	DIST. (km)	VELOCIDADE MÉDIA DE PERCURSO (km/h)		VELOCIDADE MÉDIA COMERCIAL (km/h)	TEMPO DE PERCURSO		CONSUMO (l)	
					Carregado	Vazio		Carregado	Vazio	Carregado	Vazio
Terminal de Foz do Iguaçu	0,00			-	-	-	43,50	-	-	824,64	76,39
Pátio 2	9,04	10,51	11,98	10,51	52,31	53,58		0:12:44	3:07:37	588,38	223,45
Pátio 3	30,60	32,03	33,45	21,51	60,82	58,27		0:31:29	2:42:45	1997,53	353,34
Pátio 4	58,45	59,87	61,30	27,85	52,44	54,86		1:06:28	2:09:46	4219,91	137,57
Pátio 5	92,62	94,04	95,47	34,17	37,64	55,88		2:20:23	1:27:30	1593,86	315,80
Pátio 6	115,82	117,24	118,67	23,20	41,94	60,66		2:57:41	1:04:32	795,02	418,54
Pátio 7	136,02	137,44	138,87	20,20	55,85	48,53		3:18:48	0:31:52	1142,93	54,44
Pátio 8	148,67	150,09	151,52	12,65	45,44	58,12		3:38:10	0:18:16	1571,26	157,43
FIM	166,46			16,37	41,83	53,93		4:05:51	0:00:01	-	-

Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Tabela 39 – Graneleiro de Importação - Ramal: Velocidade e Consumo de Combustível.

TERMINAL/PÁTIO	KM INICIAL	KM INTERMEDIÁRIO	KM FINAL	DIST. (km)	VELOCIDADE MÉDIA DE PERCURSO (km/h)		VELOCIDADE MÉDIA COMERCIAL (km/h)	TEMPO DE PERCURSO		CONSUMO (l)	
					Carregado	Vazio		Carregado	Vazio	Carregado	Vazio
Terminal de Foz do Iguaçu	0,00			-	-	-	48,55	-	-	316,11	248,48
Pátio 2	9,04	10,51	11,98	10,51	49,54	57,44		3:18:05	0:10:15	653,64	175,79
Pátio 3	30,60	32,03	33,45	21,51	50,31	63,91		2:49:50	0:28:21	1140,81	585,62
Pátio 4	58,45	59,87	61,30	27,85	52,12	58,06		2:16:24	0:57:55	466,50	1161,15
Pátio 5	92,62	94,04	95,47	34,17	57,96	46,10		1:39:48	1:47:12	942,53	464,51
Pátio 6	115,82	117,24	118,67	23,20	58,63	48,27		1:16:31	2:20:25	1420,88	238,42
Pátio 7	136,02	137,44	138,87	20,20	42,32	58,83		0:38:21	2:40:25	212,15	311,52
Pátio 8	148,67	150,09	151,52	12,65	54,52	54,33		0:22:39	2:54:47	409,71	372,50
FIM	166,46			16,37	51,09	48,57		0:00:01	3:15:42	-	-

Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Tabela 40 – Contêiner de Exportação: Velocidade e Consumo de Combustível.

TERMINAL/PÁTIO	KM INICIAL	KM INTERMEDIÁRIO	KM FINAL	DIST. (km)	VELOCIDADE MÉDIA DE PERCURSO (km/h)		VELOCIDADE MÉDIA COMERCIAL (km/h)	TEMPO DE PERCURSO		CONSUMO (l)	
					Carregado	Vazio		Carregado	Vazio	Carregado	Vazio
Terminal de Maracaju	0,00			-	-	-	57,39	-	-	645,25	487,84
Pátio 2	22,40	23,83	25,25	23,83	55,99	59,17		0:23:41	23:59:42	949,59	311,56
Pátio 3	48,20	49,63	51,05	25,80	55,81	63,10		0:52:59	23:31:17	803,61	352,18
Pátio 4	74,55	75,98	77,40	26,35	59,46	59,54		1:19:29	22:58:55	228,50	442,28
Pátio 5	91,80	93,23	94,65	17,25	64,27	56,12		1:35:07	22:37:14	1247,03	286,35
Pátio 6	117,60	119,03	120,45	25,80	49,24	61,30		2:14:52	22:09:19	471,91	399,65
Pátio 7	139,20	140,63	142,05	21,60	62,74	57,39		2:34:28	21:45:10	32,28	537,78
Pátio 8	156,40	157,83	159,25	17,20	75,00	43,87		2:48:13	21:17:11	884,00	38,75
Terminal de Amambai	171,00	172,43	173,85	14,60	47,95	56,09	53,24	3:09:47	21:03:46	356,23	171,51
Pátio 10	183,65	185,08	186,50	12,65	58,60	67,57		3:23:48	20:47:34	819,79	388,12
Pátio 11	207,00	208,43	209,85	23,35	51,29	53,77		3:58:30	20:21:30	320,80	305,73
Pátio 12	222,40	223,83	225,25	15,40	57,21	49,23		4:13:10	20:02:12	464,40	335,04
Pátio 13	242,00	243,43	244,85	19,60	60,77	61,43		4:31:42	19:35:27	472,38	333,57
Pátio 14	262,50	263,93	265,35	20,50	73,61	56,46		4:48:40	19:13:21	584,23	235,88
Pátio 15	284,50	285,93	287,35	22,00	62,96	61,71		5:09:33	18:51:07	138,15	429,37
Pátio 16	298,00	299,43	300,85	13,50	64,16	52,92		5:24:50	18:30:06	394,76	344,59
Pátio 17	316,55	317,98	319,40	18,55	61,16	55,71		5:41:12	18:09:04	391,74	229,15
Terminal de Guaíra	333,20	334,63	336,05	16,65	54,91	39,59	48,20	5:58:03	17:38:41	810,43	120,09
Pátio 19	351,00	352,43	353,85	17,80	56,26	58,91		6:17:36	17:19:16	693,84	61,63
Pátio 20	369,00	370,43	371,85	18,00	54,41	62,53		6:40:06	17:00:38	425,35	252,05
Pátio 21	385,60	387,03	388,45	16,60	53,50	54,71		7:04:11	16:40:51	784,08	119,33
Pátio 22	403,60	405,02	406,45	18,00	61,64	60,67		7:22:15	16:24:41	663,97	103,78
Pátio 23	417,65	419,08	420,50	14,06	54,22	52,82		7:37:32	16:03:03	782,39	82,16
Pátio 24	433,40	434,83	436,25	15,75	56,45	50,01		7:58:11	15:38:52	798,98	4,77
Pátio 25	446,20	447,63	449,05	12,80	52,42	40,59		8:17:53	15:24:33	447,84	116,24
Pátio 26	459,20	460,63	462,05	13,00	56,42	55,40		8:33:25	15:07:55	228,75	153,28
Pátio 27	469,90	471,33	472,75	10,70	59,44	53,68		8:43:19	14:53:41	267,14	186,76
Pátio 28	481,70	483,13	484,55	11,80	67,01	53,97		8:53:34	14:33:22	526,19	55,98
Pátio 29	493,69	495,11	496,54	11,99	53,96	41,33		9:07:06	14:14:46	562,60	116,05
Terminal de Cascavel	507,47	508,89	510,32	13,78	46,52	52,60	36,33	9:25:04	13:58:18	804,35	206,80
Pátio 31	520,61	522,24	523,88	13,35	35,30	53,99		9:53:54	13:38:56	423,77	179,86
Pátio 32	531,90	533,33	534,75	11,08	46,03	48,19		10:08:49	13:22:02	218,36	118,49
Pátio 33	539,32	540,74	542,17	7,42	49,43	39,14		10:17:26	13:05:59	595,86	304,36
Pátio 34	555,17	556,76	558,35	16,02	44,91	49,58		10:39:52	12:44:09	632,58	97,91
Pátio 35	567,12	568,54	569,97	11,79	44,16	50,03		10:56:25	12:28:17	448,34	363,87
Pátio 36	581,67	583,54	585,42	15,00	43,97	47,66		11:17:52	12:04:42	518,79	241,74
Pátio 37 (VD)	594,67	603,01	611,35	11,13	47,11	46,07		11:35:18	11:45:48	1453,76	411,07
Pátio 38	622,49	624,11	625,74	12,76	44,54	39,43		12:19:07	10:57:32	843,99	199,57
Pátio 39	636,73	638,56	640,39	14,45	37,28	49,47		12:46:26	10:37:49	191,11	206,10
Pátio 40	644,24	646,65	649,06	8,09	45,74	39,62		13:01:42	10:21:09	217,06	145,76
Pátio 41	652,49	653,99	655,49	7,34	42,03	48,10		13:13:53	10:10:06	176,49	562,21

TERMINAL/PÁTIO	KM INICIAL	KM INTERMEDIÁRIO	KM FINAL	DIST. (km)	VELOCIDADE MÉDIA DE PERCURSO (km/h)		VELOCIDADE MÉDIA COMERCIAL (km/h)	TEMPO DE PERCURSO		CONSUMO (l)	
					Carregado	Vazio		Carregado	Vazio	Carregado	Vazio
Pátio 42	665,29	667,05	668,81	13,06	50,02	32,69		13:29:26	9:46:24	539,90	130,48
Pátio 43	674,84	676,60	678,36	9,55	40,57	43,74		13:44:57	9:27:23	446,38	152,37
Pátio 44	684,60	686,02	687,45	9,43	45,00	44,12		13:58:36	9:12:20	701,63	58,32
Pátio 45 (VD)	696,91	701,66	705,91	15,64	40,45	54,71		14:17:45	8:58:05	621,77	489,29
Pátio 46	715,59	717,73	719,87	16,07	40,12	52,01		14:48:30	8:30:24	859,45	162,33
Terminal de Guarapuava	730,80	732,23	750,95	14,50	46,84	49,80		15:12:48	8:11:34	1344,22	217,38
Pátio 48	759,40	749,52	762,25	17,29	53,34	42,26	37,66	15:47:54	7:24:21	386,36	168,59
Pátio 49	768,83	760,82	771,68	11,30	40,15	48,07		16:03:19	7:11:47	459,78	207,89
Pátio 50	779,80	770,25	782,65	9,43	53,95	42,65		16:20:56	6:50:54	355,15	45,38
Pátio 51	787,40	781,22	790,25	10,97	49,57	49,56		16:29:44	6:39:18	145,47	556,97
Pátio 52	799,50	788,82	802,35	7,60	56,15	30,48		16:42:23	6:11:37	9,92	367,36
Pátio 53 (VD)	808,95	800,92	825,20	12,10	40,00	37,32		16:56:33	5:54:57	88,76	852,02
Pátio 54	831,10	810,37	833,95	9,45	42,18	43,48		17:29:16	5:20:44	444,83	176,72
Pátio 55	845,60	823,77	848,45	13,40	60,88	57,53		17:42:39	4:58:35	659,16	129,98
Pátio 56	859,00	832,52	861,85	8,75	49,74	55,10		17:59:21	4:41:36	237,00	260,90
Pátio 57	871,20	847,03	874,05	14,51	62,07	36,27		18:10:59	4:17:32	587,61	45,34
Pátio 58	880,55	860,43	883,40	13,40	34,32	57,03		18:26:52	4:08:10	621,97	67,39
Pátio 59	893,60	872,63	896,45	12,20	49,36	57,74		18:43:36	3:53:07	231,24	309,09
Pátio 60	903,45	881,98	906,30	9,35	56,36	34,12		18:59:47	3:31:55	231,13	277,70
Pátio 61	915,55	895,03	918,40	13,05	42,88	54,18		19:15:41	3:16:08	542,63	52,63
Pátio 62	924,10	904,88	926,95	9,85	41,49	45,76		19:28:17	2:59:00	232,36	273,33
Pátio 63	934,30	916,98	937,15	12,10	39,00	50,34		19:43:42	2:45:20	152,91	239,78
Pátio 64	942,00	925,53	944,95	8,55	47,50	50,92		19:53:57	2:36:33	269,19	90,48
Terminal de Balsa Nova	950,20	935,73	953,70	10,20	61,75	42,42	36,72	20:01:43	2:19:36	315,09	121,33
Pátio 66 (VD)	962,56	943,48	978,23	7,75	63,06	58,38		20:13:05	2:03:48	812,63	233,25
Pátio 67	984,56	951,95	987,51	8,48	43,78	54,73		20:43:33	1:37:20	246,72	129,83
Pátio 68	993,56	963,99	996,41	12,04	62,77	45,72		20:51:51	1:19:40	383,11	202,29
Pátio 69	1.005,26	976,80	1.008,11	12,82	48,55	45,18		21:07:19	1:02:47	466,52	146,07
Pátio 70	1.016,91	986,03	1.019,76	9,23	47,91	55,41		21:26:38	0:42:37	142,26	114,18
Pátio 71	1.024,89	994,98	1.027,74	8,95	56,55	51,23		21:35:02	0:31:26	173,27	284,29
Terminal de Curitiba	1.034,81	1.006,68	1.037,85	11,70	55,74	49,70	23,82	21:47:56	0:14:53	304,35	153,72
Pátio 73_VD	1.043,96	1.018,33	56,77	35,92	56,77	35,92		21:57:18	3:36:14	776,83	4027,95
FIM		1.137,68		49,10	55,01	29,28		23:47:44	0:00:10	399,97	337,16

Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Tabela 41 – Contêiner de Exportação - Ramal: Velocidade e Consumo de Combustível.

TERMINAL/PÁTIO	KM INICIAL	KM INTERMEDIÁRIO	KM FINAL	DIST. (km)	VELOCIDADE MÉDIA DE PERCURSO (km/h)		VELOCIDADE MÉDIA COMERCIAL (km/h)	TEMPO DE PERCURSO		CONSUMO (l)	
					Carregado	Vazio		Carregado	Vazio	Carregado	Vazio
Terminal de Foz do Iguaçu	0,00			-	-	-	43,72	-	-	497,92	74,17
Pátio 2	9,04	10,51	11,98	10,51	52,22	56,34		0:12:49	3:04:42	354,95	204,66
Pátio 3	30,60	32,03	33,45	21,51	60,68	58,43		0:31:35	2:39:54	1208,77	314,94
Pátio 4	58,45	59,87	61,30	27,85	52,35	55,93		1:06:46	2:07:26	2549,68	125,53
Pátio 5	92,62	94,04	95,47	34,17	37,58	55,81		2:21:44	1:25:15	954,45	269,14
Pátio 6	115,82	117,24	118,67	23,20	41,74	60,68		2:59:11	1:02:31	480,05	364,77
Pátio 7	136,02	137,44	138,87	20,20	55,75	51,31		3:20:20	0:31:37	675,38	53,53
Pátio 8	148,67	150,09	151,52	12,65	46,31	58,93		3:39:20	0:18:09	921,51	139,57
FIM	166,46			16,37	43,21	54,00		4:06:21	0:00:01	-	-

Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Tabela 42 – Tanque de Exportação: Velocidade e Consumo de Combustível.

TERMINAL/PÁTIO	KM INICIAL	KM INTERMEDIÁRIO	KM FINAL	DIST. (km)	VELOCIDADE MÉDIA DE PERCURSO (km/h)		VELOCIDADE MÉDIA COMERCIAL (km/h)	TEMPO DE PERCURSO		CONSUMO (l)	
					Carregado	Vazio		Carregado	Vazio	Carregado	Vazio
Terminal de Maracaju	0,00				-	-	56,37	-	-	943,25	416,26
Pátio 2	22,40	23,83	25,25	23,83	53,72	62,26		0:25:16	26:06:53	1396,98	274,04
Pátio 3	48,20	49,63	51,05	25,80	54,19	64,16		0:56:43	25:38:49	1177,19	311,66
Pátio 4	74,55	75,98	77,40	26,35	56,81	60,95		1:25:17	25:07:08	340,02	382,43
Pátio 5	91,80	93,23	94,65	17,25	62,86	57,61		1:41:12	24:47:01	1844,15	251,54
Pátio 6	117,60	119,03	120,45	25,80	45,93	63,10		2:26:23	24:19:40	683,10	331,29
Pátio 7	139,20	140,63	142,05	21,60	60,78	60,74		2:46:33	23:56:57	50,67	429,32
Pátio 8	156,40	157,83	159,25	17,20	75,00	48,14		3:00:18	23:30:59	1312,21	34,95
Terminal de Amambai	171,00	172,43	173,85	14,60	45,57	56,96	52,80	3:25:36	23:17:35	514,31	152,65
Pátio 10	183,65	185,08	186,50	12,65	56,24	68,63		3:40:22	23:01:26	1206,91	339,43
Pátio 11	207,00	208,43	209,85	23,35	50,61	55,50		4:17:35	22:36:36	469,84	259,33
Pátio 12	222,40	223,83	225,25	15,40	55,45	54,10		4:32:51	22:18:35	666,82	288,79
Pátio 13	242,00	243,43	244,85	19,60	59,14	63,22		4:52:01	21:52:14	727,67	272,68
Pátio 14	262,50	263,93	265,35	20,50	71,06	59,02		5:09:36	21:30:56	867,70	195,14
Pátio 15	284,50	285,93	287,35	22,00	61,84	62,49		5:31:10	21:08:49	190,28	363,66
Pátio 16	298,00	299,43	300,85	13,50	64,19	56,65		5:46:29	20:49:31	575,00	274,15
Pátio 17	316,55	317,98	319,40	18,55	59,49	58,89		6:03:15	20:29:04	557,52	192,08
Terminal de Guaíra	333,20	334,63	336,05	16,65	54,21	40,61	46,61	6:20:38	19:58:49	1195,87	105,20
Pátio 19	351,00	352,43	353,85	17,80	53,54	59,98		6:41:58	19:39:29	1057,53	44,98
Pátio 20	369,00	370,43	371,85	18,00	51,40	62,36		7:06:25	19:20:51	597,89	213,82
Pátio 21	385,60	387,03	388,45	16,60	52,18	54,41		7:30:56	19:01:17	1161,33	113,64
Pátio 22	403,60	405,02	406,45	18,00	55,63	62,01		7:50:58	18:45:12	976,90	87,48
Pátio 23	417,65	419,08	420,50	14,06	48,95	51,73		8:08:06	18:23:43	1178,44	73,20
Pátio 24	433,40	434,83	436,25	15,75	53,42	50,52		8:31:33	17:59:39	1212,67	3,92
Pátio 25	446,20	447,63	449,05	12,80	47,39	40,59		8:54:58	17:45:20	638,99	102,12
Pátio 26	459,20	460,63	462,05	13,00	53,50	56,46		9:10:52	17:28:51	385,79	141,35
Pátio 27	469,90	471,33	472,75	10,70	58,99	54,50		9:20:58	17:14:40	414,99	160,40

TERMINAL/PÁTIO	KM INICIAL	KM INTERMEDIÁRIO	KM FINAL	DIST. (km)	VELOCIDADE MÉDIA DE PERCURSO (km/h)		VELOCIDADE MÉDIA COMERCIAL (km/h)	TEMPO DE PERCURSO		CONSUMO (l)	
					Carregado	Vazio		Carregado	Vazio	Carregado	Vazio
Pátio 28	481,70	483,13	484,55	11,80	66,63	54,10		9:31:19	16:54:32	760,51	51,66
Pátio 29	493,69	495,11	496,54	11,99	49,93	41,54		9:45:55	16:35:58	867,16	106,20
Terminal de Cascavel	507,47	508,89	510,32	13,78	42,19	52,31	34,76	10:05:43	16:19:34	1195,41	189,12
Pátio 31	520,61	522,24	523,88	13,35	32,44	54,73		10:38:50	16:00:30	614,98	154,75
Pátio 32	531,90	533,33	534,75	11,08	44,55	48,22		10:54:25	15:43:39	314,12	99,43
Pátio 33	539,32	540,74	542,17	7,42	49,26	39,43		11:03:05	15:27:42	851,02	270,90
Pátio 34	555,17	556,76	558,35	16,02	43,36	50,19		11:27:06	15:06:05	915,04	87,98
Pátio 35	567,12	568,54	569,97	11,79	40,37	50,02		11:46:09	14:50:16	708,73	336,03
Pátio 36	581,67	583,54	585,42	15,00	42,33	48,55		12:14:14	14:26:55	759,09	211,69
Pátio 37 (VD)	594,67	603,01	611,35	11,13	45,48	47,63		12:32:22	14:08:14	2134,71	347,39
Pátio 38	622,49	624,11	625,74	12,76	42,72	41,54		13:21:36	13:21:30	1233,04	177,84
Pátio 39	636,73	638,56	640,39	14,45	34,35	50,50		13:53:37	13:02:01	273,03	170,27
Pátio 40	644,24	646,65	649,06	8,09	44,96	40,47		14:09:00	12:45:27	329,62	130,23
Pátio 41	652,49	653,99	655,49	7,34	42,06	48,78		14:21:12	12:34:27	248,93	469,05
Pátio 42	665,29	667,05	668,81	13,06	49,96	38,14		14:36:45	12:14:06	788,47	113,68
Pátio 43	674,84	676,60	678,36	9,55	37,77	44,44		14:54:33	11:55:11	656,55	128,64
Pátio 44	684,60	686,02	687,45	9,43	42,32	45,40		15:09:26	11:40:28	1028,49	49,91
Pátio 45 (VD)	696,91	701,66	705,91	15,64	37,91	54,73		15:31:37	11:26:14	916,30	437,87
Pátio 46	715,59	717,73	719,87	16,07	37,50	54,36		16:04:43	10:59:49	1258,06	137,69
Terminal de Guarapuava	730,80	732,23	750,95	14,50	45,14	51,14		16:32:13	10:41:06	2025,56	184,42
Pátio 48	759,40	749,52	762,25	17,29	50,36	43,11	37,66	17:10:43	9:53:57	569,95	146,33
Pátio 49	768,83	760,82	771,68	11,30	36,94	51,43		17:27:10	9:41:51	668,63	173,14
Pátio 50	779,80	770,25	782,65	9,43	51,76	47,10		17:45:39	9:21:45	515,10	41,26
Pátio 51	787,40	781,22	790,25	10,97	45,57	50,64		17:55:12	9:10:12	214,68	453,79
Pátio 52	799,50	788,82	802,35	7,60	55,89	35,25		18:07:56	8:45:34	14,13	307,32
Pátio 53 (VD)	808,95	800,92	825,20	12,10	40,00	41,12		18:22:06	8:30:30	122,34	723,56
Pátio 54	831,10	810,37	833,95	9,45	41,89	47,20		18:54:52	7:59:39	654,70	159,09
Pátio 55	845,60	823,77	848,45	13,40	59,31	58,83		19:08:43	7:37:42	973,12	115,83
Pátio 56	859,00	832,52	861,85	8,75	46,03	56,15		19:27:00	7:20:54	340,28	217,62
Pátio 57	871,20	847,03	874,05	14,51	61,35	37,09		19:38:48	6:57:07	866,97	46,54
Pátio 58	880,55	860,43	883,40	13,40	31,43	58,31		19:56:15	6:47:47	917,64	62,40
Pátio 59	893,60	872,63	896,45	12,20	46,38	58,06		20:14:34	6:32:47	330,56	243,63
Pátio 60	903,45	881,98	906,30	9,35	55,87	37,36		20:31:02	6:12:51	334,18	208,54
Pátio 61	915,55	895,03	918,40	13,05	40,87	56,63		20:47:30	5:57:37	812,67	47,76
Pátio 62	924,10	904,88	926,95	9,85	36,44	46,76		21:02:00	5:40:31	350,75	233,60
Pátio 63	934,30	916,98	937,15	12,10	37,77	53,48		21:17:35	5:28:08	217,42	206,25
Pátio 64	942,00	925,53	944,95	8,55	47,30	53,14		21:27:51	5:20:03	384,65	78,65
Terminal de Balsa Nova	950,20	935,73	953,70	10,20	58,64	43,64	36,24	21:36:00	5:03:13	476,01	93,43
Pátio 66 (VD)	962,56	943,48	978,23	7,75	62,01	58,27		21:47:41	4:47:27	1191,57	209,47
Pátio 67	984,56	951,95	987,51	8,48	41,52	55,16		22:19:22	4:21:08	376,23	109,57
Pátio 68	993,56	963,99	996,41	12,04	61,48	47,06		22:27:49	4:03:35	562,09	176,09
Pátio 69	1.005,26	976,80	1.008,11	12,82	46,38	49,26		22:45:28	3:47:30	672,81	127,83

TERMINAL/PÁTIO	KM INICIAL	KM INTERMEDIÁRIO	KM FINAL	DIST. (km)	VELOCIDADE MÉDIA DE PERCURSO (km/h)		VELOCIDADE MÉDIA COMERCIAL (km/h)	TEMPO DE PERCURSO		CONSUMO (l)	
					Carregado	Vazio		Carregado	Vazio	Carregado	Vazio
Pátio 70	1.016,91	986,03	1.019,76	9,23	46,41	55,66		23:05:26	3:27:30	225,09	96,09
Pátio 71	1.024,89	994,98	1.027,74	8,95	56,31	52,13		23:13:58	3:16:20	251,13	234,77
Terminal de Curitiba	1.034,81	1.006,68	1.037,85	11,70	55,19	53,38	27,34	23:26:53	3:00:38	433,00	101,05
Pátio 73_VD	1.043,96	1.018,33	1.119,98	11,65	56,26	45,61		23:36:27	2:47:12	1115,51	3449,35
FIM		1.137,68		49,10	54,00	35,88		25:28:24	0:00:17	588,22	281,99

Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Tabela 43 – Tanque de Importação: Velocidade e Consumo de Combustível.

TERMINAL/PÁTIO	KM INICIAL	KM INTERMEDIÁRIO	KM FINAL	DIST. (km)	VELOCIDADE MÉDIA DE PERCURSO (km/h)		VELOCIDADE MÉDIA COMERCIAL (km/h)	TEMPO DE PERCURSO		CONSUMO (l)	
					Carregado	Vazio		Carregado	Vazio	Carregado	Vazio
Terminal de Maracaju		0,00		-	-	-	53,65	-	-	1386,79	237,30
Pátio 2	22,40	23,83	25,25	23,83	56,73	53,78		25:02:21	0:25:21	868,69	351,23
Pátio 3	48,20	49,63	51,05	25,80	61,12	54,11		24:32:50	0:56:54	1004,99	296,34
Pátio 4	74,55	75,98	77,40	26,35	57,91	56,84		23:59:14	1:25:35	1295,53	85,58
Pátio 5	91,80	93,23	94,65	17,25	50,83	64,54		23:35:00	1:41:10	800,92	463,81
Pátio 6	117,60	119,03	120,45	25,80	59,31	45,66		23:06:26	2:26:43	1132,90	172,15
Pátio 7	139,20	140,63	142,05	21,60	53,42	60,75		22:40:29	2:46:53	1695,54	12,58
Pátio 8	156,40	157,83	159,25	17,20	39,68	75,00		22:09:51	3:00:38	105,20	330,08
Terminal de Amambai	171,00	172,43	173,85	14,60	58,28	45,46	49,92	21:55:49	3:26:13	424,71	158,01
Pátio 10	183,65	185,08	186,50	12,65	63,30	56,41		21:41:04	3:42:59	1178,18	332,02
Pátio 11	207,00	208,43	209,85	23,35	54,37	42,73		21:11:55	4:21:57	882,46	118,16
Pátio 12	222,40	223,83	225,25	15,40	45,44	55,38		20:50:45	4:37:15	1068,86	167,92
Pátio 13	242,00	243,43	244,85	19,60	58,76	59,13		20:23:24	4:56:28	945,97	181,12
Pátio 14	262,50	263,93	265,35	20,50	54,27	72,28		19:59:47	5:14:00	729,91	220,96
Pátio 15	284,50	285,93	287,35	22,00	59,71	62,24		19:36:48	5:35:13	1223,31	48,47
Pátio 16	298,00	299,43	300,85	13,50	50,24	64,25		19:13:56	5:50:32	965,37	147,34
Pátio 17	316,55	317,98	319,40	18,55	51,44	59,61		18:51:41	6:07:17	661,43	140,17
Terminal de Guaíra	333,20	334,63	336,05	16,65	38,48	54,04	46,61	18:21:15	6:24:48	338,70	301,00
Pátio 19	351,00	352,43	353,85	17,80	58,29	53,33		18:01:12	6:46:13	197,75	283,06
Pátio 20	369,00	370,43	371,85	18,00	62,92	53,06		17:42:27	7:09:18	705,11	150,24
Pátio 21	385,60	387,03	388,45	16,60	53,96	52,10		17:22:20	7:33:49	300,08	288,23
Pátio 22	403,60	405,02	406,45	18,00	60,96	55,94		17:05:29	7:53:41	297,18	238,41
Pátio 23	417,65	419,08	420,50	14,06	49,08	47,28		16:43:04	8:10:25	207,94	313,73
Pátio 24	433,40	434,83	436,25	15,75	51,01	54,32		16:19:32	8:34:36	14,14	308,80
Pátio 25	446,20	447,63	449,05	12,80	40,59	47,26		16:04:39	8:58:16	326,38	160,86
Pátio 26	459,20	460,63	462,05	13,00	54,27	53,88		15:47:50	9:14:11	403,43	102,63
Pátio 27	469,90	471,33	472,75	10,70	52,88	59,50		15:33:54	9:24:10	516,70	107,03
Pátio 28	481,70	483,13	484,55	11,80	51,99	67,58		15:13:19	9:34:26	247,54	206,19
Pátio 29	493,69	495,11	496,54	11,99	50,68	49,81		14:57:43	9:49:39	302,95	218,61
Terminal de Cascavel	507,47	508,89	510,32	13,78	51,77	42,75	34,00	14:40:22	10:08:09	564,13	305,91
Pátio 31	520,61	522,24	523,88	13,35	51,80	31,27		14:20:07	10:40:44	453,61	168,68
Pátio 32	531,90	533,33	534,75	11,08	46,23	45,45		14:03:24	10:56:48	337,01	92,50

TERMINAL/PÁTIO	KM INICIAL	KM INTERMEDIÁRIO	KM FINAL	DIST. (km)	VELOCIDADE MÉDIA DE PERCURSO (km/h)		VELOCIDADE MÉDIA COMERCIAL (km/h)	TEMPO DE PERCURSO		CONSUMO (l)	
					Carregado	Vazio		Carregado	Vazio	Carregado	Vazio
Pátio 33	539,32	540,74	542,17	7,42	38,80	49,79		13:47:09	11:05:25	882,87	224,49
Pátio 34	555,17	556,76	558,35	16,02	47,33	43,71		13:24:23	11:29:12	250,90	247,13
Pátio 35	567,12	568,54	569,97	11,79	49,67	40,96		13:08:26	11:47:10	1061,51	171,32
Pátio 36	581,67	583,54	585,42	15,00	45,59	43,50		12:43:54	12:09:20	694,09	201,04
Pátio 37 (VD)	594,67	603,01	611,35	11,13	44,11	45,70		12:24:00	12:27:25	1155,25	560,30
Pátio 38	622,49	624,11	625,74	12,76	36,84	42,87		11:33:34	13:16:56	528,22	320,80
Pátio 39	636,73	638,56	640,39	14,45	47,83	35,41		11:13:33	13:48:55	623,94	81,44
Pátio 40	644,24	646,65	649,06	8,09	36,87	45,50		10:56:12	14:04:14	375,79	84,64
Pátio 41	652,49	653,99	655,49	7,34	47,17	42,12		10:44:47	14:16:26	1619,98	81,51
Pátio 42	665,29	667,05	668,81	13,06	27,66	51,13		10:15:37	14:31:43	360,27	203,32
Pátio 43	674,84	676,60	678,36	9,55	42,52	38,47		9:56:24	14:49:19	403,52	170,76
Pátio 44	684,60	686,02	687,45	9,43	41,72	42,48		9:40:47	15:04:13	164,26	243,18
Pátio 45 (VD)	696,91	701,66	705,91	15,64	53,83	39,56		9:26:25	15:26:28	1338,68	233,04
Pátio 46	715,59	717,73	719,87	16,07	49,11	37,67		8:57:09	15:59:46	461,54	314,57
Terminal de Guarapuava	730,80	732,23	750,95	14,50	48,13	46,44		8:37:50	16:27:14	684,80	518,94
Pátio 48	759,40	749,52	762,25	17,29	47,23	50,45	35,63	7:53:10	17:05:39	412,33	150,92
Pátio 49	768,83	760,82	771,68	11,30	46,65	40,26		7:41:05	17:21:32	572,40	172,66
Pátio 50	779,80	770,25	782,65	9,43	39,08	52,10		7:19:37	17:40:02	117,61	129,56
Pátio 51	787,40	781,22	790,25	10,97	47,79	45,64		7:07:39	17:49:35	1600,70	63,85
Pátio 52	799,50	788,82	802,35	7,60	25,68	57,78		6:35:23	18:01:51	1080,60	3,78
Pátio 53 (VD)	808,95	800,92	825,20	12,10	33,05	40,00		6:15:33	18:16:02	2469,49	30,61
Pátio 54	831,10	810,37	833,95	9,45	38,61	41,83		5:35:46	18:48:48	478,90	164,85
Pátio 55	845,60	823,77	848,45	13,40	56,15	59,27		5:13:19	19:02:39	364,68	247,66
Pátio 56	859,00	832,52	861,85	8,75	41,98	46,00		4:52:18	19:20:59	822,14	95,49
Pátio 57	871,20	847,03	874,05	14,51	42,62	62,63		4:29:14	19:32:34	116,62	216,62
Pátio 58	880,55	860,43	883,40	13,40	57,59	31,90		4:19:11	19:49:59	181,03	233,40
Pátio 59	893,60	872,63	896,45	12,20	57,37	46,47		4:04:01	20:08:18	1027,48	93,58
Pátio 60	903,45	881,98	906,30	9,35	30,67	57,11		3:41:02	20:24:36	770,47	83,89
Pátio 61	915,55	895,03	918,40	13,05	52,49	40,78		3:24:00	20:41:06	133,41	205,57
Pátio 62	924,10	904,88	926,95	9,85	44,57	35,74		3:06:42	20:55:50	757,90	89,06
Pátio 63	934,30	916,98	937,15	12,10	46,74	37,70		2:51:08	21:11:26	688,29	51,00
Pátio 64	942,00	925,53	944,95	8,55	46,98	43,60		2:41:29	21:22:45	247,51	102,19
Terminal de Balsa Nova	950,20	935,73	953,70	10,20	41,03	47,63	35,32	2:24:20	21:32:44	311,78	135,95
Pátio 66 (VD)	962,56	943,48	978,23	7,75	57,94	63,90		2:08:20	21:44:15	626,61	308,42
Pátio 67	984,56	951,95	987,51	8,48	54,40	45,62		1:41:42	22:14:07	361,67	92,43
Pátio 68	993,56	963,99	996,41	12,04	44,25	61,32		1:23:47	22:22:40	573,35	170,43
Pátio 69	1.005,26	976,80	1.008,11	12,82	41,73	36,62		1:05:29	22:42:22	368,89	166,66
Pátio 70	1.016,91	986,03	1.019,76	9,23	54,32	47,66		0:45:02	23:02:24	317,02	72,82
Pátio 71	1.024,89	994,98	1.027,74	8,95	50,19	60,47		0:33:19	23:10:17	780,42	70,35
Terminal de Curitiba	1.034,81	1.006,68	1.037,85	11,70	45,94	56,08	27,43	0:15:44	23:23:03	442,60	112,96
Pátio 73_VD	1.043,96	1.018,33	1.119,98	11,65	33,34	56,50		3:47:07	23:32:32	11869,45	300,12
FIM		1.137,68		49,10	22,24	54,30		0:00:10	25:22:35	917,30	161,56

Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Tabela 44 – Tanque de Importação - Ramal: Velocidade e Consumo de Combustível.

TERMINAL/PÁTIO	KM INICIAL	KM INTERMEDIÁRIO	KM FINAL	DIST. (km)	VELOCIDADE MÉDIA DE PERCURSO (km/h)		VELOCIDADE MÉDIA COMERCIAL (km/h)	TEMPO DE PERCURSO		CONSUMO (l)	
					Carregado	Vazio		Carregado	Vazio	Carregado	Vazio
Terminal de Foz do Iguaçu	0,00			-	-	-	49,08	-	-	316,11	239,53
Pátio 2	9,04	10,51	11,98	10,51	49,54	58,16		3:18:05	0:10:00	653,64	167,87
Pátio 3	30,60	32,03	33,45	21,51	50,31	64,08		2:49:50	0:28:04	1140,81	560,59
Pátio 4	58,45	59,87	61,30	27,85	52,12	58,68		2:16:24	0:57:06	466,50	1103,12
Pátio 5	92,62	94,04	95,47	34,17	57,96	47,64		1:39:48	1:44:35	942,53	439,57
Pátio 6	115,82	117,24	118,67	23,20	58,63	49,20		1:16:31	2:17:25	1420,88	230,25
Pátio 7	136,02	137,44	138,87	20,20	42,32	58,87		0:38:21	2:37:21	212,15	297,42
Pátio 8	148,67	150,09	151,52	12,65	54,52	55,48		0:22:39	2:51:22	409,71	351,81
FIM	166,46			16,37	51,09	49,84		0:00:01	3:11:57		

Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

3.7 CAPACIDADE DA VIA

A capacidade da via foi calculada pela fórmula de Colson. Essa fórmula permite o cálculo da capacidade de uma linha singela nos dois sentidos.

$$C = k * \frac{1440 - t_{vp}}{(t_e + t_i + t_l)}$$

onde:

- C: capacidade (pares de trens por dia);
- k: coeficiente de eficiência operacional (coeficiente de Colson);
- t_{vp}: tempo médio diário de manutenção da via permanente (min);
- t_e: tempo de percurso entre os dois pátios de cruzamento sentido exportação (min);
- t_i: tempo de percurso entre os dois pátios de cruzamento sentido importação (min);
- t_l: tempo de licenciamento de trens necessário para permitir a entrada de um trem após a passagem de outro pelo trecho entre os dois pátios (min).

3.7.1 PREMISSAS DE CÁLCULO

Para o cálculo da capacidade, utilizou-se os seguintes dados e premissas:

- Tempos de percurso nos dois sentidos, obtidos por meio da simulação de marcha;
- Horas de operação no dia: 23 horas, ou seja, tempo médio diário de manutenção da via permanente de 1h;
- Tempo de licenciamento de trens por sentido: 5 minutos;
- Fórmula de Colson - coeficiente k: 0,77;
- Trens de serviço: 0,5 par de trem / dia, ou seja, 1 trem de serviço por dia.

Ressalta-se que a análise da capacidade da via entre os pátios de cruzamento foi desenvolvida a partir de diversos cenários operacionais, com o processamento de dezenas de simulações. O processo iterativo entre o projeto geométrico da ferrovia, com a definição das rampas e localização dos pátios de cruzamento, e os cálculos do tempo de percurso obtidos na simulação permitiu o resultado apresentado no capítulo a seguir, mas que pode ser resumido da seguinte maneira:

- ✓ Vias com capacidade de escoamento para toda a demanda potencial - 85 Mi de toneladas em 2087;
- ✓ Resolução dos gargalos operacionais, sobretudo os trechos em Serras, com a implantação de 146 km de extensão em via dupla;
- ✓ Implantação de 73 pátios de cruzamento ao longo dos 9 terminais ferroviários;
- ✓ Distância média entre pátios de 14,8 km de extensão;
- ✓ Taxa de ocupação na linha inferior a 90% em todo o horizonte de projeto, à exceção dos segmentos nos pátios 52 e 69 que superam a taxa de 90% a partir de 2070. Neste sentido entende-se que, conforme o comportamento da demanda de carga se confirme ao longo dos anos, deverão ser avaliadas melhorias específicas na ferrovia visando a diminuição das taxas.

3.7.2 RESULTADOS OBTIDOS

Assim sendo, a capacidade instalada da via foi calculada e apresentada na *Tabela 45* para o ano 2087 da operação ferroviária e é expressa na unidade de número de pares de trens por dia. No **Tomo IX – Estudos Operacionais – Planilhas dos Estudos Operacionais** é possível consultar todos os anos do projeto.

Conforme apresentado na *Tabela 45* e na *Figura 37*, os trechos entre Guarapuava e Balsa Nova e Balsa Nova e Curitiba são os que apresentam maior taxa de saturação nos últimos anos do horizonte de projeto do estudo.

Entende-se que deverão ser propostas, em se confirmando as cargas da demanda potencial na fase de operação, medidas para aumento de capacidade na linha a partir de taxas de ocupação acima de 90%, tais como:

- Reposicionamento e inclusão de pátios de cruzamento;
- Vias duplas em determinados trechos;
- Utilização de locomotivas *Helpers* para aumento da velocidade; e
- Redimensionamento da composição.

Tabela 45 – Capacidade da via no ano 2087 (expressa em nº de pares de trens por dia) – linha tronco.

TERMINAL/PÁTIO	MINUTOS POR DIA (23 Horas) (min)	COEFICIENTE DE COLSON	TEMPO DE LICENCIAMENTO (min)	QTD PARES DE TRENS - DIREITO DE PASSAGEM	QTD PARES DE TRENS - NOVA FERROESTE	TREM DE SERVIÇO	TOTAL DE TREM POR DIA	CAP. DA VIA: GRANELEIRO DE EXPORTAÇÃO	CAP. DA VIA: GRANELEIRO DE IMPORTAÇÃO	CAP. DA VIA: CONTAINER DE EXPORTAÇÃO	CAP. DA VIA: TANQUE DE EXPORTAÇÃO	CAP. DA VIA: TANQUE DE IMPORTAÇÃO	MENOR CAPACIDADE	TAXA DE OCUPAÇÃO SEM DIREITO DE PAS.	TAXA DE OCUPAÇÃO COM DIREITO DE PAS.
Terminal de Maracaju															
Pátio 2	1380,00	0,77	5,00	0,00	4,93	0,50	5,43	17,34	30,03	17,34	30,03	17,34	17,34	31%	31%
Pátio 3	1380,00	0,77	5,00	0,00	4,93	0,50	5,43	16,71	29,92	16,71	29,92	16,71	16,71	32%	32%
Pátio 4	1380,00	0,77	5,00	0,00	4,93	0,50	5,43	16,37	28,34	16,37	28,34	16,37	16,37	33%	33%
Pátio 5	1380,00	0,77	5,00	0,00	4,93	0,50	5,43	23,40	34,82	23,40	34,82	23,40	23,40	23%	23%
Pátio 6	1380,00	0,77	5,00	0,00	4,93	0,50	5,43	15,32	29,28	15,32	29,28	15,32	15,32	35%	35%
Pátio 7	1380,00	0,77	5,00	0,00	4,93	0,50	5,43	19,59	30,86	19,59	30,86	19,59	19,59	28%	28%
Pátio 8	1380,00	0,77	5,00	0,00	4,93	0,50	5,43	22,24	29,36	22,24	29,36	22,24	22,24	24%	24%
Terminal de Amambai	1380,00	0,77	5,00	0,00	4,93	0,50	5,43	23,57	42,23	23,57	42,23	23,57	23,57	23%	23%
Pátio 10	1380,00	0,77	5,00	0,00	9,13	0,50	9,63	30,12	48,07	30,12	48,07	30,12	30,12	32%	32%
Pátio 11	1380,00	0,77	5,00	0,00	9,13	0,50	9,63	16,61	29,56	16,61	29,56	16,61	16,61	58%	58%
Pátio 12	1380,00	0,77	5,00	0,00	9,13	0,50	9,63	23,17	34,85	23,17	34,85	23,17	23,17	42%	42%
Pátio 13	1380,00	0,77	5,00	0,00	9,13	0,50	9,63	21,48	35,22	21,48	35,22	21,48	21,48	45%	45%
Pátio 14	1380,00	0,77	5,00	0,00	9,13	0,50	9,63	21,51	32,36	21,51	32,36	21,51	21,51	45%	45%
Pátio 15	1380,00	0,77	5,00	0,00	9,13	0,50	9,63	19,95	32,92	19,95	32,92	19,95	19,95	48%	48%
Pátio 16	1380,00	0,77	5,00	0,00	9,13	0,50	9,63	27,73	40,47	27,73	40,47	27,73	27,73	35%	35%
Pátio 17	1380,00	0,77	5,00	0,00	9,13	0,50	9,63	21,63	33,41	21,63	33,41	21,63	21,63	45%	45%
Terminal de Guaíra	1380,00	0,77	5,00	0,00	9,13	0,50	9,63	19,72	29,40	19,72	29,40	19,72	19,72	49%	49%
Pátio 19	1380,00	0,77	5,00	0,00	11,09	0,50	11,59	21,98	37,33	21,98	37,33	21,98	21,98	53%	53%
Pátio 20	1380,00	0,77	5,00	0,00	11,09	0,50	11,59	22,28	38,91	22,28	38,91	22,28	22,28	52%	52%
Pátio 21	1380,00	0,77	5,00	0,00	11,09	0,50	11,59	23,24	37,15	23,24	37,15	23,24	23,24	50%	50%
Pátio 22	1380,00	0,77	5,00	0,00	11,09	0,50	11,59	22,37	38,15	22,37	38,15	22,37	22,37	52%	52%
Pátio 23	1380,00	0,77	5,00	0,00	11,09	0,50	11,59	24,62	38,89	24,62	38,89	24,62	24,62	47%	47%
Pátio 24	1380,00	0,77	5,00	0,00	11,09	0,50	11,59	22,68	37,06	22,68	37,06	22,68	22,68	51%	51%
Pátio 25	1380,00	0,77	5,00	0,00	11,09	0,50	11,59	23,42	36,55	23,42	36,55	23,42	23,42	49%	49%
Pátio 26	1380,00	0,77	5,00	0,00	11,09	0,50	11,59	27,30	43,37	27,30	43,37	27,30	27,30	42%	42%
Pátio 27	1380,00	0,77	5,00	0,00	11,09	0,50	11,59	32,18	47,74	32,18	47,74	32,18	32,18	36%	36%
Pátio 28	1380,00	0,77	5,00	0,00	11,09	0,50	11,59	31,30	44,76	31,30	44,76	31,30	31,30	37%	37%
Pátio 29	1380,00	0,77	5,00	0,00	11,09	0,50	11,59	25,28	43,70	25,28	43,70	25,28	25,28	46%	46%
Terminal de Cascavel	1380,00	0,77	5,00	0,00	11,09	0,50	11,59	23,31	40,70	23,31	40,70	23,31	23,31	50%	50%
Pátio 31	1380,00	0,77	5,00	0,00	17,04	0,50	17,54	21,33	41,51	21,33	41,51	21,33	21,33	82%	82%
Pátio 32	1380,00	0,77	5,00	0,00	17,04	0,50	17,54	27,28	43,35	27,28	43,35	27,28	27,28	64%	64%
Pátio 33	1380,00	0,77	5,00	0,00	17,04	0,50	17,54	34,77	49,24	34,77	49,24	34,77	34,77	50%	50%
Pátio 34	1380,00	0,77	5,00	0,00	17,04	0,50	17,54	20,45	34,88	20,45	34,88	20,45	20,45	86%	86%
Pátio 35	1380,00	0,77	5,00	0,00	17,04	0,50	17,54	25,57	43,62	25,57	43,62	25,57	25,57	69%	69%
Pátio 36	1380,00	0,77	5,00	0,00	17,04	0,50	17,54	21,16	35,54	21,16	35,54	21,16	21,16	83%	83%
Pátio 37 (VD)	1380,00	0,77	5,00	0,00	17,04	0,50	17,54	91,52	91,52	91,52	91,52	91,52	91,52	19%	19%
Pátio 38	1380,00	0,77	5,00	0,00	17,04	0,50	17,54	23,46	35,96	23,46	35,96	23,46	23,46	75%	75%
Pátio 39	1380,00	0,77	5,00	0,00	17,04	0,50	17,54	20,00	37,58	20,00	37,58	20,00	20,00	88%	88%
Pátio 40	1380,00	0,77	5,00	0,00	17,04	0,50	17,54	31,77	45,64	31,77	45,64	31,77	31,77	55%	55%

TERMINAL/PÁTIO	MINUTOS POR DIA (23 Horas) (min)	COEFICIENTE DE COLSON	TEMPO DE LICENCIAMENTO (min)	QTD PARES DE TRENS - DIREITO DE PASSAGEM	QTD PARES DE TRENS - NOVA FERROESTE	TREM DE SERVIÇO	TOTAL DE TREM POR DIA	CAP. DA VIA: GRANELEIRO DE EXPORTAÇÃO	CAP. DA VIA: GRANELEIRO DE IMPORTAÇÃO	CAP. DA VIA: CONTAINER DE EXPORTAÇÃO	CAP. DA VIA: TANQUE DE EXPORTAÇÃO	CAP. DA VIA: TANQUE DE IMPORTAÇÃO	MENOR CAPACIDADE	TAXA DE OCUPAÇÃO SEM DIREITO DE PAS.	TAXA DE OCUPAÇÃO COM DIREITO DE PAS.
Pátio 41	1380,00	0,77	5,00	0,00	17,04	0,50	17,54	35,67	54,67	35,67	54,67	35,67	35,67	49%	49%
Pátio 42	1380,00	0,77	5,00	0,00	17,04	0,50	17,54	20,95	27,58	20,95	27,58	20,95	20,95	84%	84%
Pátio 43	1380,00	0,77	5,00	0,00	17,04	0,50	17,54	27,56	45,02	27,56	45,02	27,56	27,56	64%	64%
Pátio 44	1380,00	0,77	5,00	0,00	17,04	0,50	17,54	29,12	44,87	29,12	44,87	29,12	29,12	60%	60%
Pátio 45 (VD)	1380,00	0,77	5,00	0,00	17,04	0,50	17,54	76,09	76,09	76,09	76,09	76,09	76,09	23%	23%
Pátio 46	1380,00	0,77	5,00	0,00	17,04	0,50	17,54	24,12	42,82	24,12	42,82	24,12	24,12	73%	73%
Terminal de Guarapuava	1380,00	0,77	5,00	0,00	17,04	0,50	17,54	90,85	90,85	90,85	90,85	90,85	90,85	19%	19%
Pátio 48	1380,00	0,77	5,00	0,00	20,16	0,50	20,66	29,54	46,89	29,54	46,89	29,54	29,54	70%	70%
Pátio 49	1380,00	0,77	5,00	0,00	20,16	0,50	20,66	28,40	47,77	28,40	47,77	28,40	28,40	73%	73%
Pátio 50	1380,00	0,77	5,00	0,00	20,16	0,50	20,66	27,50	39,38	27,50	39,38	27,50	27,50	75%	75%
Pátio 51	1380,00	0,77	5,00	0,00	20,16	0,50	20,66	36,14	54,10	36,14	54,10	36,14	36,14	57%	57%
Pátio 52	1380,00	0,77	5,00	0,00	20,16	0,50	20,66	22,22	27,62	22,22	27,62	22,22	22,22	93%	93%
Pátio 53 (VD)	1380,00	0,77	5,00	0,00	20,16	0,50	20,66	80,50	80,50	80,50	80,50	80,50	80,50	26%	26%
Pátio 54	1380,00	0,77	5,00	0,00	20,16	0,50	20,66	34,29	49,44	34,29	49,44	34,29	34,29	60%	60%
Pátio 55	1380,00	0,77	5,00	0,00	20,16	0,50	20,66	26,55	41,46	26,55	41,46	26,55	26,55	78%	78%
Pátio 56	1380,00	0,77	5,00	0,00	20,16	0,50	20,66	25,11	36,26	25,11	36,26	25,11	25,11	82%	82%
Pátio 57	1380,00	0,77	5,00	0,00	20,16	0,50	20,66	24,99	38,90	24,99	38,90	24,99	24,99	83%	83%
Pátio 58	1380,00	0,77	5,00	0,00	20,16	0,50	20,66	28,08	53,55	28,08	53,55	28,08	28,08	74%	74%
Pátio 59	1380,00	0,77	5,00	0,00	20,16	0,50	20,66	26,13	44,70	26,13	44,70	26,13	26,13	79%	79%
Pátio 60	1380,00	0,77	5,00	0,00	20,16	0,50	20,66	27,78	36,12	27,78	36,12	27,78	27,78	74%	74%
Pátio 61	1380,00	0,77	5,00	0,00	20,16	0,50	20,66	25,63	44,36	25,63	44,36	25,63	25,63	81%	81%
Pátio 62	1380,00	0,77	5,00	0,00	20,16	0,50	20,66	29,84	49,14	29,84	49,14	29,84	29,84	69%	69%
Pátio 63	1380,00	0,77	5,00	0,00	20,16	0,50	20,66	27,46	45,77	27,46	45,77	27,46	27,46	75%	75%
Pátio 64	1380,00	0,77	5,00	0,00	20,16	0,50	20,66	34,71	53,12	34,71	53,12	34,71	34,71	60%	60%
Terminal de Balsa Nova	1380,00	0,77	5,00	6,75	20,16	0,50	27,41	33,11	47,21	33,11	47,21	33,11	33,11	62%	83%
Pátio 66 (VD)	1380,00	0,77	5,00	6,75	17,94	0,50	25,18	124,85	124,85	124,85	124,85	124,85	124,85	15%	20%
Pátio 67	1380,00	0,77	5,00	6,75	17,94	0,50	25,18	34,97	56,80	34,97	56,80	34,97	34,97	53%	72%
Pátio 68	1380,00	0,77	5,00	6,75	17,94	0,50	25,18	34,44	47,77	34,44	47,77	34,44	34,44	54%	73%
Pátio 69	1380,00	0,77	5,00	6,75	17,94	0,50	25,18	25,80	39,41	25,80	39,41	25,80	25,80	71%	98%
Pátio 70	1380,00	0,77	5,00	6,75	17,94	0,50	25,18	28,03	46,23	28,03	46,23	28,03	28,03	66%	90%
Pátio 71	1380,00	0,77	5,00	6,75	17,94	0,50	25,18	37,93	54,10	37,93	54,10	37,93	37,93	49%	66%
Terminal de Curitiba	1380,00	0,77	5,00	6,75	17,94	0,50	25,18	32,52	46,45	32,52	46,45	32,52	32,52	57%	77%
Pátio 73 (VD)	1380,00	0,77	5,00	6,75	15,52	0,50	22,76	113,21	113,21	113,21	113,21	113,21	113,21	14%	20%
Terminal de Paranaguá															

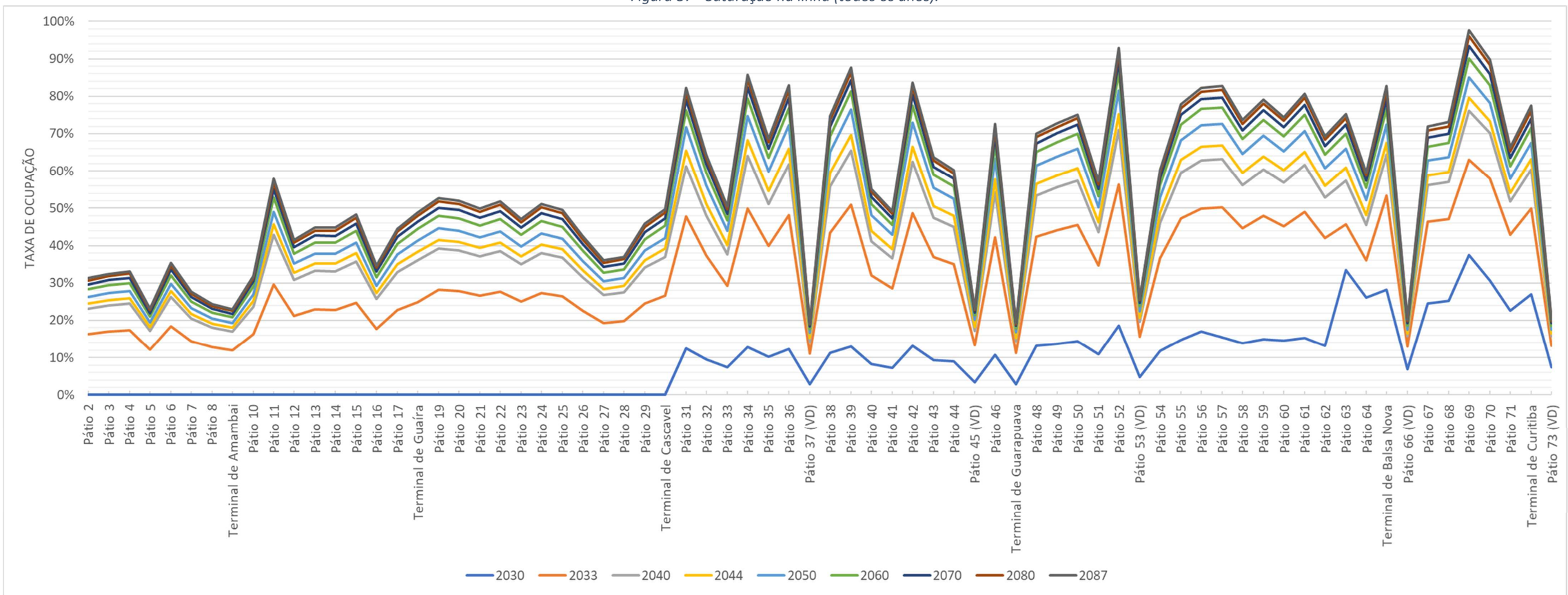
Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Tabela 46 – Capacidade da via no ano 2087 (expressa em nº de pares de trens por dia) – ramal.

TERMINAL/PÁTIO	MINUTOS POR DIA (23 Horas) (min)	COEFICIENTE DE COLSON	TEMPO DE LICENCIAMENTO (min)	QTD PARES DE TRENS - DIREITO DE PASSAGEM	QTD PARES DE TRENS - NOVA FERROESTE	TREM DE SERVIÇO	TOTAL DE TREM POR DIA	CAP. DA VIA: GRANELEIRO DE EXPORTAÇÃO	CAP. DA VIA: GRANELEIRO DE IMPORTAÇÃO	CAP. DA VIA: CONTAINER DE EXPORTAÇÃO	CAP. DA VIA: TANQUE DE EXPORTAÇÃO	CAP. DA VIA: TANQUE DE IMPORTAÇÃO	MENOR CAPACIDADE	TAXA DE OCUPAÇÃO SEM DIREITO DE PAS.	TAXA DE OCUPAÇÃO COM DIREITO DE PAS.
Terminal de Foz do Iguaçu															
Pátio 2	1380,00	0,77	5,00	0,00	1,31	0,50	2,81	30,39	29,98	30,39	29,98	30,39	29,98	9%	9%
Pátio 3	1380,00	0,77	5,00	0,00	1,31	0,50	2,81	30,39	29,98	30,39	29,98	30,39	29,98	9%	9%
Pátio 4	1380,00	0,77	5,00	0,00	1,31	0,50	2,81	18,58	18,69	18,58	18,69	18,58	18,58	15%	15%
Pátio 5	1380,00	0,77	5,00	0,00	1,31	0,50	2,81	14,30	14,38	14,30	14,38	14,30	14,30	20%	20%
Pátio 6	1380,00	0,77	5,00	0,00	1,31	0,50	2,81	10,59	11,75	10,59	11,75	10,59	10,59	27%	27%
Pátio 7	1380,00	0,77	5,00	0,00	1,31	0,50	2,81	15,79	16,71	15,79	16,71	15,79	15,79	18%	18%
Pátio 8	1380,00	0,77	5,00	0,00	1,31	0,50	2,81	17,52	17,71	17,52	17,71	17,52	17,52	16%	16%

Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Figura 37 - Saturação na linha (todos os anos).



Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

3.8 FROTA DE MATERIAL RODANTE

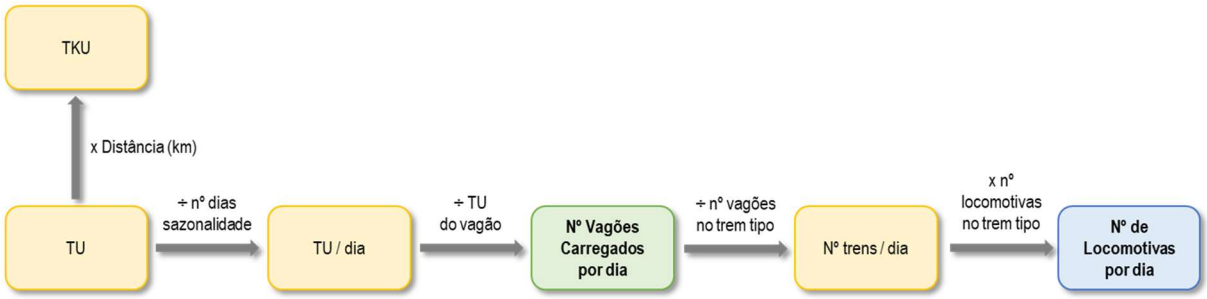
O quantitativo de material rodante foi calculado utilizando a demanda, a tonelada útil dos vagões e os tempos de operação, acrescidos da sazonalidade prevista por produto, e em conformidade com as premissas apresentadas no item 3.8.1.

A *Figura 38*, a *Figura 39* e a *Figura 40* apresentam a metodologia de cálculo para a estimativa do material rodante.

Figura 38 – Tempo total de locomotivas e vagões.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Figura 39 – Número de locomotivas dia.



Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Figura 40 – Número total de vagões e locomotivas.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

3.8.1 PREMISSAS DE CÁLCULO

A quantidade de vagões que serão carregados e descarregados foi estimada proporcionalmente à demanda e seguiu as seguintes premissas:

Tabela 47 – Sazonalidade por produto.

PRODUTO	TIPO DE VAGÃO	SENTIDO	TREM-TIPO	N° DE VAGÕES	N° DE LOCOMOTIVAS	SAZONALIDADE
Açúcar	HTT	EXPORTAÇÃO	GRANELEIRO DE EXPORTAÇÃO	140	5	365
Milho	HTT	EXPORTAÇÃO	GRANELEIRO DE EXPORTAÇÃO	140	5	304
Soja	HTT	EXPORTAÇÃO	GRANELEIRO DE EXPORTAÇÃO	140	5	270
Trigo	HTT	IMPORTAÇÃO	GRANELEIRO DE IMPORTAÇÃO	102	5	153
Carnes e Miudezas	PRT	EXPORTAÇÃO	CONTAINER DE EXPORTAÇÃO	110	4	365
Obras de Madeira	PRT	EXPORTAÇÃO	CONTAINER DE EXPORTAÇÃO	110	4	365
Petróleo e Derivados	TCT	IMPORTAÇÃO	TANQUE DE IMPORTAÇÃO	102	5	365
Farelo de Soja	HTT	EXPORTAÇÃO	GRANELEIRO DE EXPORTAÇÃO	140	5	270
Adubos (Fertilizantes)	HTT	IMPORTAÇÃO	GRANELEIRO DE IMPORTAÇÃO	102	5	365
Óleo de Soja	TCT	EXPORTAÇÃO	TANQUE DE EXPORTAÇÃO	112	4	270
Obras de Papel	PRT	EXPORTAÇÃO	CONTAINER DE EXPORTAÇÃO	110	4	365

Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Tabela 48 – Tempo de carregamento e descarregamento por tipo de vagão.

MODELO DO VAGÃO	TU	TEMPO DE CARREGAMENTO (min)	TEMPO DE DESCARREGAMENTO (min)
HTT	101,70	5,00	2,50
PRT	52,66	4,00	4,00
TCT	98,00	6,00	6,00

Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Tabela 49 – Premissas para o cálculo da frota de material rodante.

TAXA DE INDISPONIBILIDADE (VAGÃO)	0,10	5% Imobilizado + 5% Reserva
EFICIÊNCIA DO SISTEMA	0,97	
TEMPO DE MANOBRA DA LOCOMOTIVA	120,00	
TAXA DE INDISPONIBILIDADE (LOCOMOTIVA)	0,12	7% Imobilizado + 5% Reserva
TEMPO DE LICENCIAMENTO	5,00	

Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

A taxa de indisponibilidade retrata a frota de material rodante que não está em operação, ou seja, se encontra imobilizada ou em reserva. Tais valores considerados refletem os padrões adotados em ferrovias de cargas modernas. Já o tempo de licenciamento corresponde ao tempo de autorizar o movimento de um ponto a outro, para tal, adotou-se 5 minutos.

O cálculo do tempo de rotação do material rodante levou em consideração a velocidade média comercial (VMC) extraída da simulação operacional.

Para a determinação dos trens-tipo médios, foram adotados 8 (oito) trens- tipo, os quais distinguem-se pelos tipos de vagões, sentido de carregamento (exportação ou importação) e por trecho (linha tronco ou ramal), conforme *Tabela 24*.

O dimensionamento dos trens-tipo levou em consideração, inclusive, uma premissa fundamental: a diminuição do THP (trem hora parada). Ou seja, não haverá desmembramento e formação de composições entre a origem e o destino da carga.

Para os trens-tipo graneleiros, alcançou-se uma otimização de investimentos em material rodante através da seguinte solução: os vagões utilizados nos graneleiros de exportação já voltarão carregados no sentido importação com as cargas previstas para esse sentido do tráfego (trigo e fertilizantes).

Além disso, buscou-se evitar problemas decorrentes de contaminação de carga, por exemplo: os vagões tanque carregados com óleo vegetal no sentido exportação voltarão vazios e não com combustível (carga de importação). Eventuais aproveitamentos de vagões que voltarão vazios nas cargas de importação só será possível a partir da compatibilidade do vagão com a carga e da grade horária dos trens.

Ademais, poderá ocorrer o caso de os vagões serem adquiridos pelos próprios produtores - não permitindo cargas de outras empresas. Toda essa configuração segue o critério equilibrado entre um cenário pessimista e otimista, demonstrando-se diversas oportunidades de otimização e ganhos operacionais para o futuro concessionário.

O dimensionamento da frota de material rodante, em suma, seguiu os seguintes passos:

I. Dimensionamento e estudo da melhor configuração dos trens-tipo (tal assunto já foi abordado no capítulo 3.6.2);
II. Definição da sazonalidade dos produtos através dos resultados do Estudo de Demanda;
III. Cálculo de todos os tempos necessários para o ciclo dos trens: tempo de carga, tempo manobra, tempo de descarga, tempo de licenciamento e tempos de percurso dos diversos segmentos entre pátios – este obtido na simulação dos trens unitários;
IV. Definição das taxas de imobilização e reserva do material rodante;
V. Cálculo da frota necessária para a operação em todo par OD (origem e destino);
VI. Cálculo do incremento da frota anual necessário para o atendimento do crescimento da demanda potencial das cargas;
VII. Cálculo do reinvestimento em material rodante devido a depreciação física dos equipamentos (considerou-se um período de uso de 40 anos para vagões e 50 anos para locomotiva).

A *Tabela 50* apresenta o resumo da frota comercial dimensionada por ano de operação em bitola larga. Já da *Tabela 51* até a *Tabela 55* é apresentado o tempo de ciclo para cada um dos trens-tipo dimensionados.

No **Tomo IX – Estudos Operacionais – Planilhas dos Estudos Operacionais** é possível consultar as tabelas de dimensionamento de todos os anos do projeto.

Tabela 50 – Resumo da frota comercial por ano de operação.

Ano	Carga Transportada	Vagões em Operação	Frota de Vagões	Frota de Vagões (HTT)	Frota de Vagões (PRT)	Frota de Vagões (TCT)	Locomotivas em Operação	Frota de Locomotivas	Incremento Vagões	Incremento Vagão (HTT)	Incremento Vagão (PRT)	Incremento Vagão (TCT)	Incremento Frota de Locomotivas
2030	42.691,16	467,82	567,08	313,17	119,42	134,48	18,10	25,40	567,08	313,17	119,42	134,48	25,40
2031	100.231,95	1.075,37	1.480,31	962,21	244,99	273,11	40,92	63,67	913,23	649,04	125,57	138,63	38,27
2032	141.524,40	1.510,89	2.205,82	1.476,40	340,51	388,90	57,32	91,12	725,51	514,20	95,52	115,79	27,46
2033	171.832,31	1.819,84	3.041,36	2.210,28	397,64	433,44	68,57	127,43	835,54	733,87	57,12	44,54	36,30
2034	192.025,47	2.025,31	3.492,94	2.607,19	425,91	459,83	76,04	145,61	451,58	396,92	28,28	26,39	18,18
2035	196.513,69	2.072,27	3.590,09	2.683,56	436,40	470,13	77,75	148,98	97,15	76,37	10,49	10,30	3,37
2036	200.898,56	2.118,14	3.685,35	2.758,83	446,64	479,88	79,43	152,26	95,27	75,27	10,24	9,76	3,27
2037	205.179,98	2.162,90	3.778,70	2.832,97	456,63	489,10	81,06	155,43	93,35	74,14	10,00	9,22	3,17
2038	209.280,04	2.205,58	3.868,18	2.904,78	465,60	497,79	82,61	158,46	89,47	71,81	8,97	8,69	3,03
2039	213.277,29	2.247,15	3.955,64	2.975,39	474,29	505,96	84,12	161,39	87,47	70,61	8,69	8,17	2,93
2040	220.550,79	2.324,74	4.124,17	3.110,81	498,65	514,71	86,92	166,98	168,53	135,42	24,36	8,75	5,59
2041	223.224,38	2.353,18	4.186,77	3.157,98	507,09	521,71	87,96	169,17	62,60	47,17	8,44	6,99	2,19
2042	225.770,71	2.380,28	4.246,51	3.203,03	515,26	528,23	88,95	171,25	59,74	45,05	8,17	6,52	2,08
2043	228.194,36	2.406,10	4.303,47	3.246,00	523,18	534,29	89,89	173,23	56,96	42,98	7,91	6,07	1,98
2044	233.411,62	2.460,12	4.417,89	3.335,62	533,88	548,39	91,90	177,97	114,41	89,62	10,71	14,09	4,74
2045	239.597,52	2.523,92	4.537,00	3.429,58	544,54	562,88	94,28	182,86	119,12	93,97	10,66	14,49	4,89
2046	244.369,08	2.573,38	4.633,34	3.505,15	553,97	574,23	96,11	186,64	96,34	75,56	9,43	11,35	3,78
2047	246.382,43	2.594,91	4.680,80	3.540,92	561,04	578,84	96,90	188,27	47,46	35,77	7,07	4,62	1,63
2048	248.298,34	2.615,43	4.726,00	3.574,98	567,91	583,11	97,64	189,82	45,20	34,07	6,87	4,27	1,55
2049	250.122,14	2.634,98	4.769,07	3.607,43	574,59	587,05	98,35	191,30	43,07	32,44	6,68	3,94	1,47
2050	253.307,92	2.668,99	4.846,52	3.669,22	585,83	591,47	99,58	193,86	77,45	61,79	11,23	4,42	2,56
2051	254.973,32	2.686,89	4.886,03	3.698,98	592,22	594,83	100,23	195,20	39,51	29,75	6,39	3,36	1,34
2052	256.561,19	2.703,99	4.923,73	3.727,34	598,46	597,93	100,85	196,47	37,70	28,36	6,24	3,10	1,28
2053	258.076,13	2.720,34	4.959,73	3.754,39	604,56	600,78	101,44	197,69	36,00	27,05	6,10	2,85	1,22
2054	259.522,53	2.735,96	4.994,14	3.780,21	610,53	603,40	102,00	198,85	34,40	25,81	5,97	2,62	1,16
2055	260.904,50	2.750,92	5.027,04	3.804,85	616,38	605,82	102,54	199,96	32,90	24,64	5,85	2,41	1,11
2056	262.225,93	2.765,26	5.058,54	3.828,39	622,11	608,04	103,06	201,02	31,50	23,54	5,73	2,22	1,06
2057	263.490,45	2.779,00	5.088,72	3.850,90	627,74	610,08	103,55	202,03	30,18	22,50	5,63	2,04	1,01
2058	264.701,46	2.792,18	5.117,66	3.872,42	633,27	611,96	104,03	203,00	28,94	21,53	5,53	1,88	0,97
2059	265.862,14	2.804,85	5.145,43	3.893,03	638,72	613,69	104,49	203,93	27,78	20,60	5,45	1,73	0,93
2060	268.471,27	2.832,94	5.210,61	3.945,12	649,36	616,14	105,49	206,00	65,18	52,09	10,64	2,45	2,08
2061	269.546,79	2.844,72	5.236,51	3.964,23	654,68	617,60	105,92	206,86	25,90	19,11	5,33	1,46	0,86
2062	270.579,98	2.856,07	5.261,44	3.982,56	659,94	618,95	106,32	207,69	24,93	18,33	5,26	1,35	0,83
2063	271.573,23	2.867,01	5.285,46	4.000,15	665,13	620,19	106,72	208,48	24,01	17,59	5,19	1,24	0,80
2064	272.528,73	2.877,56	5.308,61	4.017,03	670,25	621,33	107,10	209,25	23,15	16,89	5,13	1,14	0,77
2065	273.448,53	2.887,73	5.330,95	4.033,25	675,32	622,37	107,46	209,99	22,34	16,22	5,07	1,05	0,74
2066	274.334,55	2.897,56	5.352,52	4.048,85	680,34	623,34	107,81	210,70	21,57	15,59	5,02	0,97	0,71
2067	275.188,53	2.907,06	5.373,37	4.063,84	685,30	624,23	108,15	211,39	20,85	14,99	4,96	0,89	0,69
2068	276.012,10	2.916,25	5.393,53	4.078,26	690,22	625,05	108,48	212,05	20,16	14,43	4,92	0,82	0,66
2069	276.806,79	2.925,14	5.413,04	4.092,15	695,09	625,80	108,80	212,69	19,51	13,88	4,87	0,75	0,64

Ano	Carga Transportada	Vagões em Operação	Frota de Vagões	Frota de Vagões (HTT)	Frota de Vagões (PRT)	Frota de Vagões (TCT)	Locomotivas em Operação	Frota de Locomotivas	Incremento Vagões	Incremento Vagão (HTT)	Incremento Vagão (PRT)	Incremento Vagão (TCT)	Incremento Frota de Locomotivas
2070	277.574,01	2.933,74	5.431,84	4.105,42	699,92	626,50	109,11	213,30	18,79	13,27	4,83	0,70	0,61
2071	278.315,05	2.942,07	5.450,14	4.118,30	704,70	627,14	109,40	213,90	18,31	12,88	4,79	0,64	0,60
2072	279.031,15	2.950,15	5.467,89	4.130,71	709,45	627,73	109,69	214,48	17,75	12,41	4,74	0,59	0,58
2073	279.723,43	2.957,98	5.485,11	4.142,67	714,15	628,28	109,97	215,05	17,22	11,96	4,71	0,55	0,56
2074	280.392,95	2.965,58	5.501,82	4.154,21	718,82	628,79	110,24	215,59	16,71	11,54	4,67	0,51	0,55
2075	281.040,70	2.972,95	5.518,04	4.165,33	723,45	629,25	110,51	216,12	16,22	11,13	4,63	0,47	0,53
2076	281.667,61	2.980,10	5.533,80	4.176,07	728,05	629,69	110,76	216,64	15,76	10,73	4,59	0,43	0,51
2077	282.274,53	2.987,05	5.549,12	4.186,42	732,60	630,09	111,01	217,14	15,32	10,36	4,56	0,40	0,50
2078	282.862,29	2.993,80	5.564,00	4.196,42	737,12	630,46	111,25	217,62	14,89	10,00	4,52	0,37	0,48
2079	283.431,63	3.000,36	5.578,48	4.206,07	741,61	630,80	111,48	218,09	14,48	9,65	4,48	0,34	0,47
2080	283.983,29	3.006,73	5.592,48	4.215,30	746,05	631,12	111,71	218,54	13,99	9,23	4,45	0,32	0,45
2081	284.511,86	3.012,83	5.606,01	4.224,27	750,32	631,42	111,92	218,98	13,53	8,97	4,26	0,30	0,44
2082	285.030,59	3.018,86	5.619,36	4.232,97	754,69	631,70	112,14	219,41	13,35	8,70	4,37	0,28	0,43
2083	285.532,71	3.024,70	5.632,32	4.241,37	759,00	631,95	112,35	219,83	12,97	8,40	4,31	0,26	0,42
2084	286.019,64	3.030,39	5.644,95	4.249,49	763,27	632,19	112,55	220,24	12,63	8,12	4,27	0,24	0,41
2085	286.491,90	3.035,93	5.657,25	4.257,33	767,50	632,42	112,74	220,64	12,30	7,84	4,23	0,22	0,40
2086	286.950,02	3.041,31	5.669,23	4.264,91	771,69	632,63	112,94	221,03	11,98	7,58	4,19	0,21	0,39
2087	287.394,49	3.046,55	5.680,90	4.272,24	775,85	632,82	113,12	221,41	11,67	7,32	4,15	0,19	0,38
TOTAIS:									5.680,90	4.272,24	775,85	632,82	221,41

Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Tabela 51 – Tempo de Ciclo – Graneleiro de Exportação.

ORIGEM	DESTINO	SENTIDO	DISTÂNCIA (m)	Nº VAGÕES	Carga (min)	Manobra 1 (min)	Percurso Ida (min)	Descarga (min)	Manobra 2 (min)	Percurso Volta (min)	Ciclo Total (min)	CICLO TOTAL (h)
Maracaju	Cascavel	EXPORTAÇÃO	508.890,00	140	700	120	598	350	120	603	2491	**41:31**
Maracaju	Guarapuava	EXPORTAÇÃO	740.874,27	140	700	120	985	350	120	952	3227	**53:47**
Maracaju	Balsa Nova	EXPORTAÇÃO	951.951,77	140	700	120	1298	350	120	1307	3895	**64:55**
Maracaju	Curitiba	EXPORTAÇÃO	1.036.081,77	140	700	120	1409	350	120	1439	4138	**68:58**
Maracaju	Paranaguá	EXPORTAÇÃO	1.122.831,77	140	700	120	1418	350	120	1573	4281	**71:21**
Amambai	Cascavel	EXPORTAÇÃO	336.465,00	140	700	120	392	350	120	427	2109	**35:09**
Amambai	Guarapuava	EXPORTAÇÃO	568.449,27	140	700	120	779	350	120	776	2845	**47:25**
Amambai	Balsa Nova	EXPORTAÇÃO	779.526,77	140	700	120	1092	350	120	1131	3513	**58:33**
Amambai	Curitiba	EXPORTAÇÃO	863.656,77	140	700	120	1203	350	120	1262	3755	**62:35**
Amambai	Paranaguá	EXPORTAÇÃO	950.406,77	140	700	120	1213	350	120	1396	3899	**64:59**
Guaíra	Paranaguá	EXPORTAÇÃO	788.206,77	140	700	120	1038	350	120	1190	3518	**58:38**
Guaíra	Guarapuava	EXPORTAÇÃO	406.249,27	140	700	120	604	350	120	570	2464	**41:04**
Guaíra	Balsa Nova	EXPORTAÇÃO	617.326,77	140	700	120	917	350	120	924	3131	**52:11**
Guaíra	Curitiba	EXPORTAÇÃO	701.456,77	140	700	120	1028	350	120	1056	3374	**56:14**
Cascavel	Paranaguá	EXPORTAÇÃO	613.941,77	140	700	120	821	350	120	969	3080	**51:20**
Cascavel	Balsa Nova	EXPORTAÇÃO	443.061,77	140	700	120	700	350	120	704	2694	**44:54**
Cascavel	Curitiba	EXPORTAÇÃO	527.191,77	140	700	120	811	350	120	836	2937	**48:57**
Foz do Iguaçu	Paranaguá	EXPORTAÇÃO	764.031,77	110	550	120	1066	275	120	1157	3288	**54:48**
Foz do Iguaçu	Guarapuava	EXPORTAÇÃO	382.074,27	110	550	120	633	275	120	537	2235	**37:15**
Foz do Iguaçu	Balsa Nova	EXPORTAÇÃO	593.151,77	110	550	120	946	275	120	892	2903	**48:23**
Foz do Iguaçu	Curitiba	EXPORTAÇÃO	677.281,77	110	550	120	1057	275	120	1023	3145	**52:25**
Guarapuava	Curitiba	EXPORTAÇÃO	295.207,50	140	700	120	424	350	120	487	2201	**36:41**
Guarapuava	Paranaguá	EXPORTAÇÃO	381.957,50	140	700	120	434	350	120	620	2344	**39:04**
Balsa Nova	Paranaguá	EXPORTAÇÃO	170.880,00	140	700	120	120	350	120	265	1675	**27:55**

Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Tabela 52 – Tempo de Ciclo – Contêiner de Exportação.

ORIGEM	DESTINO	SENTIDO	DISTÂNCIA (m)	Nº VAGÕES	Carga (min)	Manobra 1 (min)	Percurso Ida (min)	Descarga (min)	Manobra 2 (min)	Percurso Volta (min)	Ciclo Total (min)	CICLO TOTAL (h)
Maracaju	Cascavel	EXPORTAÇÃO	508.890,00	110	440	120	565	440	120	601	2286	38:06
Maracaju	Guarapuava	EXPORTAÇÃO	740.874,27	110	440	120	913	440	120	948	2981	49:41
Maracaju	Balsa Nova	EXPORTAÇÃO	951.951,77	110	440	120	1202	440	120	1300	3622	60:22
Maracaju	Curitiba	EXPORTAÇÃO	1.036.081,77	110	440	120	1308	440	120	1425	3853	64:13
Maracaju	Paranaguá	EXPORTAÇÃO	1.122.831,77	110	440	120	1317	440	120	1641	4078	67:58
Amambai	Cascavel	EXPORTAÇÃO	336.465,00	110	440	120	375	440	120	425	1920	32:00
Amambai	Guarapuava	EXPORTAÇÃO	568.449,27	110	440	120	723	440	120	772	2615	43:35
Amambai	Balsa Nova	EXPORTAÇÃO	779.526,77	110	440	120	1012	440	120	1124	3256	54:16
Amambai	Curitiba	EXPORTAÇÃO	863.656,77	110	440	120	1118	440	120	1249	3487	58:07
Amambai	Paranaguá	EXPORTAÇÃO	950.406,77	110	440	120	1128	440	120	1465	3713	61:53
Guaíra	Paranaguá	EXPORTAÇÃO	788.206,77	110	440	120	959	440	120	1260	3339	55:39
Guaíra	Guarapuava	EXPORTAÇÃO	406.249,27	110	440	120	555	440	120	567	2242	37:22
Guaíra	Balsa Nova	EXPORTAÇÃO	617.326,77	110	440	120	844	440	120	919	2883	48:03
Guaíra	Curitiba	EXPORTAÇÃO	701.456,77	110	440	120	950	440	120	1044	3114	51:54
Cascavel	Paranaguá	EXPORTAÇÃO	613.941,77	110	440	120	752	440	120	1040	2912	48:32
Cascavel	Balsa Nova	EXPORTAÇÃO	443.061,77	110	440	120	637	440	120	699	2456	40:56
Cascavel	Curitiba	EXPORTAÇÃO	527.191,77	110	440	120	743	440	120	823	2686	44:46
Foz do Iguaçu	Paranaguá	EXPORTAÇÃO	764.031,77	102	408	120	999	408	120	1224	3279	54:39
Foz do Iguaçu	Guarapuava	EXPORTAÇÃO	382.074,27	102	408	120	594	408	120	531	2181	36:21
Foz do Iguaçu	Balsa Nova	EXPORTAÇÃO	593.151,77	102	408	120	883	408	120	883	2822	47:02
Foz do Iguaçu	Curitiba	EXPORTAÇÃO	677.281,77	102	408	120	989	408	120	1008	3053	50:53
Guarapuava	Curitiba	EXPORTAÇÃO	295.207,50	110	440	120	395	440	120	477	1992	33:12
Guarapuava	Paranaguá	EXPORTAÇÃO	381.957,50	110	440	120	405	440	120	693	2218	36:58
Balsa Nova	Paranaguá	EXPORTAÇÃO	170.880,00	110	440	120	116	440	120	341	1577	26:17

Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Tabela 53 – Tempo de Ciclo – Tanque de Exportação.

ORIGEM	DESTINO	SENTIDO	DISTÂNCIA (m)	Nº VAGÕES	Carga (min)	Manobra 1 (min)	Percurso Ida (min)	Descarga (min)	Manobra 2 (min)	Percurso Volta (min)	Ciclo Total (min)	CICLO TOTAL (h)
Maracaju	Cascavel	EXPORTAÇÃO	508.890,00	112	672	120	992	672	120	806	3382	**56:22**
Maracaju	Guarapuava	EXPORTAÇÃO	740.874,27	112	672	120	1296	672	120	1144	4024	**67:04**
Maracaju	Balsa Nova	EXPORTAÇÃO	951.951,77	112	672	120	1407	672	120	1266	4257	**70:57**
Maracaju	Curitiba	EXPORTAÇÃO	1.036.081,77	112	672	120	1416	672	120	1433	4433	**73:53**
Maracaju	Paranaguá	EXPORTAÇÃO	1.122.831,77	112	672	120	400	672	120	418	2402	**40:02**
Amambai	Cascavel	EXPORTAÇÃO	336.465,00	112	672	120	787	672	120	756	3127	**52:07**
Amambai	Guarapuava	EXPORTAÇÃO	568.449,27	112	672	120	1090	672	120	1094	3768	**62:48**
Amambai	Balsa Nova	EXPORTAÇÃO	779.526,77	112	672	120	1201	672	120	1217	4002	**66:42**
Amambai	Curitiba	EXPORTAÇÃO	863.656,77	112	672	120	1211	672	120	1384	4179	**69:39**
Amambai	Paranaguá	EXPORTAÇÃO	950.406,77	112	672	120	1036	672	120	1185	3805	**63:25**
Guaíra	Paranaguá	EXPORTAÇÃO	788.206,77	112	672	120	612	672	120	558	2754	**45:54**
Guaíra	Guarapuava	EXPORTAÇÃO	406.249,27	112	672	120	915	672	120	896	3395	**56:35**
Guaíra	Balsa Nova	EXPORTAÇÃO	617.326,77	112	672	120	1026	672	120	1018	3628	**60:28**
Guaíra	Curitiba	EXPORTAÇÃO	701.456,77	112	672	120	811	672	120	966	3361	**56:01**
Cascavel	Paranaguá	EXPORTAÇÃO	613.941,77	112	672	120	690	672	120	676	2950	**49:10**
Cascavel	Balsa Nova	EXPORTAÇÃO	443.061,77	112	672	120	801	672	120	799	3184	**53:04**
Cascavel	Curitiba	EXPORTAÇÃO	527.191,77	112	672	120	992	672	120	806	3382	**56:22**
Foz do Iguaçu	Paranaguá	EXPORTAÇÃO	764.031,77	**NÃO HÁ FLUXO DE CARGA NESTE TRECHO**								
Foz do Iguaçu	Guarapuava	EXPORTAÇÃO	382.074,27									
Foz do Iguaçu	Balsa Nova	EXPORTAÇÃO	593.151,77									
Foz do Iguaçu	Curitiba	EXPORTAÇÃO	677.281,77									
Guarapuava	Curitiba	EXPORTAÇÃO	295.207,50	112	672	120	415	672	120	460	2459	**40:59**
Guarapuava	Paranaguá	EXPORTAÇÃO	381.957,50	112	672	120	424	672	120	628	2636	**43:56**
Balsa Nova	Paranaguá	EXPORTAÇÃO	170.880,00	112	672	120	120	672	120	290	1994	**33:14**

Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Tabela 54 – Tempo de Ciclo – Graneleiro de Importação.

ORIGEM	DESTINO	SENTIDO	DISTÂNCIA (m)	Nº VAGÕES	Carga (min)	Manobra 1 (min)	Percurso Ida (min)	Descarga (min)	Manobra 2 (min)	Percurso Volta (min)	Ciclo Total (min)	CICLO TOTAL (h)
Balsa Nova	Guaíra	IMPORTAÇÃO	617.326,77	102	510	120	957	255	120	917	2879	**47:59**
Balsa Nova	Foz do Iguaçu	IMPORTAÇÃO	593.151,77	110	550	120	934	275	120	896	2895	**48:15**
Balsa Nova	Cascavel	IMPORTAÇÃO	443.061,77	102	510	120	736	255	120	700	2441	**40:41**
Paranaguá	Maracaju	IMPORTAÇÃO	1.122.831,77	102	510	120	1654	255	120	1418	4077	**67:57**
Paranaguá	Foz do Iguaçu	IMPORTAÇÃO	764.031,77	110	550	120	1290	275	120	1016	3371	**56:11**
Paranaguá	Cascavel	IMPORTAÇÃO	613.941,77	102	510	120	1092	255	120	821	2918	**48:38**
Paranaguá	Guarapuava	IMPORTAÇÃO	381.957,50	102	510	120	729	255	120	434	2168	**36:08**
Paranaguá	Balsa Nova	IMPORTAÇÃO	170.880,00	102	510	120	356	255	120	120	1481	**24:41**
Paranaguá	Amambai	IMPORTAÇÃO	950.406,77	102	510	120	1527	255	120	1213	3745	**62:25**
Paranaguá	Guaíra	IMPORTAÇÃO	788.206,77	102	510	120	1313	255	120	1038	3356	**55:56**

Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Tabela 55 – Tempo de Ciclo – Tanque de Importação.

ORIGEM	DESTINO	SENTIDO	DISTÂNCIA (m)	Nº VAGÕES	Carga (min)	Manobra 1 (min)	Percurso Ida (min)	Descarga (min)	Manobra 2 (min)	Percurso Volta (min)	Ciclo Total (min)	CICLO TOTAL (h)
Balsa Nova	Guaíra	IMPORTAÇÃO	617.326,77	102	612	120	957	612	120	908	3329	**55:29**
Balsa Nova	Foz do Iguaçu	IMPORTAÇÃO	593.151,77	102	612	120	934	612	120	877	3275	**54:35**
Balsa Nova	Cascavel	IMPORTAÇÃO	443.061,77	102	612	120	736	612	120	685	2885	**48:05**
Paranaguá	Maracaju	IMPORTAÇÃO	1.122.831,77	102	612	120	1654	612	120	1413	4531	**75:31**
Paranaguá	Foz do Iguaçu	IMPORTAÇÃO	764.031,77	102	612	120	1290	612	120	996	3750	**62:30**
Paranaguá	Cascavel	IMPORTAÇÃO	613.941,77	102	612	120	1092	612	120	804	3360	**56:00**
Paranaguá	Guarapuava	IMPORTAÇÃO	381.957,50	102	612	120	729	612	120	425	2618	**43:38**
Paranaguá	Balsa Nova	IMPORTAÇÃO	170.880,00	102	612	120	356	612	120	120	1940	**32:20**
Paranaguá	Amambai	IMPORTAÇÃO	950.406,77	102	612	120	1527	612	120	1206	4197	**69:57**
Paranaguá	Guaíra	IMPORTAÇÃO	788.206,77	102	612	120	1313	612	120	1028	3805	**63:25**

Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

A correta adoção dos requisitos e protocolos dos sistemas de sinalização, energia e telecomunicações é essencial para viabilizar o deslocamento dos operadores ferroviários em segurança e de acordo com os requisitos operacionais estabelecidos, garantindo ainda a interoperabilidade imprescindível à operação ferroviária. Os requisitos estabelecidos neste estudo representam os atributos básicos necessários para a operação na ferrovia, segundo os estudos de demanda e tecnologias disponíveis.

3.9.1 SISTEMA DE LICENCIAMENTO

Para implementar com confiabilidade e segurança todas as ações inerentes à movimentação dos trens, o funcionamento dos diversos sistemas e subsistemas, com atribuições específicas, deve acontecer de maneira interconectada. As operações de licenciamento de trens previstas abrangem o funcionamento desses diversos sistemas e subsistemas.

A segurança do licenciamento remete-se à utilização de sinalização automática, onde a ação humana é praticamente eliminada desse procedimento.

De maneira geral as ferrovias se utilizam de diversos tipos de sinalização automática, para controle do tráfego, mesmo com baixo e moderado fluxo de trens, com capacidade para acomodar manutenções e recuperações de acidentes.

Para conceituação do sistema foram considerados alguns dados das características físicas da via, além de serem estabelecidas, algumas premissas decorrentes deste estudo operacional:

- Via permanente - a ferrovia se desenvolverá numa extensão de aproximadamente 1.304 km, abrangendo o trecho entre Maracaju/MS e Paranaguá/PR e Ramal Cascavel/PR – Foz do Iguaçu/PR, bitola larga (1,60 m) e mista (1,00 m e 1,60 m), e geometria com raio mínimo igual a 343,82 metros, na linha principal, e rampa geométrica máxima igual a 1,45% no sentido exportação e importação, a exceção de 1,80% no sentido importação no trecho da Serra do Mar;
- Operação – foi estabelecido, em princípio, para o espaçamento entre os desvios de cruzamento, uma distância média de aproximadamente 14,18 km na linha tronco e 21,44 km no ramal.

Com base nessas premissas, naquelas decorrentes do estudo operacional e seu plano de vias, o sistema sugerido para adoção para o suporte do licenciamento de trens (circulação) é a Sinalização Automática com CTC (Controle de Tráfego Centralizado), pois trata-se de uma solução clássica que vem sendo utilizada em algumas ferrovias, bastante conhecida no meio ferroviário e que oferece condições de segurança adequada.

A Sinalização Automática com circuito de via permite ainda a verificação de trem completo com boa precisão, identificação da ocorrência de quebra de trilho e dispensa de pessoal nas estações (pessoal para o licenciamento).

Os sistemas de sinalização têm o objetivo de fazer com que os operadores do Centro de Controle Operacional (CCO) e os maquinistas e/ou operadores de veículos ferroviários possam perceber, de forma imediata e automática, o estado de ocupação da linha a partir da licença concedida. Essa percepção expedita é que garantirá a comunicação, segurança operacional e ganhos adicionais de capacidade mediante adição de novas camadas.

Esses sistemas são compostos por um conjunto de subsistemas, equipamentos e dispositivos que permitem o controle do processo de condução e licenciamento de trens, de forma segura, flexível e econômica. Os componentes dos sistemas de sinalização (CCO, via e equipamentos de bordo) deverão contar, no mínimo, com as seguintes funcionalidades e características básicas:

- Automação dos elementos de via;
- Permitir a comunicação entre a locomotiva e o CCO;
- Monitoramento dos parâmetros da locomotiva;
- Detecção de ocupação ou presença de trens;
- Manutenção do espaçamento entre trens para evitar colisões traseiras;
- Automatização do processo de liberação de licenças e de ocupação de via;
- Permitir reconhecimento automático e instantâneo das composições (proprietários dos ativos e características dos vagões e locomotivas) que estiverem realizando interconexões entre ferrovias;
- Sinalização de campo através de sinais laterais;
- Intertravamento vital microprocessado;
- Detecção de trilho partido;
- Garantir a completa integração dos sistemas de telecomunicações, CCO, via, equipamentos de bordo e de gestão do tráfego ferroviário entre os Gestores de Infraestrutura e os Operadores Ferroviários Independentes;
- Permitir a disponibilização aos Operadores Ferroviários Independentes do banco de dados com informações, em tempo real, da localização, atividade, informações de status e posição dos veículos ferroviários;
- Garantir o adequado funcionamento dos sistemas nas condições climáticas e físicas existentes ao longo de toda a malha ferroviária.

De maneira geral, o sistema é composto por *sistema de sinalização de bloco fixo*, *seções de bloqueios* e *circuitos de via*.

O *sistema de sinalização de bloco fixo* possui Controle de Tráfego Centralizado (CTC), circuitos de via e sinais de campo (sinaleiros), com intertravamento vital microprocessado. Nesse modelo a via é dividida em trechos, denominados *seções de bloqueio*, onde cada seção é caracterizada por uma velocidade e prioridade de rotas estabelecidas previamente na programação de trens pela operação, evitando colisões entre trens.

As seções de bloqueios são supervisionadas por *circuitos de via*. Tais circuitos cobrirão toda a extensão entre as estações, prevendo-se um circuito de via a cada 9 km de extensão da ferrovia. São responsáveis pela detecção de trens e envio de sinais com a posição do trem ao longo do percurso que

serão processados no âmbito do Sistema de Licenciamento e tem a sua posição anunciada no painel do CCO. Os circuitos de via permitem ainda verificar com precisão a condição de trem completo durante o percurso e na chegada à estação de destino.

Quanto à operação do sistema, ela acontecerá da seguinte maneira:

- As ordens aos maquinistas partirão do CCO e serão observadas através de sinais de campo (sinaleiros), altos e anões, distribuídos nos pátios das estações;
- A partir do estabelecimento das rotas, máquinas de chaves elétricas são acionadas remotamente desde o CCO;
- Essas máquinas fornecerão eletricamente a posição de suas indicações para os circuitos de controle e indicação do intertravamento.
- O intertravamento receberá informações das posições das agulhas e dos circuitos de via, de forma a só liberar as operações que reconhecidamente sejam seguras. Com o intertravamento, a lógica do sistema confere a viabilidade da rota pretendida com as rotas já definidas, impedindo que rotas conflitantes se estabeleçam;
- Detectores de descarrilamento serão instalados nas proximidades das entradas dos pátios;
- Detector de roda quente será instalado em ponto crítico, no trecho da Serra do Mar;
- Com o objetivo principal de licenciar os trens com segurança, a sinalização de campo será composta por equipamentos distribuídos ao longo da via para cumprir finalidades específicas.

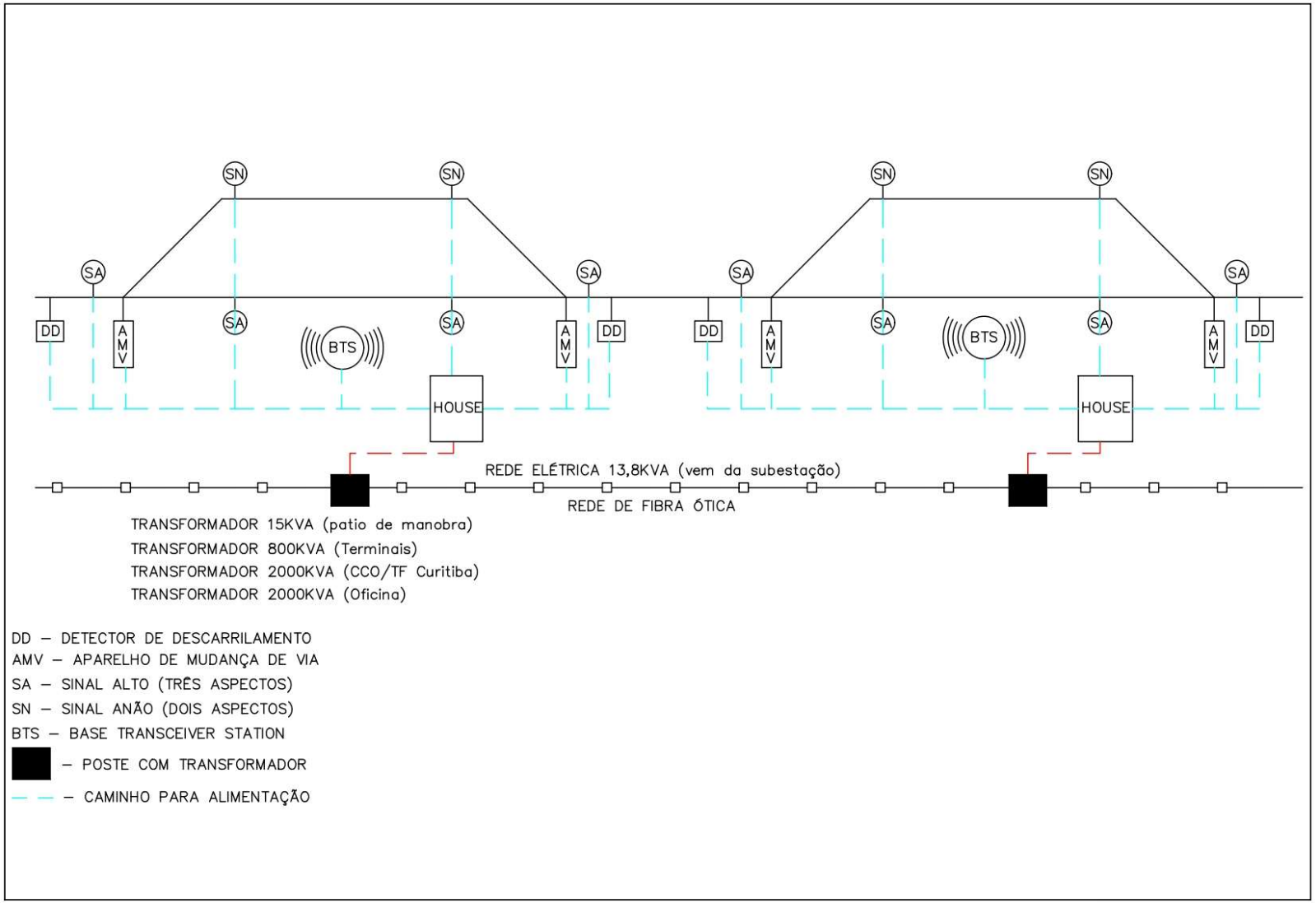
Uma vez que o controle de circulação será executado remotamente pelos operadores do CCO, este sistema tem a grande vantagem de permitir a concentração no CCO do licenciamento de trens, ficando as estações apenas com os controles locais da operação.

Deverá haver na nova ferrovia *sinal externo*, instalado ao lado da via férrea, e *sinal de cabine* ou cabsinal, instalado dentro da cabine da locomotiva na forma física de um computador controlador de bordo. Estes sinais apresentarão informações do tipo “pare”, “atenção” ou “siga”, licenciando um trem para circular na seção de bloqueio à sua frente e limitando sua velocidade máxima no trecho.

Os sinais ao longo da via abrangem os *sinais luminosos* e *placas de sinalização*. Nos terminais ferroviários e pátios de cruzamentos serão instalados sinais luminosos do tipo “alto” com 3 aspectos e “anão” com 2 aspectos, circuitos de via, máquinas de chave elétricas e intertravamento elétrico/eletrônico. As placas de sinalização devem ser padronizadas contendo as informações pertinentes e colocadas na margem da via, de forma provisória ou definitiva.

A *Figura 41* apresenta a sinalização na linha e desvios de cruzamento e a *Tabela 56* apresenta os quantitativos previstos dos equipamentos dos sistemas de controle e sinalização da via.

Figura 41 – Sinalização da linha e pátios.



Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Tabela 56 – Quantitativos dos equipamentos dos sistemas de controle e sinalização da via.

ITEM	UND.	QUANTIDADE
SISTEMAS DE CONTROLE E SINALIZAÇÃO DA VIA		
SINAL ALTO, EM MASTRO, TIPO COLOUR LIGHT (MULTIFOCAL), COM 3 ASPECTOS (CORES) EM BASE DE CONCRETO - FORNECIMENTO E MONTAGEM MECÂNICA	UN	328,00
INSTALAÇÃO ELÉTRICA DE SINAL ALTO EM MASTRO, TIPO COLOUR LIGHT (MULTIFOCAL), COM 3 ASPECTOS (CORES) LED - EXCLUINDO O FORNECIMENTO DO SINAL	UN	328,00
INSTALAÇÃO ELÉTRICA DE SINAL ANÃO, TIPO COLOUR LIGHT (MULTIFOCAL), COM 2 ASPECTOS (CORES) LED - EXCLUINDO O FORNECIMENTO DO SINAL	UN	164,00
SINAL ANÃO, TIPO COLOUR LIGHT (MULTIFOCAL), COM 2 ASPECTOS (CORES), EM BASE DE CONCRETO - FORNECIMENTO E MONTAGEM MECÂNICA	UN	164,00
CIRCUITO DE VIA	UN	148,00
INTERTRAVAMENTO (HARDWARE E SOFTWARE)	UN	82,00
HOT BOX + HOT/COLD WHEEL MULTICANAL, BITOLA MISTA, COM ENERGIA CONCESSIONÁRIA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO	UN	1,00
DETECTOR DE DESCARRILAMENTO COM MODEM EMBARCADO, EM POSTE GALVANIZADO, ENERGIA CONCESSIONÁRIA, BITOLA MISTA, 2 LINHAS - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO	UN	164,00
MONTAGEM MECÂNICA DA MÁQUINA DE CHAVE MODELO 5A EM AMV DE BITOLA LARGA EM VIA SINALIZADA COM CIRCUITOS DE VIA AC OU CC – FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO	UN	164,00
CCO (HARDWARE E SOFTWARE)	UN	1,00

Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

3.9.3 SISTEMAS DE TELECOMUNICAÇÕES

A integração dos sistemas e interface entre CCO e maquinistas acontece com o atendimento das demandas de comunicação de dados e voz. Para tanto, se faz necessário a implantação dos sistemas de telecomunicações, responsáveis pelo atendimento de tais demandas e pela garantia do nível de performance e confiabilidade adequados para a correta operação dos sistemas.

Dentre as funcionalidades que os subsistemas de comunicação devem amalgamar estão: Integração entre ferrovias e CCO; registro de todas as comunicações realizadas pelo CCO; suporte e registro de toda a comunicação de voz e dados entre trens, estações e CCO; utilização de protocolo de comunicação de acordo com o estabelecido; cobertura de radiofrequência adequada para o perfeito funcionamento dos sistemas de voz e dados; outorga dos serviços e licenciamento das estações (fixas e móveis) pela ANATEL; escolha adequada das faixas de frequência dos equipamentos de radiocomunicação conforme regulamentação e padronização estabelecida pela ANATEL; adoção de parâmetros de disponibilidade, confiabilidade e desempenho conforme estabelecido pela ANTT.

Este Sistema de Telecomunicações deverá ser totalmente digital, de modo a permitir que, tanto o tráfego de dados, como o de voz, compartilhem dos mesmos equipamentos. Assim, a oferta de

serviços operacionais do e para o trem dependerá da criatividade e necessidades operacionais da ferrovia. Informações que necessitem apenas do conhecimento dos maquinistas poderão ser apresentadas em telas na cabine da locomotiva, solicitando ou não uma confirmação. Situações que requeiram uma troca intensa de informações poderão se utilizar de voz, o que não prejudica a atenção dos maquinistas na condução dos trens.

Assim, devem ser previstos dois tipos de condutores de dados: cabo de fibras ópticas e enlaces de rádios. A rede de fibra óptica será instalada no posteamento das linhas de transmissão que ficarão ao longo de toda a ferrovia.

Como alternativa, poderá haver um Sistema de Rádio Digital a ser instalado ao longo da ferrovia, ficando as BTS (*Base Transceiver Stations*, em português, Estações Rádio Base)[1], em princípio, situadas nos pátios de cruzamento e nos terminais ferroviários (*Figura 41*). No caso de falha no cabo de fibras ópticas, o sistema de transmissão de dados automaticamente comutará para o Sistema de Rádio Digital, de maneira que não ocorra uma descontinuidade na operação ferroviária. Assim sendo, as condições de segurança do tráfego deverão ser mantidas independentemente do meio de comunicação que se estiver utilizando.

Por fim, deve ser prevista a utilização de rádios portáteis para a equipagem dos trens, a fim de permitir que o maquinista proceda à vistoria da composição e se comunique com o seu auxiliar e, assim, consiga fazer alguma observação, ao longo do percurso do trem, que possa atentar contra a segurança operacional e, desse modo, comunicar-se diretamente com o CCO.

A Tabela 57 apresenta os quantitativos dos equipamentos do sistema de telecomunicações.

Tabela 57 – Quantitativos dos equipamentos do sistema de telecomunicações.

ITEM	UND.	QUANTIDADE
FORNECIMENTO DE EQUIPAMENTOS DE TELECOMUNICAÇÕES		
RÁDIO MICROONDAS	UN	82,00
ANTENA	UN	82,00
CABO COAXIAL	M	8.200,00
TORRE METÁLICA (30M DE ALTURA MÉDIA)	UN	82,00
FIBRA ÓPTICA		
LANÇAMENTO AÉREO E TRACIONAMENTO DE CABO DE FIBRA ÓPTICA AUTOSSUSTENTÁVEL 36 FIBRAS, TRECHO EM CURVA OU DESNIVELADO - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO	M	1.304.138,77

Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

3.9.4 SISTEMA DE ENERGIA

Os subsistemas mencionados anteriormente precisam de abastecimento elétrico para o seu pleno funcionamento. O Sistema de Energia é o responsável pela alimentação elétrica contínua deles e deve atender as características e demandas dos sistemas a serem implementados para operação da ferrovia.

[1] Estações necessárias para a telecomunicação e sinalização ao longo da linha.

O sistema elétrico será alimentado por linhas de transmissão de 13,8 kV que serão derivadas de 5 (cinco) subestações (SE), 4 (quatro) delas localizadas no estado do Paraná e 1 (uma) no estado do Mato Grosso do Sul, a saber: SE Posto Fiscal; SE Campo do Assobio; SE Cascavel; SE Guaíra; e SE Dourados.

A SE Posto Fiscal alimentará o Terminal Ferroviário de Paranaguá e o pátio de cruzamento 73, fornecendo uma potência de 765 kVA.

Da SE Campo do Assobio serão derivadas 2 linhas de transmissão. A primeira delas alimentará o Terminal Ferroviário de Curitiba, onde está contido o Centro de Controle Operacional (CCO), fornecendo à ferrovia uma potência de 2000 kVA. A segunda linha derivada da SE Campo do Assobio seguirá na direção leste e alimentará os terminais ferroviários de Balsa Nova e Guarapuava, além dos pátios de cruzamento 30 a 71, fornecendo 2130 kVA. Dessa forma, a SE Campo do Assobio fornecerá à ferrovia um total de 4130 kVA.

Da SE Cascavel também serão derivadas 2 linhas de transmissão. A primeira delas alimentará a Oficina de Manutenção Pesada com 2000 kVA e o pátio de cruzamento 08 com 15 kVA. A segunda linha alimentará o Terminal Ferroviário de Foz do Iguaçu e os pátios 02 a 07, do ramal, com uma potência de 840 kVA. Dessa forma, a SE Cascavel fornecerá à ferrovia um total de 2855 kVA.

A última subestação situada no estado do Paraná a fornecer energia para a ferrovia será a SE Guaíra, que suprirá a demanda do terminal ferroviário de Guaíra e os pátios 18 a 29 com 930 kVA.

O trecho da ferrovia que fica contido dentro do estado do Mato Grosso do Sul será alimentado pela SE Dourados, que fornecerá 1740 kVA para os terminais de Maracujá e Amambai e para os pátios de cruzamento 02 a 17.

A *Tabela 58* apresenta um resumo das potências demandadas de cada subestação. A *Figura 42* apresenta o esquema elétrico proposto com a representação das linhas de transmissão existentes, linhas de transmissão a serem derivadas, subestações, estruturas a serem alimentadas pelas linhas derivadas (pátios de cruzamento, terminais ferroviários, CCO e Oficina de Manutenção Pesada), assim como a rede de fibra óptica instalada no posteamento das linhas de transmissão que ficarão ao longo de toda a ferrovia.

Tabela 58 – Potência demandada de cada subestação.

ESTADO	SUBESTAÇÃO	POTÊNCIA DEMANDADA (kVA)
PR	SE Posto Fiscal	765
PR	SE Campo do Assobio	4130
PR	SE Cascavel	2855
PR	SE Guaíra	930
MS	SE Dourado	1740
Total		**10.420**

Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Nos pátios de cruzamentos foi previsto um poste com transformador de 15 kVA juntamente com um gerador de 15 kVA para suprir as necessidades em caso de falta de energia. Para os terminais ferroviários serão instalados 1 transformador de 750 kVA e 1 grupo de geradores para cada terminal. A CCO e oficina de mecânica pesada terão, cada um deles, 1 transformador de 2000 kVA e um grupo motor-gerador de 2000 kVA.

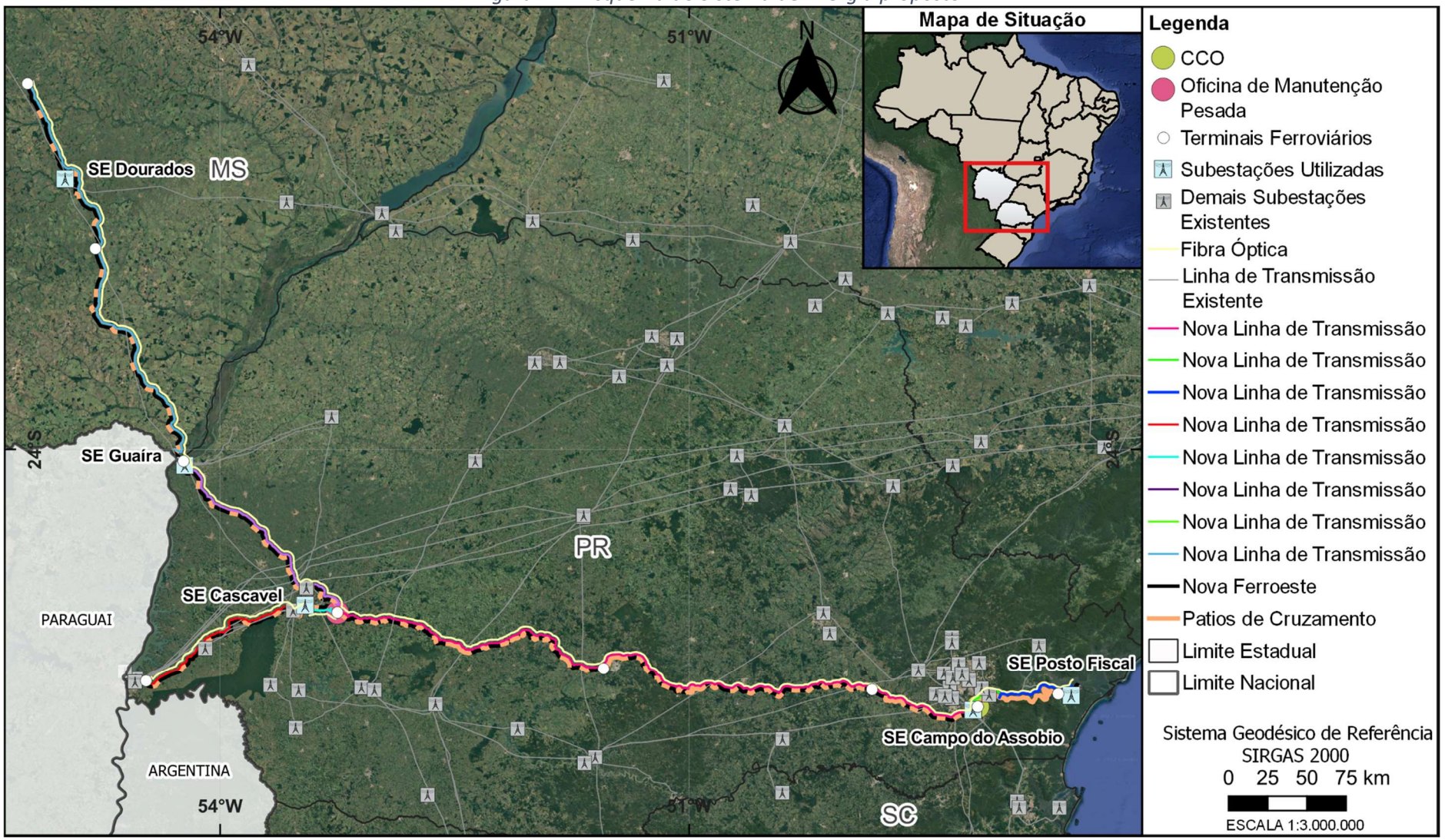
A *Tabela 59* apresenta o resumo dos equipamentos do sistema de energia para os pontos com necessidade de alimentação.

Tabela 59 – Quantitativos dos equipamentos do sistema de energia.

ITEM	UND.	QUANTIDADE
EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS E REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA		
POSTES, CHAVES DESLIGADORAS, PÁRA RAIOS, TRANSFORMADOR, CABOS DE COBRE OU ALUMÍNIO ISOLADOS (REDE PROTEGIDA), EM MÉDIA TENSÃO, COM REDE SECUNDÁRIA, SEM ILUMINAÇÃO VIÁRIA	KM	1.304,14
TRANSFORMADOR DE FORÇA DE MÉDIA TENSÃO - 2000 KVA	UN	2,00
TRANSFORMADOR TRIFÁSICO 750 KVA, 380/220V, A SECO	UN	7,00
TRANSFORMADOR DE 15 KVA, 15 KV, 60 HZ, AT 13,8KV, BT 220/127V	UN	73,00
MONTAGEM DE ACESSÓRIOS PARA SUBESTAÇÃO TRANSFORMADORA EM POSTE	UN	82,00
MONTAGEM DE INFRAESTRUTURA ELÉTRICA E MECÂNICA PARA GRUPO MOTOR GERADOR - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO	UN	82,00
GERADOR TRIFASICO SILENCIOSO 15/13KVA (INTERMITENTE/CONTINUO) IMPEDANCIA SINCRONA 18% 380/220V COM QTA	UN	73,00
GERADOR A DIESEL CARENADO 460/434 KVA, VARIAÇÃO DE + OU - 10%, 380/220 V OU 220/127 V, 85DB A 1,5M, COMPLETO; REF. MX460SWSL DA MAXITRUST OU EQUIVALENTE	UN	14,00
GRUPO MOTOR-GERADOR 2000KVA	UN	2,00
HOUSE	UN	83,00

Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Figura 42 – Esquema do Sistema de Energia proposto.



Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

3.9.5 CENTRO DE CONTROLE OPERACIONAL (CCO)

O Centro de Controle Operacional (CCO) é a estrutura responsável por determinar o ritmo da circulação dos trens. Com base nos Estudos Operacionais, o CCO da Nova FERROESTE estará localizado em Curitiba-PR.

O CCO irá centralizar todas as informações que dizem respeito a ferrovia em seu contexto mais geral, desde dados da via permanente, como locais de manutenção e o estado da sinalização, até quantidade de materiais rodantes disponíveis. Porém, sua função principal será organizar os trens, expedindo ordens de avanço e recuo.

Com a utilização dos sistemas de licenciamento e sinalização, o CCO coordenará todos os trens e exercerá a otimização sobre a utilização das frotas de locomotivas e vagões através de sistemas de informações dedicados à interação entre as áreas comercial e operacional. Com isso, o CCO promoverá a formação de trens que melhor se adequam às variáveis origem/destino, além de promover o chamado trem-ótimo que, por sua vez, atende à demanda com menor custo de circulação.

A centralização das informações da ferrovia é de suma importância, uma vez que o gerenciamento eficaz de uma ferrovia somente é obtido quando todas as informações relevantes à circulação dos trens são de posse das pessoas encarregadas de controlá-los. Não é suficiente saber apenas a prioridade de um determinado trem sem saber a situação dos demais trens, principalmente no que se refere às condições de tráfego das locomotivas, tais como potência desenvolvida, disponibilidade de combustível, velocidade e demais parâmetros pertinentes.

Para os vagões, algumas informações referentes à sua situação de trafegabilidade e manutenção, entre outras, também são importantes, sob o ponto de vista operacional e de segurança. Desta forma, com o acesso integral a esses dados, dispondo de informações relativas a todos os equipamentos remotos e tele controlados/supervisionados e contando com equipes multidisciplinares concentradas em um único local, o CCO certamente adotará as melhores decisões para o gerenciamento da operação ferroviária. Cada equipe terá seu posto de trabalho, com acesso às informações pertinentes e próximas umas das outras, todas compartilhando o mesmo ambiente físico.

O controlador de circulação de trens terá *monitores* para o acompanhamento da circulação das composições ferroviárias, cujas telas poderão também ser projetadas imagens de grande dimensão, que espelharão, ou não, a situação dos equipamentos de campo. Uma *central de comunicação de dados e emissão de voz* também deverá estar disponível para comunicação com os trens e demais veículos ferroviários. As unidades de campo deverão ser conectadas ao CCO por meio de *sistemas de transmissão*. As funcionalidades do sistema de sinalização devem contemplar *redundância via rádio*.

Assim, o CCO deverá ser composto por painéis e monitores com o movimento em tempo real dos trens, computadores, rádios, *workstation*, interface avançada de dados e demais *hardwares* e *softwares* com suas respectivas licenças.

Destaca-se que nas fases de projetos básicos e executivos é que essa instalação deve ser detalhada para que se garanta a utilização de uma estrutura moderna e atualizada, conforme os novos recursos tecnológicos disponíveis, garantindo a eficiência operacional almejada e mitigando ao máximo o principal fator de ineficiência operacional de transportes de carga: Trem Hora Parada (THP).

3.10 SISTEMAS DE APOIO À MANUTENÇÃO DO MATERIAL RODANTE

O objetivo deste item é propor a localização para as seguintes instalações:

- Sede/CCO;
- Administrações Local;
- Estaleiro e Oficina de Manutenção Pesada;
- Residências de Manutenção da Via e Meio Ambiente;
- Postos de Abastecimento;
- Posto de Troca de Equipagem.

A fim de realizar as atividades necessárias para a operação e manutenção da ferrovia, propõe-se a alocação de equipes e infraestruturas conforme distribuição ao longo do eixo da ferrovia apresentada na *Figura 43*. Percebe-se que as instalações foram dispostas de modo a atender toda a extensão da Nova FERROESTE, estando localizadas em municípios estratégicos para a operação da ferrovia e de maneira a garantir a plena execução das atividades com a segurança e a produtividade almejadas.

3.10.1 SEDE/CCO E ADMINISTRAÇÃO CENTRAL

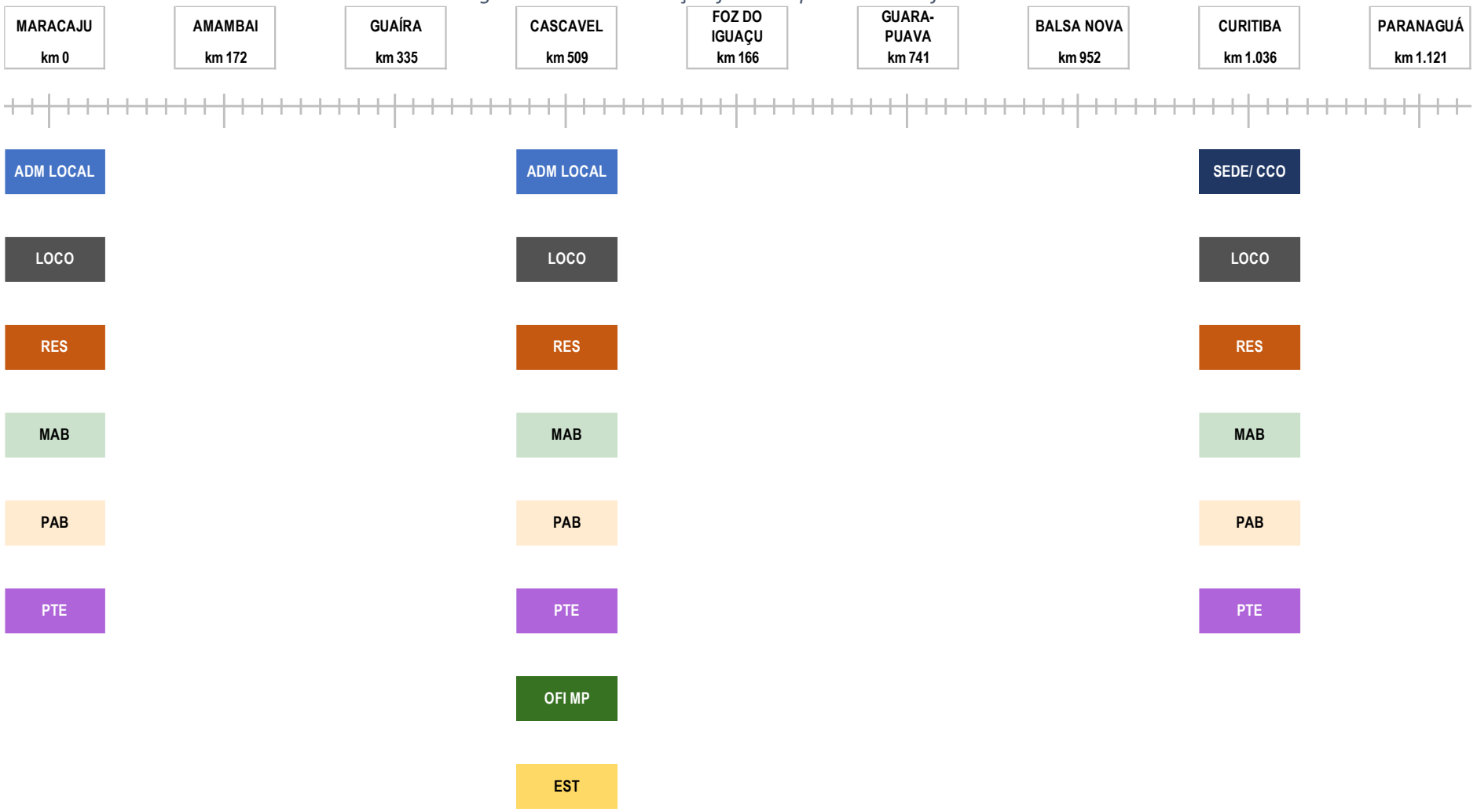
A administração central deve ser instalada em uma localidade que possua infraestrutura social, econômica e comercial capaz de fornecer os subsídios que a sede da ferrovia demanda, sendo Curitiba, o local mais indicado para a sua implantação.

Curitiba irá permitir também a implantação de outras atividades, como o Centro de Controle Operacional – CCO e uma das residências de via.

3.10.2 ADMINISTRAÇÃO LOCAL

Assim como a administração central, as administrações locais da ferrovia devem ser instaladas em localidades que possuam infraestrutura social, econômica e comercial capaz de dar suporte à sede da ferrovia. Desta forma, Maracaju (MS) e Cascavel (PR) são os municípios mais indicados para este fim, estando assim as administrações bem distribuídas ao longo da linha férrea projetada.

Figura 43 – Caracterização física e operacional da ferrovia.



Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Legenda:

SEDE/ CCO	**Administração Central**	Equipe e infraestrutura responsável pela estrutura administrativa central da ferrovia e Centro de Controle Operacional (CCO).
ADM LOCAL	**Administração Local**	Equipe e infraestrutura disponível para a administração local da ferrovia.
PAB	**Posto de Abastecimento**	Equipe, material e infraestrutura responsável pelo abastecimento (diesel, água e areia) das locomotivas.
LOCO	**Locomotiva**	Localização das locomotivas e equipes para atendimento aos serviços internos, manutenção da via permanente e reboques.
PTE	**Posto de Troca de Equipagem**	Equipe e infraestrutura disponível para trocas de equipes.
RES	**Residência de Manutenção da Via Permanente e Eletroeletrônica**	Equipe e infraestrutura responsável pela manutenção de toda a estrutura que permite o tráfego dos trens, englobando superestrutura, infraestrutura, sistemas de sinalização e telecomunicações.
MAB	**Meio Ambiente**	Equipe e infraestrutura disponível para acompanhamento e controle do meio ambiente.
OFI MP	**Oficina de Manutenção Pesada**	Equipe e infraestrutura responsável pela manutenção pesada (vagões e locomotivas).
EST	**Estaleiro de Solda**	Equipe e infraestrutura disponível para a solda de trilhos.

3.10.3 OFICINA DE MANUTENÇÃO PESADA

A localidade indicada para oficina de manutenção pesada (destinada à manutenção de vagões e locomotivas) é o município de Cascavel (PR). O município está localizado em um ponto intermediário em relação à linha tronco da Nova FERROESTE e, também, em relação ao ramal Cascavel (PR) – Foz do Iguaçu (PR) e dispõe de infraestrutura social, econômica e comercial, fatores que recomendam a implantação da citada estrutura nessa localidade.

3.10.4 ESTALEIRO DE SOLDA

A localidade indicada para o estaleiro de solda é o município de Cascavel (PR), sendo que ele dispõe de infraestrutura social, econômica e comercial, fatores que recomendam a implantação das citadas estruturas nessa localidade.

O estudo propõe que a instalação seja implantada em Cascavel (PR) por ser ainda um município considerado em posição estratégica para o desempenho das atividades da equipe de manutenção pesada e operação do estaleiro de solda. O município está localizado em um ponto intermediário em relação à linha tronco da Nova FERROESTE e, também, em relação ao ramal Cascavel (PR) – Foz do Iguaçu (PR).

3.10.5 RESIDÊNCIA DE MANUTENÇÃO DA VIA E MEIO AMBIENTE

Incialmente, estão previstas 03 (três) residências de manutenção da via dispostas nos municípios de Maracaju (MS), Cascavel (PR) e Curitiba (PR) com equipe e infraestrutura responsável pela manutenção de toda a estrutura que permite o tráfego dos trens, englobando superestrutura, infraestrutura e meio ambiente, sistemas de sinalização e telecomunicações. O conceito utilizado para a manutenção da via férrea, realizado pelas residências é de uma estrutura para a manutenção programada e outra para a manutenção corretiva.

3.10.5.1 MANUTENÇÃO PROGRAMADA

Entende-se por manutenção programada a execução de serviços de correção geométrica da via com a utilização de máquinas próprias, como socadoras e regularizadoras.

Este setor deverá ficar com a responsabilidade de realizar a manutenção programada, dispondo, para tanto, dos recursos centralizados para esse atendimento, que permitirão o seu deslocamento ao longo da ferrovia. Após o período de manutenção da via, esses equipamentos deverão retornar ao estacionamento para limpeza e manutenção.

A proposta considerada por este estudo é que o posto para a manutenção programada seja localizado no município de Cascavel (PR) que conta com infraestrutura social, econômica e comercial adequados.

3.10.5.2 MANUTENÇÃO CORRETIVA

A manutenção corretiva será exercida pelas residências de via com atribuição de efetuar a mencionada manutenção ao longo da ferrovia, inclusive para casos de acidentes, recuperação do meio ambiente (passivos ambientais, capina controlada, limpeza de sistema de drenagem, entre outras atividades), e utilizará recursos específicos integrantes da composição do custo fixo no orçamento previsto para a manutenção da via.

Para a realização desses serviços foi estimada a necessidade de 2 (duas) residências de via (Maracaju-MS e Cascavel-PR) e de 1 (uma) inspetoria de sistema (em Curitiba-PR, onde propôs-se a localização do CCO), que comportarão, respectivamente, as atividades de manutenção da via permanente e dos sistemas de licenciamento de trens.

3.10.5.3 TRENS DE SERVIÇO

Estes trens com faixas de circulação previstas na capacidade de via terão como objetivo a distribuição dos materiais e eventualmente pessoal nas frentes de trabalho. Deverão ter uma programação definida de modo a atender a todas as residências de via e ao setor de manutenção programada. Nos casos de acidentes ficarão à disposição da residência onde ocorreu a eventualidade para o apoio necessário.

3.10.6 POSTO DE ABASTECIMENTO

Na definição da localização do posto de abastecimento, o estudo levou em consideração a autonomia da locomotiva, o consumo de combustível definido com base nos dados da simulação operacional e as distâncias máximas percorridas.

O estudo concluiu pela localização de três postos de abastecimento, localizados nos seguintes municípios, levado em consideração os conceitos acima descritos:

- Maracaju (MS);
- Cascavel (PR);
- Curitiba (PR).

3.10.7 POSTO DE TROCA DE EQUIPAGEM

A solução para a hospedagem da equipagem é a utilização da infraestrutura hoteleira ao longo da ferrovia. Desta forma, as localidades selecionadas para serem os postos de troca de equipagem tiveram como critério possuir infraestrutura hoteleira capaz de atender as necessidades das equipes, sendo:

- Maracaju (MS);
- Cascavel (PR);
- Curitiba (PR).

3.11.1 INVESTIMENTOS

3.11.1.1 MATERIAL RODANTE

3.11.1.1.1 FROTA

Ao término do dimensionamento das necessidades diárias da via férrea, foram efetuados cálculos de vagões e locomotivas necessários em função da demanda. A *Tabela 60* apresenta os quantitativos de material rodante, tanto para as locomotivas, quanto para os vagões, incluindo a frota de serviço interno. A frota de serviço interno apresenta duas composições, dispondo de 1 locomotiva e 15 vagões tipo HNT/PNT cada. Os valores de custos unitários advêm do estudo SICFER de São Paulo e são referentes à data-base de janeiro de 2021.

Tabela 60 – Custo de aquisição de material rodante.

MATERIAL RODANTE	QTD.	CUSTO UNIT. (R$)	CUSTO TOTAL. (R$)
Locomotiva diesel-elétrica CC, bitola larga - 3281 kW / 4400 hp	222	14.518.000,00	3.222.996.000,00
Vagão hopper fechado dotado de escotilha e tremonha, com descarga rápida, tipo HPT, com capacidade de 101 t / 149 m³ - bitola larga	4.273	404.350,00	1.727.787.550,00
Vagão plataforma para transporte de contêineres, tipo PET, com capacidade de 106,5 t - bitola larga	776	365.550,00	283.666.800,00
Vagão tanque para transporte de combustíveis, tipo TCT, com capacidade de 87,5 t / 103 m³ - bitola larga	633	701.550,00	444.081.150,00
Vagão hopper aberto com descarga automática, tipo HNT, com capacidade de 103 t / 63 m³ - bitola larga	15	436.670,00	6.550.050,00
Vagão plataforma para transporte de materiais de via permanente, tipo PNT, com capacidade de 98 t - bitola larga	15	350.320,00	5.254.800,00
TOTAL			**5.690.336.350,00**

Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

3.11.1.1.2 EQUIPAMENTOS DE MANUTENÇÃO DE VIA E SERVIÇOS INTERNOS

Neste item, foram estimadas as quantidades necessárias de equipamentos para atender serviços internos. Os custos foram estimados com base nos sistemas de referência SICFER (Sistema de Custos Referenciais Ferroviários), SICRO (Sistema de Custos Referenciais de Obras) e SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil). Para os equipamentos com especificação equivalente não encontrada nos citados sistemas, utilizou-se como referência os valores apresentados no Relatório IV Estudos Definitivos de Engenharia da EF-170 Trecho Sinop/MT – Itaituba/PA, atualizados através do Índice de Reajustamento de Obras Portuárias do DNIT para Máquinas e Equipamentos Industriais.

Assim, os custos dos equipamentos de manutenção de via e de serviços internos são apresentados na *Tabela 61*.

Tabela 61 – Quantitativo e Custos Estimados de Equipamento de Via.

CÓDIGO	REFERÊNCIA	EQUIPAMENTOS	QTD	CUSTO UNITÁRIO - PR (R$)	CUSTO UNITÁRIO - MS (R$)	CUSTO TOTAL (R$)
CP0511	SICRO	SOCADORA AUTOMÁTICA DE LINHA - 253 KW	2	38.368.694,72	38.368.694,72	76.737.389,44
CP0512	SICRO	REGULADORA E DISTRIBUIDORA DE LASTRO - 300 KW	2	20.249.965,72	20.249.965,72	40.499.931,44
CP0513	SICRO	MÁQUINA DE ESMERILHAR TOPO E LATERAL DE BOLETO - 5,2 KW	2	99.972,74	99.972,74	199.945,48
CP0518	SICFER	CAMINHÃO DE LINHA RODOFERROVIÁRIO COM GUINDAUTO - 110 KW	14	1.236.914,87	1.236.914,87	17.316.808,18
CP0079	CPU	DESGUARNECEDORA DE LASTRO	1	22.008.600,00	22.008.600,00	22.008.600,00
CP0101	CPU	GUINDASTE FERROVIÁRIO	2	34.920.312,00	34.920.312,00	69.840.624,00
CP0514	SICRO	GUINDASTE MÓVEL SOBRE PNEUS COM 2 EIXOS COM CAPACIDADE MÁXIMA DE 55 T - 186 KW	1	2.582.287,58	2.582.287,58	2.582.287,58
CP0508	SICRO	CARREGADEIRA DE PNEUS COM CAPACIDADE DE 1,72 M³ - 113 KW	3	518.855,32	518.855,32	1.556.565,96
CP0506	SICRO	RETROESCAVADEIRA DE PNEUS COM CAPACIDADE DE 0,76 M³ - 58 KW	6	340.558,04	340.558,04	2.043.348,24
CP0080	CPU	CONJUNTO HIDRÁULICO DE ENCARRILHAMENTO	3	1.222.700,00	1.222.700,00	3.668.100,00
CP0516	SICRO	CAMINHÃO CARROCERIA COM GUINDAUTO COM CAPACIDADE DE 45 T.M - 188 KW	1	850.244,22	850.244,22	850.244,22
CP0517	SICRO	CAMINHÃO BASCULANTE COM CAPACIDADE DE 6 M³ - 136 KW	6	488.789,94	488.789,94	2.932.739,64
CP0510	SICRO	VEÍCULO LEVE PICK UP 4 X 4 - 147 KW	12	229.578,08	229.578,08	2.754.936,96
CP0505	SICRO	VEÍCULO LEVE - 53 KW	12	56.737,18	56.737,18	680.846,16
CP0520	SICFER	CARRO CONTROLE RODOFERROVIÁRIO - 283 KW	1	11.753.086,75	11.753.086,75	11.753.086,75
CP0521	SICFER	VEÍCULO RODOFERROVIÁRIO COM ULTRASSOM - 110 KW	1	20.628.487,83	20.628.487,83	20.628.487,83
CP0081	CPU	SUGADOR PARA GRÃOS COM CAPACIDADE PARA 10 TONELADAS/HORA (SUGAR/EMPURRAR), TENSÃO DE ALIMENTAÇÃO 380 VOLTS	3	73.362,00	73.362,00	220.086,00
CP0509	SICRO	BOMBA COM CÂMARA DE VÁCUO - 5,6 KW	3	7.219,06	7.219,06	21.657,18
CP0501	SICRO	GRUPO GERADOR - 13/14 KVA	6	44.911,10	44.911,10	269.466,60
CP0082	CPU	CONJUNTO DE EQUIPAMENTOS DE VIA COMPOSTO 1 SERRA TRILHOS (3900A), 1 REBARBADORA DE TRILHOS (5100A), 1 FURADEIRA DE TRILHOS (3500), 1 ESMERILHADEIRA HIDRÁULICA MULTIFUNÇÃO (6900), 1 ESMERILHADEIRA DE AMV´S (9200A) E UM CONJUNTO PARA EXECUÇÃO DE SOLDAGEM ALUMINOTERMICA QP (CADINHO DESCARTÁVEL)	6	281.221,00	281.221,00	1.687.326,00
CP0502	SICRO	VEÍCULO FERROVIÁRIO PARA CAPINA QUÍMICA COM CAPACIDADE DE 12.000 L - 115 KW	2	2.034.051,85	2.034.051,85	4.068.103,70
CP0083	CPU	EQUIPAMENTOS LEVES E FERRAMENTAL EM GERAL	14	562.442,00	562.442,00	7.874.188,00
TOTAL						**290.194.769,36**

Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

3.11.1.2 EDIFICAÇÃO DE PÁTIOS

Os investimentos previstos neste item contêm as edificações dos pátios necessários para a operação e manutenção da ferrovia. Para a composição do quantitativo das edificações utilizou-se como referências os valores previstos nos Estudos Operacionais do Corredor Ferroviário de Santa Catarina. Os custos decorrentes das edificações foram baseados no estudo supracitado e corrigidos pelo índice INCC-DI (Índice Nacional de Custo da Construção - Disponibilidade Interna).

Em sinergia com a caracterização física e operacional da ferrovia apresentada no item 3.10, estabeleceu-se três estruturas básicas para os terminais ferroviários:

- Pátio Tipo 01: Terminal Ferroviário de Cascavel, onde estará alocada a oficina de manutenção pesada e uma residência;
- Pátio Tipo 02: Terminal Ferroviário de Curitiba, onde estará alocado CCO e uma residência;
- Pátio Tipo 03: Terminal Ferroviário, onde estará alocada uma residência.

Ressalta-se que os investimentos necessários para implantação de via foram incluídos nos Estudos de Soluções de Projeto para os citados pátios e os demais.

3.11.1.2.1 PÁTIO TIPO 01: CASCAVEL

Tabela 62 – Pátio de Cascavel.

DESCRIÇÃO	UNID.	QTD.	VALOR UNIT. (R$)	VALOR TOTAL (R$)
ADMINISTRAÇÃO LOCAL COM GUARITA	m²	260	2.556,24	664.622,40
ESTALEIRO DE SOLDA E PÁTIO DE ESTOCAGEM	m²	1000	2.556,24	2.556.240,00
RESIDÊNCIA DE VIA	m²	200	2.556,24	511.248,00
OFICINA DE LOCOMOTIVAS (OFICINA DE MANUTENÇÃO PESADA)	m²	3168	5.112,49	16.196.368,32
MATERIAL OFICINA DE LOCOMOTIVAS	Unid.	1	9.717.820,99	9.717.820,99
OFICINA DE VAGÕES (OFICINA DE MANUTENÇÃO PESADA)	m²	10736	2.556,24	27.443.792,64
MATERIAL OFICINA DE VAGÕES	Unid.	1	4.116.568,90	4.116.568,90
POSTO DE ABASTECIMENO E REVISTA	m²	200	16.937,38	3.387.476,00
CAIXA D'ÁGUA DE 15.000 L	m³	15	1.269,98	19.049,70
TOTAL				64.613.186,95

Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

3.11.1.2.2 PÁTIO TIPO 02: CURITIBA

Tabela 63 – Pátio de Curitiba.

DESCRIÇÃO	UNID.	QTD.	VALOR UNIT. (R$)	VALOR TOTAL (R$)
ADMINISTRAÇÃO CENTRAL E CCO	m²	650	2.556,24	1.661.556,00
RESIDÊNCIA DE VIA	m²	200	2.556,24	511.248,00
POSTO DE ABASTECIMENO E REVISTA	m²	200	16.937,38	3.387.476,00
CAIXA D'ÁGUA DE 15.000 L	m³	15	1.269,98	19.049,70
TOTAL				5.579.329,70

Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

3.11.1.2.3 PÁTIO TIPO 03: MARACAJU

Tabela 64 – Pátio de Maracaju.

DESCRIÇÃO	UNID.	QTD.	VALOR UNIT. (R$)	VALOR TOTAL (R$)
ADMINISTRAÇÃO LOCAL COM GUARITA	m²	260	2.556,24	664.622,40
RESIDÊNCIA DE VIA	m²	200	2.556,24	511.248,00
POSTO DE ABASTECIMENO E REVISTA	m²	200	16.937,38	3.387.476,00
CAIXA D'ÁGUA DE 15.000 L	m³	15	1.269,98	19.049,70
TOTAL				4.582.396,10

Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

3.11.1.3 SISTEMAS FERROVIÁRIOS

Os custos de equipamentos e serviços para os quais não foram encontradas correspondência nos sistemas e tabelas de preços de referência (SICRO, SICFER, SINAPI, TPU do DER/PR etc.) foram obtidos em orçamentos para obras similares. No caso dos sistemas ferroviários, utilizou-se como referência os valores apresentados no SICFER, ORSE, EMBASA, CPOS e no Relatório Final, Volume 2 – Memória Justificativa - Lote 01 - EF 151 - Ferrovia Norte Sul (FNS) Trecho Panorama/SP - Chapecó/SC, atualizados através do Índice de Reajustamento de Obras Portuárias do DNIT para Rede de Energia Elétrica e Sinalização Ferroviária.

Assim, os custos dos sistemas ferroviários são apresentados na *Tabela 65*.

Tabela 65 – Custos dos Sistemas Ferroviários.

ITEM	UND.	QTD.	CUSTO UNIT. (R$)	CUSTO TOTAL. (R$)
EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS E REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA				94.627.533,64
POSTES, CHAVES DESLIGADORAS, PÁRA RAIOS, TRANSFORMADOR, CABOS DE COBRE OU ALUMÍNIO ISOLADOS (REDE PROTEGIDA), EM MÉDIA TENSÃO, COM REDE SECUNDÁRIA, SEM ILUMINAÇÃO VIÁRIA	KM	1.304,14	52.676,94	68.698.039,95
TRANSFORMADOR DE FORÇA DE MÉDIA TENSÃO - 2000 KVA	UN	2,00	487.034,97	974.069,94

ITEM	UND.	QTD.	CUSTO UNIT. (R$)	CUSTO TOTAL. (R$)
TRANSFORMADOR TRIFÁSICO 750 KVA, 380/220V, A SECO	UN	7,00	51.567,64	360.973,48
TRANSFORMADOR DE 15 KVA, 15 KV, 60 HZ, AT 13,8KV, BT 220/127V	UN	73,00	5.861,60	427.896,80
MONTAGEM DE ACESSÓRIOS PARA SUBESTAÇÃO TRANSFORMADORA EM POSTE	UN	82,00	5.588,36	458.245,52
MONTAGEM DE INFRAESTRUTURA ELÉTRICA E MECÂNICA PARA GRUPO MOTOR GERADOR - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO	UN	82,00	9.637,32	790.260,24
GERADOR TRIFASICO SILENCIOSO 15/13KVA (INTERMITENTE/CONTINUO) IMPEDANCIA SINCRONA 18% 380/220V COM QTA	UN	73,00	26.777,13	1.954.730,49
GERADOR A DIESEL CARENADO 460/434 KVA, VARIAÇÃO DE + OU - 10%, 380/220 V OU 220/127 V, 85DB A 1,5M, COMPLETO; REF. MX460SWSL DA MAXITRUST OU EQUIVALENTE	UN	14,00	326.535,07	4.571.490,98
GRUPO MOTOR-GERADOR 2000KVA	UN	2,00	2.118.041,41	4.236.082,82
HOUSE	UN	83,00	146.454,74	12.155.743,42
SISTEMAS DE CONTROLE E SINALIZAÇÃO DA VIA				**472.316.133,56**
SINAL ALTO, EM MASTRO, TIPO COLOUR LIGHT (MULTIFOCAL), COM 3 ASPECTOS (CORES) EM BASE DE CONCRETO - FORNECIMENTO E MONTAGEM MECÂNICA	UN	328,00	48.003,45	15.745.131,60
INSTALAÇÃO ELÉTRICA DE SINAL ALTO EM MASTRO, TIPO COLOUR LIGHT (MULTIFOCAL), COM 3 ASPECTOS (CORES) LED - EXCLUINDO O FORNECIMENTO DO SINAL	UN	328,00	2.119,21	695.100,88
INSTALAÇÃO ELÉTRICA DE SINAL ANÃO, TIPO COLOUR LIGHT (MULTIFOCAL), COM 2 ASPECTOS (CORES) LED - EXCLUINDO O FORNECIMENTO DO SINAL	UN	164,00	1.288,02	211.235,28
SINAL ANÃO, TIPO COLOUR LIGHT (MULTIFOCAL), COM 2 ASPECTOS (CORES), EM BASE DE CONCRETO - FORNECIMENTO E MONTAGEM MECÂNICA	UN	164,00	7.167,83	1.175.524,12
CIRCUITO DE VIA	UN	148,00	197.541,60	29.236.156,80
INTERTRAVAMENTO (HARDWARE E SOFTWARE)	UN	82,00	4.614.225,57	378.366.496,74
HOT BOX + HOT/COLD WHEEL MULTICANAL, BITOLA MISTA, COM ENERGIA CONCESSIONÁRIA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO	UN	1,00	1.747.330,92	1.747.330,92
DETECTOR DE DESCARRILAMENTO COM MODEM EMBARCADO, EM POSTE GALVANIZADO, ENERGIA CONCESSIONÁRIA, BITOLA MISTA, 2 LINHAS - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO	UN	164,00	37.005,59	6.068.916,76
MONTAGEM MECÂNICA DA MÁQUINA DE CHAVE MODELO 5A EM AMV DE BITOLA LARGA EM VIA SINALIZADA COM CIRCUITOS DE VIA AC OU CC – FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO	UN	164,00	145.668,04	23.888.560,58
CCO (HARDWARE E SOFTWARE)	UN	1,00	15.181.679,88	15.181.679,88

ITEM	UND.	QTD.	CUSTO UNIT. (R$)	CUSTO TOTAL. (R$)
FORNECIMENTO DE EQUIPAMENTOS DE TELECOMUNICAÇÕES				**31.615.184,46**
RÁDIO MICROONDAS	UN	82,00	186.567,07	15.298.499,74
ANTENA	UN	82,00	3.290,52	269.822,64
CABO COAXIAL	M	8.200,00	42,97	352.354,00
TORRE METÁLICA (30M DE ALTURA MÉDIA)	UN	82,00	191.396,44	15.694.508,08
FIBRA ÓPTICA				**18.544.853,37**
LANÇAMENTO AÉREO E TRACIONAMENTO DE CABO DE FIBRA ÓPTICA AUTOSSUSTENTÁVEL 36 FIBRAS, TRECHO EM CURVA OU DESNIVELADO - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO	M	1.304.138,77	14,22	18.544.853,37
TOTAL				**617.103.705,03**

Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

3.11.2 CUSTOS OPERACIONAIS – FIXOS

Os custos operacionais fixos contemplam os custos despendidos com pessoal e serviços de manutenção que tem a sua frequência e valores estimados em função de parâmetros fixos como, por exemplo, a extensão dos trechos ferroviários implantados.

3.11.2.1 CUSTO COM PESSOAL

Este item dos custos operacionais inclui os custos despendidos com os responsáveis pela manutenção da superestrutura e infraestrutura da via permanente, manutenção dos equipamentos de via e operação dos estaleiros de solda. Incluem também atividades de operação e manutenção do material rodante (de operação e de serviço interno), dos guindastes de socorro da ferrovia e atividades relacionadas a tração e movimento de trens, inclusive do CCO.

O quantitativo baseou-se nos resultados do estudo operacional relacionados às infraestruturas e frota previstas. Os salários foram determinados com base nos valores utilizados na Modelagem do Programa de Investimento em Logística (Ferrovias) para os trechos da FICO e atualizados através do IPCA (Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo) para a data-base de julho de 2021. Os salários dos demais profissionais necessários à operação da ferrovia, mas que não foram especificados no citado estudo, foram determinados com base nos valores utilizados nos Estudos Operacionais do Corredor Ferroviário de Santa Catarina e foram corrigidos através do mesmo índice, conforme *Tabela 66* e *Tabela 69*.

Tabela 66 – Índice de reajustamento.

REFERÊNCIA	DATA-BASE	DATA-BASE DE REAJUSTE	REAJUSTE DO IPCA
FICO - Campinorte/GO - Lucas do Rio Verde/MT	MAR/2013	JUL/2021	1,578555
CFSC	ABR/2019	JUL/2021	1,114436

Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Tabela 67 – Quadro de pessoal operacional (resumo).

Premissas de Custos Operacionais (Nova FERROESTE)				IMPLANTAÇÃO:	Projeto	Fase 01	Fase 02	Fase 03		Fase 04		Demanda plena					
				OPERAÇÃO:	-	-	Lote 01, 02 e 03	Lote 01, 02, 03 e 04		Lote 01, 02, 03, 04 e 05		Lote 01, 02, 03, 04, 05 e 06					
				ANO:	1	7	8	9	10	20	21	22	28	38	48	58	65
	Custo por unidade da atividade		Quantidade / Frequência de cada atividade		2.023	2.029	2.030	2.031	2.032	2.042	2.043	2.044	2.050	2.060	2.070	2.080	2.087
CUSTOS OPERACIONAIS FIXOS	**Unidade**	**Valor unitário**	**Unidade**	**Frequência**													
PESSOAL																	
Manutenção Via Permanente e Eletroeletrônica																	
Gerente de Manutenção (Via Permanente)	R$ '000 /func. / por ano	544,85	# de funcionários	N/A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Supervisor Superestrutura	R$ '000 /func. / por ano	318,30	# de funcionários	N/A	7	8	8	9	9	10	10	10	10	10	10	10	10
Encarregado de Via Superestrutura	R$ '000 /func. / por ano	220,49	# de funcionários	N/A	32	38	38	45	45	51	51	51	51	51	51	51	51
Mantenedor de Superestrutura	R$ '000 /func. / por ano	43,89	# de funcionários	N/A	104	126	126	147	147	168	168	168	168	168	168	168	168
Analista PCM Superestrutura	R$ '000 /func. / por ano	200,44	# de funcionários	N/A	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Supervisor Infraestrutura e Meio Ambiente	R$ '000 /func. / por ano	316,90	# de funcionários	N/A	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Encarregado de Via Infraestrutura e Meio Ambiente	R$ '000 /func. / por ano	220,49	# de funcionários	N/A	13	16	16	19	19	21	21	21	21	21	21	21	21
Mantenedor de Infraestrutura e Meio Ambiente	R$ '000 /func. / por ano	43,89	# de funcionários	N/A	23	27	27	32	32	36	36	36	36	36	36	36	36
Analista PCM Infraestrutura e Meio Ambiente	R$ '000 /func. / por ano	200,44	# de funcionários	N/A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Supervisor de Manutenção Eletroeletrônica	R$ '000 /func. / por ano	316,90	# de funcionários	N/A	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Técnico Eletroeletrônica / Sinalização	R$ '000 /func. / por ano	123,19	# de funcionários	N/A	15	18	18	21	21	24	24	24	24	24	24	24	24
Manutenção Material Rodante																	
Gerente de Manutenção (Material Rodante)	R$ '000 /func. / por ano	544,85	# de funcionários	N/A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Supervisor Manutenção Mecânica	R$ '000 /func. / por ano	318,30	# de funcionários	N/A	3	7	10	19	19	19	21	23	23	24	24	24	24
Engenheiro	R$ '000 /func. / por ano	247,03	# de funcionários	N/A	5	6	6	7	7	8	8	8	8	8	8	8	8
Operador Help Desk	R$ '000 /func. / por ano	220,49	# de funcionários	N/A	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Mecânico Locomotivas	R$ '000 /func. / por ano	96,46	# de funcionários	N/A	23	55	78	146	147	151	165	175	181	185	188	188	188
Mecânico Vagões	R$ '000 /func. / por ano	96,46	# de funcionários	N/A	31	79	117	225	228	234	256	275	287	295	300	300	300
Analista PCM Material Rodante	R$ '000 /func. / por ano	200,44	# de funcionários	N/A	4	4	4	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Caldereiro/Soldador/Torneiro	R$ '000 /func. / por ano	94,76	# de funcionários	N/A	7	7	7	19	19	19	21	23	23	24	24	24	24
Analista de Qualidade	R$ '000 /func. / por ano	200,44	# de funcionários	N/A	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Analista de Contratos	R$ '000 /func. / por ano	200,44	# de funcionários	N/A	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Assistente Administrativo	R$ '000 /func. / por ano	220,49	# de funcionários	N/A	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Eletricista	R$ '000 /func. / por ano	123,19	# de funcionários	N/A	11	27	39	74	75	77	84	90	94	96	98	98	98
Mecânico Maquinas Leves	R$ '000 /func. / por ano	96,46	# de funcionários	N/A	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Abastecedor de Locomotiva	R$ '000 /func. / por ano	94,76	# de funcionários	N/A	17	17	17	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Gerência COO																	
Gerente de Movimentos de Trens e CCO	R$ '000 /func. / por ano	544,85	# de funcionários	N/A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Supervisor de Movimento	R$ '000 /func. / por ano	316,90	# de funcionários	N/A	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Despachadores CCO	R$ '000 /func. / por ano	125,67	# de funcionários	N/A	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Operadores de Cabines de Pátios	R$ '000 /func. / por ano	94,76	# de funcionários	N/A	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
Equipe de Apoio no CCO	R$ '000 /func. / por ano	80,39	# de funcionários	N/A	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
Gerência Operações																	
Gerente de Operação	R$ '000 /func. / por ano	544,85	# de funcionários	N/A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Supervisor de Operação	R$ '000 /func. / por ano	316,90	# de funcionários	N/A	1	1	1	4	4	4	5	5	5	6	6	6	6
Inspetor de Operação	R$ '000 /func. / por ano	388,80	# de funcionários	N/A	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Maquinista	R$ '000 /func. / por ano	220,49	# de funcionários	N/A	21	35	49	84	84	84	91	98	98	105	105	105	105
Manobrador	R$ '000 /func. / por ano	43,11	# de funcionários	N/A	7	7	7	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Diversos																	
Diretor Operação	R$ '000 /func. / por ano	789,05	# de funcionários	N/A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Diretor de Manutenção	R$ '000 /func. / por ano	789,05	# de funcionários	N/A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Tabela 68 – Custos com pessoal operacional.

Custos Operacionais (Nova FERROESTE)	IMPLANTAÇÃO:	Projeto	Fase 01	Fase 02	Fase 03		Fase 04		Demanda plena					
	OPERAÇÃO:	-	-	Lote 01, 02 e 03	Lote 01, 02, 03 e 04		Lote 01, 02, 03, 04 e 05		Lote 01, 02, 03, 04, 05 e 06					
	ANO:	1	7	8	9	10	20	21	22	28	38	48	58	65
VALORES REAIS	Unidade	2.023	2.029	2.030	2.031	2.032	2.042	2.043	2.044	2.050	2.060	2.070	2.080	2.087
CUSTOS OPERACIONAIS FIXOS														
PESSOAL	**R$ '000.000**	**-**	**-**	**50,28**	**68,39**	**79,80**	**120,44**	**120,95**	**125,96**	**132,98**	**138,89**	**141,11**	**144,79**	**145,81**
Manutenção Via Permanente e Eletroeletrônica														
Gerente de Manutenção (Via Permanente)	R$ '000.000			0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
Supervisor Superestrutura	R$ '000.000			2,23	2,55	2,55	2,86	2,86	3,18	3,18	3,18	3,18	3,18	3,18
Encarregado de Via Superestrutura	R$ '000.000			7,06	8,38	8,38	9,92	9,92	11,24	11,24	11,24	11,24	11,24	11,24
Mantenedor de Superestrutura	R$ '000.000			4,56	5,53	5,53	6,45	6,45	7,37	7,37	7,37	7,37	7,37	7,37
Analista PCM Superestrutura	R$ '000.000			0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Supervisor Infraestrutura e Meio Ambiente	R$ '000.000			0,63	0,63	0,63	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Encarregado de Via Infraestrutura e Meio Ambiente	R$ '000.000			2,87	3,53	3,53	4,19	4,19	4,63	4,63	4,63	4,63	4,63	4,63
Mantenedor de Infraestrutura e Meio Ambiente	R$ '000.000			1,01	1,18	1,18	1,40	1,40	1,58	1,58	1,58	1,58	1,58	1,58
Analista PCM Infraestrutura e Meio Ambiente	R$ '000.000			0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Supervisor de Manutenção Eletroeletrônica	R$ '000.000			0,63	0,63	0,63	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Técnico Eletroeletrônica / Sinalização	R$ '000.000			1,85	2,22	2,22	2,59	2,59	2,96	2,96	2,96	2,96	2,96	2,96
Manutenção Material Rodante														
Gerente de Manutenção (Material Rodante)	R$ '000.000			0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
Supervisor Manutenção Mecânica	R$ '000.000			0,95	2,23	3,18	6,05	6,05	6,05	6,68	7,32	7,32	7,64	7,64
Engenheiro	R$ '000.000			1,24	1,48	1,48	1,73	1,73	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98
Operador Help Desk	R$ '000.000			0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66
Mecânico Locomotivas	R$ '000.000			2,22	5,31	7,52	14,08	14,18	14,57	15,92	16,88	17,46	17,85	18,13
Mecânico Vagões	R$ '000.000			2,99	7,62	11,29	21,70	21,99	22,57	24,69	26,53	27,68	28,46	28,94
Analista PCM Material Rodante	R$ '000.000			0,80	0,80	0,80	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
Caldereiro/Soldador/Torneiro	R$ '000.000			0,66	0,66	0,66	1,80	1,80	1,80	1,99	2,18	2,18	2,27	2,27
Analista de Qualidade	R$ '000.000			0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Analista de Contratos	R$ '000.000			0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Assistente Administrativo	R$ '000.000			0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44
Eletricista	R$ '000.000			1,36	3,33	4,80	9,12	9,24	9,49	10,35	11,09	11,58	11,83	12,07
Mecânico Maquinas Leves	R$ '000.000			0,19	0,19	0,19	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29
Abastecedor de Locomotiva	R$ '000.000			1,61	1,61	1,61	2,37	2,37	2,37	2,37	2,37	2,37	2,37	2,37
Gerência COO														
Gerente de Movimentos de Trens e CCO	R$ '000.000			0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
Supervisor de Movimento	R$ '000.000			0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63
Despachadores CCO	R$ '000.000			1,13	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13
Operadores de Cabines de Pátios	R$ '000.000			1,61	1,61	1,61	1,61	1,61	1,61	1,61	1,61	1,61	1,61	1,61
Equipe de Apoio no CCO	R$ '000.000			1,37	1,37	1,37	1,37	1,37	1,37	1,37	1,37	1,37	1,37	1,37
Gerência Operações														
Gerente de Operação	R$ '000.000			0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
Supervisor de Operação	R$ '000.000			0,32	0,32	0,32	1,27	1,27	1,27	1,58	1,58	1,58	1,90	1,90
Inspetor de Operação	R$ '000.000			1,17	1,17	1,17	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56
Maquinista	R$ '000.000			4,63	7,72	10,80	18,52	18,52	18,52	20,06	21,61	21,61	23,15	23,15
Manobrador	R$ '000.000			0,30	0,30	0,30	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43
Diversos	R$ '000.000													
Diretor Operação	R$ '000.000			0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79
Diretor de Manutenção	R$ '000.000			0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79

Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Tabela 69 – Referências de salário para pessoal da operação ferroviária.

CUSTOS OPERACIONAIS FIXOS - PESSOAL	UNIDADE	REFERÊNCIA	
		FICO	CFSC
Manutenção Via Permanente e Eletroeletrônica			
Gerente de Manutenção (Via Permanente)	R$ '000 /func. / por ano	544,85	-
Supervisor Superestrutura	R$ '000 /func. / por ano	318,30	-
Encarregado de Via Superestrutura	R$ '000 /func. / por ano	220,49	-
Mantenedor de Superestrutura	R$ '000 /func. / por ano	43,89	-
Analista PCM Superestrutura	R$ '000 /func. / por ano	200,44	-
Supervisor Infraestrutura	R$ '000 /func. / por ano	316,90	-
Encarregado de Via Infraestrutura	R$ '000 /func. / por ano	220,49	-
Mantenedor de Infraestrutura	R$ '000 /func. / por ano	43,89	-
Analista PCM Infraestrutura	R$ '000 /func. / por ano	200,44	-
Supervisor de Manutenção Eletroeletrônica	R$ '000 /func. / por ano	316,90	-
Técnico Eletroeletrônica / Sinalização	R$ '000 /func. / por ano	-	123,19
Manutenção Material Rodante			
Gerente de Manutenção (Material Rodante)	R$ '000 /func. / por ano	544,85	-
Supervisor Manutenção Mecânica	R$ '000 /func. / por ano	318,30	-
Engenheiro	R$ '000 /func. / por ano	247,03	-
Operador Help Desk	R$ '000 /func. / por ano	220,49	-
Mecânico Locomotivas	R$ '000 /func. / por ano	96,46	-
Mecânico Vagões	R$ '000 /func. / por ano	96,46	-
Analista PCM Material Rodante	R$ '000 /func. / por ano	200,44	-
Caldereiro/Soldador/Torneiro	R$ '000 /func. / por ano	-	94,76
Analista de Qualidade	R$ '000 /func. / por ano	200,44	-
Analista de Contratos	R$ '000 /func. / por ano	200,44	-
Assistente Administrativo	R$ '000 /func. / por ano	220,49	-
Eletricista	R$ '000 /func. / por ano	-	123,19
Mecânico Máquinas Leves	R$ '000 /func. / por ano	96,46	-
Abastecedor de Locomotiva	R$ '000 /func. / por ano	-	94,76
Gerência COO			
Gerente de Movimentos de Trens e CCO	R$ '000 /func. / por ano	544,85	-
Supervisor de Movimento	R$ '000 /func. / por ano	316,90	-
Despachadores CCO	R$ '000 /func. / por ano	-	125,67
Operadores de Cabines de Pátios	R$ '000 /func. / por ano	-	94,76
Equipe de Apoio no CCO	R$ '000 /func. / por ano	-	80,39
Gerência Operações			
Gerente de Operação	R$ '000 /func. / por ano	544,85	-
Supervisor de Operação	R$ '000 /func. / por ano	316,90	-
Inspetor de Operação	R$ '000 /func. / por ano	-	388,80
Maquinista	R$ '000 /func. / por ano	220,49	-
Manobrador	R$ '000 /func. / por ano	-	43,11

Diversos			
Diretor Operação	R$ '000 /func. / por ano	789,05	-
Diretor de Manutenção	R$ '000 /func. / por ano	789,05	-

Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

3.11.2.2 CUSTOS FIXOS DE MANUTENÇÃO

Os custos fixos de manutenção contemplam:

- Manutenção da superestrutura da via:
  - Desguarnecimento;
- Manutenção da infraestrutura da via:
  - Roçada na faixa;
  - Limpeza de canaleta;
  - Capina química;
  - Conservação do meio ambiente.
- Operação dos estaleiros de solda:
  - Despesas diversas.
- Manutenção de equipamentos e instalações físicas:
  - Manutenção de equipamentos ferroviários: provisão para manutenção pesada (over haul);
  - Manutenção dos sistemas de sinalização e comunicação;
  - Manutenção das instalações físicas.
- Energia elétrica.

Referências de frequência utilizadas:

- Premissas do Estudo Econômico-Financeiro da FICO (Lucas do Rio Verde – Campinorte):
  - Desguarnecimento;
  - Roçada na faixa;
  - Limpeza de canaleta.
- Premissas dos Estudos Operacionais da FICO (Mara Rosa – Lucas do Rio Verde):
  - Conservação do meio ambiente (referência de frequência e custo).
- Premissas do Estudo Econômico-Financeiro da Ferrogrão:
  - Todos os demais itens de Custo Fixo.

Referências de custo utilizada:

- Estudo Econômico-Financeiro da Ferrogrão, atualizada pelo INCC-DI (Índice Nacional de Custo da Construção - Disponibilidade Interna) para a data-base de julho de 2021.

Tabela 70 – Premissas dos custos fixos de manutenção.

CUSTOS OPERACIONAIS FIXOS	Unidade	Valor unitário	Unidade	Frequência
Manutenção da superestrutura da via				
Desguarnecimento	R$ '000 / Km de serviço	8,34	% da via desguarnecida	8,3%
Manutenção da infraestrutura da via				
Roçada na faixa	R$ '000 / frequência.km	8,16	Frequência	4,00
Limpeza de canaleta	R$ '000 / m de canaleta limpa / km	0,02	m de canaleta limpa / km	345,00
Capina Quimica	R$ '000 / frequência.km	2,25	Frequência	4,00
Conservação do Meio Ambiente	R$ '000 / extensão total (km)	0,28	N/A	N/A
Operação dos estaleiros de solda				
Despesas Diversas	R$ '000	1.789,79	N/A	N/A
Manutenção de equipamentos e instalações físicas				
Manutenção de equipamentos ferroviários	% sobre Capex de equipamentos	1,25%	N/A	N/A
Manutenção dos sistemas de sinalização e comunicação	% sobre Capex dos sistemas de sinalização	1,50%	N/A	N/A
Manutenção das instalações físicas	% sobre Capex de instalações físicas	0,50%	N/A	N/A
Energia elétrica				
Energia elétrica	R$ '000 / KWH	0,00065159	MM KWH	81,88

Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Tabela 71 – Custos fixos de manutenção (resumo).

Custos Operacionais (Nova FERROESTE)	IMPLANTAÇÃO:	Projeto	Fase 01	Fase 02	Fase 03		Fase 04		Demanda plena					
	OPERAÇÃO:	-	-	Lote 01, 02 e 03	Lote 01, 02, 03 e 04		Lote 01, 02, 03, 04 e 05		Lote 01, 02, 03, 04, 05 e 06					
	ANO:	1	7	8	9	10	20	21	22	28	38	48	58	65
VALORES REAIS	Unidade	2.023	2.029	2.030	2.031	2.032	2.042	2.043	2.044	2.050	2.060	2.070	2.080	2.087
CUSTOS OPERACIONAIS FIXOS														
OUTROS CUSTOS FIXOS	**R$ '000.000**	**-**	**-**	**75,68**	**92,77**	**109,55**	**121,34**	**129,73**	**133,13**	**133,13**	**133,13**	**133,13**	**133,13**	**133,13**
Manutenção da superestrutura da via														
Desguarnecimento	R$ '000.000			0,56	0,67	0,79	0,85	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91
Manutenção da infraestrutura da via														
Roçada na faixa	R$ '000.000			26,26	31,70	37,14	39,85	42,57	42,57	42,57	42,57	42,57	42,57	42,57
Limpeza de canaleta	R$ '000.000			5,64	6,80	7,97	8,55	9,14	9,14	9,14	9,14	9,14	9,14	9,14
Capina Quimica	R$ '000.000			7,25	8,75	10,26	11,01	11,76	11,76	11,76	11,76	11,76	11,76	11,76
Conservação do Meio Ambiente	R$ '000.000			0,23	0,27	0,32	0,34	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37
Operação dos estaleiros de solda														
Despesas Diversas	R$ '000.000			1,79	1,79	1,79	1,79	1,79	1,79	1,79	1,79	1,79	1,79	1,79
Manutenção de equipamentos e instalações físicas														
Manutenção de equipamentos ferroviários	R$ '000.000			2,24	2,70	3,16	3,40	3,63	3,63	3,63	3,63	3,63	3,63	3,63
Manutenção dos sistemas de sinalização e energia	R$ '000.000			5,71	6,89	8,08	8,67	9,26	9,26	9,26	9,26	9,26	9,26	9,26
Manutenção das instalações físicas	R$ '000.000			0,23	0,28	0,33	0,35	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37
Energia elétrica														
Energia elétrica	R$ '000.000			25,78	32,91	39,72	46,54	49,94	53,35	53,35	53,35	53,35	53,35	53,35

Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

3.11.3 CUSTOS OPERACIONAIS – VARIÁVEIS

Os custos operacionais variáveis contemplam os custos despendidos com os serviços de manutenção da superestrutura da via permanente, manutenção do material rodante e de equipamento ferroviário, operação dos estaleiros de solda, combustível e lubrificantes. Enquadram-se como custos variáveis, uma vez que são estimados em função da demanda prevista que, naturalmente, varia ao longo do horizonte de projeto.

Os custos operacionais variáveis dimensionados no estudo incluem:

- Manutenção da superestrutura da via[2]:
  - Substituição de dormentes;
  - Socaria, Nivelamento e Alinhamento;
  - Substituição dos trilhos;
  - Limpeza de lastro;
  - Esmerilhamento de trilho;
  - Teste de ultrassom;
  - Substituição de britas;
  - Substituição Chave de AMV;
  - Substituição Jacaré;
  - Substituição AMV.
- Operação dos estaleiros de solda:
  - Solda Elétrica / Aluminotérmica.
- Manutenção do Material Rodante:
  - Manutenção – Locomotiva;
  - Manutenção – Vagão.
- Manutenção de equipamento ferroviário: manutenção corrente, oriunda do desgaste natural dos equipamentos;
- Combustível[3], cujo consumo foi determinado considerando simulações de marcha;
- Lubrificantes, cujo consumo foi determinado considerando a premissa utilizada no estudo da VALEC em Porto Franco - MA (0,012 litros / Mil TKB).

Para a estimativa dos custos variáveis de via utilizou-se como referência os valores utilizados na Modelagem Econômico-Financeira da Ferrogrão, atualizados pelo INCC-DI para a data-base de julho de 2021.

[2] Considerando-se também o desgaste natural pela movimentação de carga/trens do Direito de Passagem estimado no trecho Balsa Nova/PR – Porto de Paranaguá/PR.
[3] Para a estimativa de custo do diesel utilizou-se como referência o valor informado pela FERROESTE: R$ 4,06/litro.

Tabela 72 – Custos operacionais variáveis (premissas).

CUSTOS OPERACIONAIS VARIÁVEIS	Unidade	Valor unitário	Unidade	Frequência
Manutenção da superestrutura da via				
Substituição de dormentes	R$ '000 / km de dormentes substituídos	0,37	% de dormentes substituídos / MTBT	0,1000%
Socaria, Nivelamento e Alinhamento	R$ '000 / km de socaria, nivelamento e alinhamento	10,70	% da via socada, nivelada e alinhada / MTBT	0,67%
Substituição dos trilhos	R$ '000 / km de trilhos substituidos	846,12	% de trilhos substituídos / MTBT	0,07%
Limpeza de lastro	R$ '000 / MMTKU	0,04331	N/A	N/A
Esmerilhamento de trilho	R$ '000 / km esmerilhado	7,20	% da via esmerilhada / MTBT	3,3%
Teste de ultrasom	R$ '000 / km testado	1,04	% da via testada / MTBT	5,0%
Substituição de britas	R$ '000 / m³ de brita	0,0299	m³ de brita / km de via socada	129,00
Substituição Chave de AMV	R$ '000 / MMTKU	0,005	N/A	N/A
Susbstituição Jacaré	R$ '000 / MMTKU	0,0023	N/A	N/A
Substituição AMV	R$ '000 / MMTKU	0,03	N/A	N/A
Operação dos estaleiros de solda				
Solda Elétrica / Aluminotérmica	R$ '000 / solda	0,54	Qtd. de soldas / MTKB	0,19
Manutenção do Material Rodante				
Manutenção - Locomotiva	% sobre Capex das Locomotivas	6,49%	N/A	N/A
Manutenção - Vagão	% sobre Capex dos Vagões	5,90%	N/A	N/A
Manutenção de equipamento ferroviario				
Manutenção - equipamento ferroviario	% sobre Capex dos equipamentos ferroviarios	1,25%	N/A	N/A
Combustível e Lubrificantes				
Combustíveis da frota de locomotivas	R$ '000 / Litro	0,004060	N/A	N/A
Lubrificantes	R$ '000 / Litro	0,012981	N/A	N/A

Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Tabela 73 – Custos operacionais variáveis da Nova FERROESTE.

Custos Operacionais (Nova FERROESTE)	IMPLANTAÇÃO:	Projeto	Fase 01	Fase 02	Fase 03		Fase 04		Demanda plena					
	OPERAÇÃO:	-	-	Lote 01, 02 e 03	Lote 01, 02, 03 e 04		Lote 01, 02, 03, 04 e 05		Lote 01, 02, 03, 04, 05 e 06					
	ANO:	1	7	8	9	10	20	21	22	28	38	48	58	65
VALORES REAIS	Unidade	2.023	2.029	2.030	2.031	2.032	2.042	2.043	2.044	2.050	2.060	2.070	2.080	2.087
CUSTOS OPERACIONAIS VARIÁVEIS	**R$ '000.000**	**-**	**-**	**244,68**	**600,15**	**857,51**	**1.572,41**	**1.592,19**	**1.638,47**	**1.791,16**	**1.907,09**	**1.977,37**	**2.028,24**	**2.056,27**
Manutenção da superestrutura da via														
Substituição de dormentes	R$ '000.000			15,79	26,10	33,57	48,64	49,12	50,09	53,89	57,05	59,04	60,57	61,46
Socaria, Nivelamento e Alinhamento	R$ '000.000			2,46	4,91	7,40	11,50	12,40	12,65	13,61	14,41	14,91	15,29	15,52
Substituição dos trilhos	R$ '000.000			8,19	19,31	27,28	46,29	46,82	47,94	52,15	55,43	57,41	58,84	59,63
Limpeza de lastro	R$ '000.000			0,36	0,87	1,23	2,10	2,12	2,17	2,36	2,51	2,60	2,66	2,70
Esmerilhamento de trilho	R$ '000.000			3,32	7,83	11,06	18,77	18,98	19,44	21,14	22,48	23,28	23,86	24,18
Teste de ultrasom	R$ '000.000			0,72	1,69	2,39	4,05	4,10	4,20	4,57	4,85	5,03	5,15	5,22
Substituição de britas	R$ '000.000			0,36	0,84	1,19	2,02	2,04	2,09	2,27	2,42	2,50	2,56	2,60
Substituição Chave de AMV	R$ '000.000			0,04	0,09	0,13	0,22	0,22	0,23	0,25	0,26	0,27	0,28	0,28
Susbstituição Jacaré	R$ '000.000			0,02	0,05	0,06	0,11	0,11	0,11	0,12	0,13	0,14	0,14	0,14
Substituição AMV	R$ '000.000			0,25	0,61	0,86	1,47	1,48	1,52	1,65	1,76	1,82	1,86	1,89
Operação dos estaleiros de solda														
Solda Elétrica / Aluminotérmica	R$ '000.000			1,42	3,34	4,71	8,00	8,09	8,28	9,01	9,58	9,92	10,18	10,31
Manutenção do Material Rodante														
Manutenção - Locomotiva	R$ '000.000			25,82	61,87	87,74	163,24	165,10	169,57	184,54	195,98	202,86	207,79	210,50
Manutenção - Vagão	R$ '000.000			16,31	40,24	59,36	110,09	111,53	114,49	125,35	134,32	139,67	143,47	145,54
Manutenção do equipamento ferroviário														
Manutenção - equipamento ferroviario	R$ '000.000			2,24	2,70	3,16	3,40	3,63	3,63	3,63	3,63	3,63	3,63	3,63
Combustível e Lubrificantes														
Combustíveis da frota de locomotivas	R$ '000.000			165,8	425,2	610,8	1.141,0	1.154,8	1.190,2	1.303,6	1.388,5	1.440,0	1.477,3	1.497,8
Lubrificantes	R$ '000.000			1,59	4,49	6,56	11,49	11,62	11,91	13,00	13,83	14,32	14,68	14,87

Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

3.11.4 OUTROS CUSTOS

Os custos previstos para esse item tratam-se dos destinados ao Seguro Patrimonial e das Cargas das Operadoras. Para a estimativa de seu valor, utilizou-se a premissa apresentada na *Tabela 74*.

Tabela 74 – Outros custos (premissas).

OUTROS CUSTOS	Unidade	Valor unitário
Seguros		
Seguro Patrimonial e das Cargas das Operadoras	% sobre custos operacionais fixos e variáveis	4,50%

Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Tabela 75 – Outros custos operacionais.

Custos Operacionais (Nova FERROESTE)	IMPLANTAÇÃO:	Projeto	Fase 01	Fase 02	Fase 03		Fase 04		Demanda plena					
	OPERAÇÃO:	-	-	Lote 01, 02 e 03	Lote 01, 02, 03 e 04		Lote 01, 02, 03, 04 e 05		Lote 01, 02, 03, 04, 05 e 06					
	ANO:	1	7	8	9	10	20	21	22	28	38	48	58	65
VALORES REAIS	Unidade	2.023	2.029	2.030	2.031	2.032	2.042	2.043	2.044	2.050	2.060	2.070	2.080	2.087
OUTROS CUSTOS	**R$ '000.000**	**-**	**-**	**16,68**	**34,26**	**47,11**	**81,64**	**82,93**	**85,39**	**92,58**	**98,06**	**101,32**	**103,78**	**105,08**
Seguros	R$ '000.000													
Seguro Patrimonial e das Cargas das Operadoras	R$ '000.000			16,68	34,26	47,11	81,64	82,93	85,39	92,58	98,06	101,32	103,78	105,08

Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

3.11.5 DESPESAS ADMINISTRATIVAS

Os quantitativos e custos com o pessoal administrativo estão representados na *Tabela 76* e na *Tabela 77*, respectivamente. Os salários foram determinados com base nos valores utilizados na Modelagem do Programa de Investimento em Logística (Ferrovias) para os trechos Campinorte/GO - Lucas do Rio Verde/MT da FICO e foram atualizados através do IPCA (Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo) para a data-base de julho de 2021. Os salários dos demais profissionais necessários à operação da ferrovia, mas que não foram especificados no citado estudo, foram determinados com base nos valores utilizados nos Estudos Operacionais do Corredor Ferroviário de Santa Catarina e foram corrigidos através do mesmo índice, conforme *Tabela* 78.

Tabela 76 – Quadro de pessoal administrativo (resumo).

Premissas de Custos Operacionais (Nova FERROESTE)					***IMPLANTAÇÃO:***	***Projeto***	***Fase 01***	***Fase 02***	***Fase 03***		***Fase 04***		***Demanda plena***					
					OPERAÇÃO:	-	-	Lote 01, 02 e 03	Lote 01, 02, 03 e 04				Lote 01, 02, 03, 04, 05 e 06					
					ANO:	***1***	***7***	***8***	***9***	***10***	***20***	***21***	***22***	***28***	***38***	***48***	***58***	***65***
	Custo por unidade da atividade		**Quantidade / Frequência de cada atividade**			*2.023*	*2.029*	*2.030*	*2.031*	*2.032*	*2.042*	*2.043*	*2.044*	*2.050*	*2.060*	*2.070*	*2.080*	*2.087*
DESPESAS GERAIS E ADMINISTRATIVAS	**Unidade**	**Valor unitário**	**Unidade**	**Frequência**														
PESSOAL																		
Gerência de Planejamento, Programação e Controle																		
Gerente de Planejamento, Programação e Controle	R$ '000 /func. / por ano	544,85	# de funcionários	N/A			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Analista de Planejamento e Programação	R$ '000 /func. / por ano	200,44	# de funcionários	N/A			2	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Técnico de Controle	R$ '000 /func. / por ano	107,93	# de funcionários	N/A			2	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Gerência Administrativa																		
Gerente Administrativo	R$ '000 /func. / por ano	544,85	# de funcionários	N/A			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Supervisor Administrativo	R$ '000 /func. / por ano	210,80	# de funcionários	N/A			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Secretária	R$ '000 /func. / por ano	127,93	# de funcionários	N/A			3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Auxiliar Serviços Gerais	R$ '000 /func. / por ano	36,92	# de funcionários	N/A			5	5	5	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Gerência de TI																		
Gerente de TI	R$ '000 /func. / por ano	544,85	# de funcionários	N/A			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Supervisor de TI	R$ '000 /func. / por ano	210,80	# de funcionários	N/A			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Analista de TI	R$ '000 /func. / por ano	200,44	# de funcionários	N/A			2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Gerência de Meio Ambiente																		
Gerente de Meio Ambiente	R$ '000 /func. / por ano	544,85	# de funcionários	N/A			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Supervisor Meio Ambiente	R$ '000 /func. / por ano	210,80	# de funcionários	N/A			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Analista Meio Ambiente	R$ '000 /func. / por ano	200,44	# de funcionários	N/A			2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Técnico Meio Ambiente	R$ '000 /func. / por ano	107,93	# de funcionários	N/A			3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Gerência de Qualidade																		
Gerente de Qualidade	R$ '000 /func. / por ano	544,85	# de funcionários	N/A			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Supervisor de Qualidade	R$ '000 /func. / por ano	210,80	# de funcionários	N/A			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Analista de Qualidade	R$ '000 /func. / por ano	200,44	# de funcionários	N/A			2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Gerência Logística Interna e Segurança Patrimonial																		
Gerente Logística Interna e Segurança Patrimonial	R$ '000 /func. / por ano	544,85	# de funcionários	N/A			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Supervisor Serviço Interno	R$ '000 /func. / por ano	210,80	# de funcionários	N/A			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Operador de Máquinas Leves	R$ '000 /func. / por ano	96,46	# de funcionários	N/A			4	4	4	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Operador Rodo-Ferroviário	R$ '000 /func. / por ano	96,46	# de funcionários	N/A			4	4	4	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Supervisor Segurança Patrimonial	R$ '000 /func. / por ano	210,80	# de funcionários	N/A			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Técnico Segurança Patrimonial	R$ '000 /func. / por ano	107,93	# de funcionários	N/A			5	5	5	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Supervisor CCE	R$ '000 /func. / por ano	210,80	# de funcionários	N/A			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Operador Guindaste Socorro	R$ '000 /func. / por ano	96,46	# de funcionários	N/A			2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Analista CCE	R$ '000 /func. / por ano	200,44	# de funcionários	N/A			3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Plantonista Operacional	R$ '000 /func. / por ano	200,44	# de funcionários	N/A			5	5	5	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Gerência de Suprimentos																		
Gerente de Suprimentos	R$ '000 /func. / por ano	544,85	# de funcionários	N/A			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Supervisor de Suprimentos	R$ '000 /func. / por ano	210,80	# de funcionários	N/A			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Analista de Suprimentos	R$ '000 /func. / por ano	200,44	# de funcionários	N/A			2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Assistente Administrativo Suprimentos	R$ '000 /func. / por ano	141,08	# de funcionários	N/A			2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Gerência Jurídica																		
Gerente Jurídico	R$ '000 /func. / por ano	544,85	# de funcionários	N/A			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Supervisor Jurídico	R$ '000 /func. / por ano	210,80	# de funcionários	N/A			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Analista Jurídico	R$ '000 /func. / por ano	200,44	# de funcionários	N/A			2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Advogado	R$ '000 /func. / por ano	232,72	# de funcionários	N/A			2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Assistente Administrativo Jurídico	R$ '000 /func. / por ano	200,44	# de funcionários	N/A			2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Gerência Financeira																		
Gerente Financeiro	R$ '000 /func. / por ano	544,85	# de funcionários	N/A			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Supervisor Financeiro	R$ '000 /func. / por ano	210,80	# de funcionários	N/A			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Analista de Controle	R$ '000 /func. / por ano	200,44	# de funcionários	N/A			2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Assistente Administrativo Financeiro	R$ '000 /func. / por ano	141,08	# de funcionários	N/A			2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Gerência de RH																		
Gerente de RH	R$ '000 /func. / por ano	544,85	# de funcionários	N/A			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Supervisor de RH	R$ '000 /func. / por ano	210,80	# de funcionários	N/A			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Analista de RH	R$ '000 /func. / por ano	200,44	# de funcionários	N/A			2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Assistente Administrativo RH	R$ '000 /func. / por ano	141,08	# de funcionários	N/A			2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Gerência Comunicação e Marketing																		
Gerente Comunicação e Marketing	R$ '000 /func. / por ano	544,85	# de funcionários	N/A			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Supervisor de Comunicação e Marketing	R$ '000 /func. / por ano	210,80	# de funcionários	N/A			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Analista de Comunicação	R$ '000 /func. / por ano	200,44	# de funcionários	N/A			2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Jornalista	R$ '000 /func. / por ano	200,44	# de funcionários	N/A			2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Gerência Comercial																		
Gerente Comercial	R$ '000 /func. / por ano	544,85	# de funcionários	N/A			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Supervisor Comercial	R$ '000 /func. / por ano	210,80	# de funcionários	N/A			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Analista Comercial	R$ '000 /func. / por ano	200,44	# de funcionários	N/A			2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Analista de Contratos	R$ '000 /func. / por ano	200,44	# de funcionários	N/A			2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Premissas de Custos Operacionais (Nova FERROESTE)					IMPLANTAÇÃO:	Projeto	Fase 01	Fase 02	Fase 03		Fase 04		Demanda plena					
					OPERAÇÃO:	-	-	Lote 01, 02 e 03	Lote 01, 02, 03 e 04				Lote 01, 02, 03, 04, 05 e 06					
					ANO:	1	7	8	9	10	20	21	22	28	38	48	58	65
	Custo por unidade da atividade		Quantidade / Frequência de cada atividade			2.023	2.029	2.030	2.031	2.032	2.042	2.043	2.044	2.050	2.060	2.070	2.080	2.087
DESPESAS GERAIS E ADMINISTRATIVAS	Unidade	Valor unitário	Unidade	Frequência														
PESSOAL																		
Gerência de Auditoria																		
Gerente de Auditoria	R$ '000 /func. / por ano	544,85	# de funcionários	N/A				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Auditor	R$ '000 /func. / por ano	246,70	# de funcionários	N/A				2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3
Diversos																		
Diretor Comercial	R$ '000 /func. / por ano	789,05	# de funcionários	N/A				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Diretor Administrativo-Financeira	R$ '000 /func. / por ano	789,05	# de funcionários	N/A				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Diretor de Planejamento, Programação e Controle	R$ '000 /func. / por ano	789,05	# de funcionários	N/A				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Presidente	R$ '000 /func. / por ano	1.340,37	# de funcionários	N/A				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Tabela 77 – Custos operacionais com pessoal administrativo.

Custos Operacionais (Nova FERROESTE)	IMPLANTAÇÃO:	Projeto	Fase 01	Fase 02	Fase 03		Fase 04		Demanda plena					
	OPERAÇÃO:	-	-	Lote 01, 02 e 03	Lote 01, 02, 03 e 04				Lote 01, 02, 03, 04, 05 e 06					
	ANO:	1	7	8	9	10	20	21	22	28	38	48	58	65
VALORES REAIS	Unidade	2.023	2.029	2.030	2.031	2.032	2.042	2.043	2.044	2.050	2.060	2.070	2.080	2.087
DESPESAS GERAIS E ADMINISTRATIVAS	**R$ '000.000**	**-**	**-**	**24,76**	**25,07**	**25,07**	**29,57**	**29,57**	**29,57**	**29,57**	**29,57**	**29,57**	**29,57**	**29,57**
PESSOAL	**R$ '000.000**													
Gerência de Planejamento, Programação e Controle														
Gerente de Planejamento, Programação e Controle	R$ '000.000			0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
Analista de Planejamento e Programação	R$ '000.000			0,40	0,60	0,60	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Técnico de Controle	R$ '000.000			0,22	0,32	0,32	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43
Gerência Administrativa														
Gerente Administrativo	R$ '000.000			0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
Supervisor Administrativo	R$ '000.000			0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
Secretária	R$ '000.000			0,38	0,38	0,38	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51
Auxiliar Serviços Gerais	R$ '000.000			0,18	0,18	0,18	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26
Gerência de TI														
Gerente de TI	R$ '000.000			0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
Supervisor de TI	R$ '000.000			0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
Analista de TI	R$ '000.000			0,40	0,40	0,40	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Gerência de Meio Ambiente														
Gerente de Meio Ambiente	R$ '000.000			0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
Supervisor Meio Ambiente	R$ '000.000			0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
Analista Meio Ambiente	R$ '000.000			0,40	0,40	0,40	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Técnico Meio Ambiente	R$ '000.000			0,32	0,32	0,32	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43
Gerência de Qualidade														
Gerente de Qualidade	R$ '000.000			0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
Supervisor de Qualidade	R$ '000.000			0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
Analista de Qualidade	R$ '000.000			0,40	0,40	0,40	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Gerência Logística Interna e Segurança Patrimonial														
Gerente Logística Interna e Segurança Patrimonial	R$ '000.000			0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
Supervisor Serviço Interno	R$ '000.000			0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
Operador de Máquinas Leves	R$ '000.000			0,39	0,39	0,39	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58
Operador Rodo-Ferroviário	R$ '000.000			0,39	0,39	0,39	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58
Supervisor Segurança Patrimonial	R$ '000.000			0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
Técnico Segurança Patrimonial	R$ '000.000			0,54	0,54	0,54	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76
Supervisor CCE	R$ '000.000			0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
Operador Guindaste Socorro	R$ '000.000			0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19
Analista CCE	R$ '000.000			0,60	0,60	0,60	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Plantonista Operacional	R$ '000.000			1,00	1,00	1,00	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40

Custos Operacionais (Nova FERROESTE)	IMPLANTAÇÃO:	Projeto	Fase 01	Fase 02	Fase 03		Fase 04		Demanda plena					
	OPERAÇÃO:	-	-	Lote 01, 02 e 03	Lote 01, 02, 03 e 04				Lote 01, 02, 03, 04, 05 e 06					
	ANO:	1	7	8	9	10	20	21	22	28	38	48	58	65
VALORES REAIS	Unidade	2.023	2.029	2.030	2.031	2.032	2.042	2.043	2.044	2.050	2.060	2.070	2.080	2.087
DESPESAS GERAIS E ADMINISTRATIVAS	**R$ '000.000**	**-**	**-**	**24,76**	**25,07**	**25,07**	**29,57**	**29,57**	**29,57**	**29,57**	**29,57**	**29,57**	**29,57**	**29,57**
PESSOAL	**R$ '000.000**													
Gerência de Suprimentos														
Gerente de Suprimentos	R$ '000.000			0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
Supervisor de Suprimentos	R$ '000.000			0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
Analista de Suprimentos	R$ '000.000			0,40	0,40	0,40	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Assistente Administrativo Suprimentos	R$ '000.000			0,28	0,28	0,28	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42
Gerência Jurídica														
Gerente Jurídico	R$ '000.000			0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
Supervisor Jurídico	R$ '000.000			0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
Analista Jurídico	R$ '000.000			0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Advogado	R$ '000.000			0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47
Assistente Administrativo Jurídico	R$ '000.000			0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Gerência Financeira														
Gerente Financeiro	R$ '000.000			0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
Supervisor Financeiro	R$ '000.000			0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
Analista de Controle	R$ '000.000			0,40	0,40	0,40	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Assistente Administrativo Financeiro	R$ '000.000			0,28	0,28	0,28	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42
Gerência de RH														
Gerente de RH	R$ '000.000			0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
Supervisor de RH	R$ '000.000			0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
Analista de RH	R$ '000.000			0,40	0,40	0,40	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Assistente Administrativo RH	R$ '000.000			0,28	0,28	0,28	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42
Gerência Comunicação e Marketing														
Gerente Comunicação e Marketing	R$ '000.000			0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
Supervisor de Comunicação e Marketing	R$ '000.000			0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
Analista de Comunicação	R$ '000.000			0,40	0,40	0,40	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Jornalista	R$ '000.000			0,40	0,40	0,40	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Gerência Comercial														
Gerente Comercial	R$ '000.000			0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
Supervisor Comercial	R$ '000.000			0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
Analista Comercial	R$ '000.000			0,40	0,40	0,40	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Analista de Contratos	R$ '000.000			0,40	0,40	0,40	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Gerência de Auditoria														
Gerente de Auditoria	R$ '000.000			0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
Auditor	R$ '000.000			0,49	0,49	0,49	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74
Diversos														
Diretor Comercial	R$ '000.000			0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79
Diretor Administrativo-Financeira	R$ '000.000			0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79
Diretor de Planejamento, Programação e Controle	R$ '000.000			0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79
Presidente	R$ '000.000			1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34

Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Tabela 78 – Referências de salário para pessoal da administração ferroviária.

CUSTOS OPERACIONAIS FIXOS - PESSOAL	UNIDADE	REFERÊNCIA	
		FICO	CFSC
Gerência de Planejamento, Programação e Controle			
Gerente de Planejamento, Programação e Controle	R$ '000 /func. / por ano	544,85	-
Analista de Planejamento e Programação	R$ '000 /func. / por ano	200,44	-
Técnico de Controle	R$ '000 /func. / por ano	107,93	-
Gerência Administrativa			
Gerente Administrativo	R$ '000 /func. / por ano	544,85	-
Supervisor Administrativo	R$ '000 /func. / por ano	210,80	-
Secretária	R$ '000 /func. / por ano	127,93	-
Auxiliar Serviços Gerais	R$ '000 /func. / por ano	-	36,92
Gerência de TI			
Gerente de TI	R$ '000 /func. / por ano	544,85	-
Supervisor de TI	R$ '000 /func. / por ano	210,80	-
Analista de TI	R$ '000 /func. / por ano	200,44	-
Gerência de Meio Ambiente			
Gerente de Meio Ambiente	R$ '000 /func. / por ano	544,85	-
Supervisor Meio Ambiente	R$ '000 /func. / por ano	210,80	-
Analista Meio Ambiente	R$ '000 /func. / por ano	200,44	-
Técnico Meio Ambiente	R$ '000 /func. / por ano	107,93	-
Gerência de Qualidade			
Gerente de Qualidade	R$ '000 /func. / por ano	544,85	-
Supervisor de Qualidade	R$ '000 /func. / por ano	210,80	-
Analista de Qualidade	R$ '000 /func. / por ano	200,44	-
Gerência Logística Interna e Segurança Patrimonial			
Gerente Logística Interna e Segurança Patrimonial	R$ '000 /func. / por ano	544,85	-
Supervisor Serviço Interno	R$ '000 /func. / por ano	210,80	-
Operador de Máquinas Leves	R$ '000 /func. / por ano	96,46	-
Operador Rodo-Ferroviário	R$ '000 /func. / por ano	96,46	-
Supervisor Segurança Patrimonial	R$ '000 /func. / por ano	210,80	-
Técnico Segurança Patrimonial	R$ '000 /func. / por ano	107,93	-
Supervisor CCE	R$ '000 /func. / por ano	210,80	-
Operador Guindaste Socorro	R$ '000 /func. / por ano	96,46	-
Analista CCE	R$ '000 /func. / por ano	200,44	-
Plantonista Operacional	R$ '000 /func. / por ano	200,44	-
Gerência de Suprimentos			
Gerente de Suprimentos	R$ '000 /func. / por ano	544,85	-
Supervisor de Suprimentos	R$ '000 /func. / por ano	210,80	-
Analista de Suprimentos	R$ '000 /func. / por ano	200,44	-
Assistente Administrativo Suprimentos	R$ '000 /func. / por ano	141,08	-
Gerência Jurídica			
Gerente Jurídico	R$ '000 /func. / por ano	544,85	-

CUSTOS OPERACIONAIS FIXOS - PESSOAL	UNIDADE	REFERÊNCIA	
		FICO	CFSC
Supervisor Jurídico	R$ '000 /func. / por ano	210,80	-
Analista Jurídico	R$ '000 /func. / por ano	200,44	-
Advogado	R$ '000 /func. / por ano	232,72	-
Assistente Administrativo Jurídico	R$ '000 /func. / por ano	200,44	-
Gerência Financeira			
Gerente Financeiro	R$ '000 /func. / por ano	544,85	-
Supervisor Financeiro	R$ '000 /func. / por ano	210,80	-
Analista de Controle	R$ '000 /func. / por ano	200,44	-
Assistente Administrativo Financeiro	R$ '000 /func. / por ano	141,08	-
Gerência de RH			
Gerente de RH	R$ '000 /func. / por ano	544,85	-
Supervisor de RH	R$ '000 /func. / por ano	210,80	-
Analista de RH	R$ '000 /func. / por ano	200,44	-
Assistente Administrativo RH	R$ '000 /func. / por ano	141,08	-
Gerência Comunicação e Marketing			
Gerente Comunicação e Marketing	R$ '000 /func. / por ano	544,85	-
Supervisor de Comunicação e Marketing	R$ '000 /func. / por ano	210,80	-
Analista de Comunicação	R$ '000 /func. / por ano	200,44	-
Jornalista	R$ '000 /func. / por ano	200,44	-
Gerência Comercial			
Gerente Comercial	R$ '000 /func. / por ano	544,85	-
Supervisor Comercial	R$ '000 /func. / por ano	210,80	-
Analista Comercial	R$ '000 /func. / por ano	200,44	-
Analista de Contratos	R$ '000 /func. / por ano	200,44	-
Gerência de Auditoria			
Gerente de Auditoria	R$ '000 /func. / por ano	544,85	-
Auditor	R$ '000 /func. / por ano	246,70	-
Diversos			
Diretor Comercial	R$ '000 /func. / por ano	789,05	-
Diretor Administrativo-Financeira	R$ '000 /func. / por ano	789,05	-
Diretor de Planejamento, Programação e Controle	R$ '000 /func. / por ano	789,05	-
Presidente	R$ '000 /func. / por ano	1.340,37	-

Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

3.11.6 RESUMO DOS CUSTOS

A *Tabela 79* apresenta o resumo dos custos operacionais da Nova FERROESTE ao longo das fases de implantação e após a implantação de todo o traçado ferroviário.

Tabela 79 – Custos operacionais da Nova FERROESTE ao longo das fases de implantação (Resumo).

Custos Operacionais (Nova FERROESTE)	IMPLANTAÇÃO:	Projeto	Fase 01	Fase 02	Fase 03		Fase 04		Demanda plena					
	OPERAÇÃO:	-	-	Lote 01, 02 e 03	Lote 01, 02, 03 e 04		Lote 01, 02, 03, 04 e 05		Lote 01, 02, 03, 04, 05 e 06					
	ANO:	1	7	8	9	10	20	21	22	28	38	48	58	65
VALORES REAIS	Unidade	2.023	2.029	2.030	2.031	2.032	2.042	2.043	2.044	2.050	2.060	2.070	2.080	2.087
Custos Fixos	R$ '000.000	-	-	125,96	161,16	189,35	241,79	250,68	259,09	266,11	272,02	274,25	277,92	278,94
Custos Variáveis	R$ '000.000	-	-	244,68	600,15	857,51	1.572,41	1.592,19	1.638,47	1.791,16	1.907,09	1.977,37	2.028,24	2.056,27
Outros Custos	R$ '000.000	-	-	16,68	34,26	47,11	81,64	82,93	85,39	92,58	98,06	101,32	103,78	105,08
Despesas Gerais e Administrativas	R$ '000.000	-	-	24,76	25,07	25,07	29,57	29,57	29,57	29,57	29,57	29,57	29,57	29,57
Total	**R$ '000.000**	**-**	**-**	**412,09**	**820,65**	**1.119,04**	**1.925,40**	**1.955,37**	**2.012,52**	**2.179,42**	**2.306,74**	**2.382,51**	**2.439,51**	**2.469,86**

Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

3.12 PRINCIPAIS RESULTADOS DO ESTUDO

As tabelas a seguir apresentam o resumo dos principais resultados do estudo. A *Tabela 80* apresenta a produção potencial em tonelada útil e tonelada quilômetro útil e a distância média. A *Tabela 81* apresenta os valores do produto médio da ferrovia e da receita operacional com o transporte da demanda potencial.

Tabela 80 – Produção em Tonelada Útil e Tonelada Quilômetro Útil e Distância Média.

ITEM	2030	2033	2040	2044	2050	2060	2070	2080	2087
TU 10^3	13.117,14	51.684,94	65.877,07	69.722,13	75.672,59	80.176,89	82.895,15	84.819,25	85.847,81
TKU 10^6	6.187,48	33.900,62	44.824,21	47.704,65	52.045,57	55.326,19	57.259,12	58.617,34	59.346,06
DISTÂNCIA MÉDIA (km)	471,71	655,91	680,42	684,21	687,77	690,05	690,74	691,09	691,29

Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Tabela 81 – Produto médio e Receita de Transporte.

ITEM	2030	2033	2040	2044	2050	2060	2070	2080	2087
PRODUTO MÉDIO (R$ / 10^3 TKU)	186,78	164,27	162,08	161,93	161,83	161,97	162,26	162,59	162,83
RECEITA OPERACIONAL (R$ 10^3)	1.155.683,90	5.568.862,91	7.265.021,99	7.724.611,63	8.422.536,53	8.961.377,45	9.290.615,59	9.530.509,55	9.663.208,80

Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

A *Tabela 82* apresenta a velocidade média comercial (VMC) por trecho e por trem-tipo. Percebe-se que majoritariamente os trens do sentido exportação alcançam velocidades superiores às dos trens do sentido de importação, especialmente no trecho V8: Curitiba – Paranaguá, onde os trens de importação precisam vencer um aclive com inclinação de 1,80% (rampa compensada) no trecho da Serra do Mar. Os resultados expressos através da VMC trazem ainda uma compreensão sobre a variação da geomorfologia ao longo do traçado, que vai acentuando-se na medida em que o traçado se aproxima de Paranaguá e é assim retratada pela redução progressiva da velocidade média comercial.

Tabela 82 – Velocidade média comercial por trecho (km/h)

TRECHO		VELOCIDADE MÉDIA COMERCIAL (km/h)					
		GRANELEIRO DE EXPORTAÇÃO	GRANELEIRO DE IMPORTAÇÃO	CONTÊINER DE EXPORTAÇÃO	TANQUE DE EXPORTAÇÃO	TANQUE DE IMPORTAÇÃO	MÉDIA
V1	Maracaju – Amambai	55,06	54,74	57,39	56,37	53,65	**55,44**
V2	Amambai – Guaíra	51,66	48,53	53,24	52,80	49,92	**51,23**
V3	Guaíra – Cascavel	47,45	45,42	48,20	46,61	46,61	**46,86**
V4	Cascavel – Foz do Iguaçu	43,50	48,55	43,72	-	49,08	**46,21**
V5	Cascavel – Guarapuava	34,22	34,80	36,33	34,76	34,00	**34,82**
V6	Guarapuava – Balsa Nova	36,47	32,58	37,66	37,66	35,63	**36,00**
V7	Balsa Nova – Curitiba	34,02	32,56	36,72	36,24	35,32	**34,97**
V8	Curitiba - Paranaguá	30,61	18,90	23,82	27,34	27,43	**25,62**

Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Em seguida, a *Tabela 83* apresenta o tráfego de pares de trens por trecho, onde se pode visualizar a quantidades de pares de trens necessários para escoar a demanda prevista e a capacidade dos trechos. Pode-se então perceber que a capacidade média dos trechos, em todos os anos de projeto, comporta a demanda de trens prevista para o escoamento da carga.

Por fim, da *Tabela 84* até a *Tabela 88* é apresentado o consumo médio de combustível por trecho e por trem-tipo.

Tabela 83 – Tráfego de pares de trens por dia por trecho.

TRECHO		2030		2033		2040		2044		2050		2060		2070		2080		2087	
		NECES.	CAPAC.	NECES.	CAPAC.	NECES.	CAPAC.	NECES.	CAPAC.	NECES.	CAPAC.	NECES.	CAPAC.	NECES.	CAPAC.	NECES.	CAPAC.	NECES.	CAPAC.
V1	Maracaju – Amambai	0,00	0,00	2,34	19,32	3,52	19,32	3,76	19,32	4,06	19,32	4,41	19,32	4,64	19,32	4,82	19,32	4,93	19,32
V2	Amambai – Guaíra	0,00	0,00	4,42	22,43	6,63	22,43	7,08	22,43	7,64	22,43	8,27	22,43	8,66	22,43	8,96	22,43	9,13	22,43
V3	Guaíra – Cascavel	0,00	0,00	5,69	25,00	8,12	25,00	8,64	25,00	9,30	25,00	10,05	25,00	10,53	25,00	10,89	25,00	11,09	25,00
V4	Cascavel – Foz do Iguaçu	0,00	0,00	0,00	00,00	0,00	00,00	0,60	19,53	1,23	19,53	1,27	19,53	1,29	19,53	1,30	19,65	1,31	19,53
V5	Cascavel – Guarapuava	2,09	36,31	9,69	36,57	12,58	36,57	13,45	36,57	14,79	36,57	15,76	36,57	16,35	36,57	16,79	36,57	17,04	36,57
V6	Guarapuava – Balsa Nova	3,38	31,00	12,04	31,55	15,29	31,55	16,20	31,55	17,64	31,55	18,74	31,55	19,41	31,55	19,90	31,55	20,16	31,55
V7	Balsa Nova – Curitiba	8,11	44,98	15,75	45,51	19,15	45,51	20,04	45,51	21,45	45,51	22,76	45,51	23,59	45,51	24,27	45,51	24,68	45,51
V8	Curitiba - Paranaguá	7,80	113,21	14,39	113,21	17,41	113,21	18,18	113,21	19,41	113,21	20,58	113,21	21,31	113,21	21,90	113,21	22,26	113,21

Legenda:
NECES. = NECESSIDADE, considerando o nº de pares de trens por dia da Nova FERROESTE e do direito de passagem.
CAPAC.= CAPACIDADE

Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Tabela 84 – Consumo médio de combustível por trecho – Trem-tipo Graneleiro de Exportação.

TERMINAL	DIST. ENTRE TERMINAIS (km)	TBR (t.bruta rebocada)		TKB (10^3 tkb)		Consumo de Combustível (l)		Indicadores (l/10^3 tkb)						Indicadores (l/km)					
								Trem			Locomotiva			Trem			Locomotiva		
		Carregado	Vazio	Carregado	Vazio	Carregado	Vazio	Carregado	Vazio	Média	Carregado	Vazio	Média	Carregado	Vazio	Média	Carregado	Vazio	Média
MARACAJU	-																		
AMAMBAI	172,43	18.200	3.962	3.138,14	683,15	10.327,36	3.053,44	3,29	4,47	3,50	0,66	0,89	0,70	59,89	17,71	38,80	11,98	3,54	7,76
GUAÍRA	162,20	18.200	3.962	2.952,04	642,64	8.072,00	2.769,28	2,73	4,31	3,02	0,55	0,86	0,60	49,77	17,07	33,42	9,95	3,41	6,68
CASCAVEL	174,27	18.200	3.962	3.171,62	690,44	13.041,19	1.479,65	4,11	2,14	3,76	0,82	0,43	0,75	74,84	8,49	41,66	14,97	1,70	8,33
GUARAPUAVA	231,98	18.200	3.962	4.222,11	919,12	18.762,64	4.160,26	4,44	4,53	4,46	0,89	0,91	0,89	80,88	17,93	49,41	16,18	3,59	9,88
BALSA NOVA	211,08	18.200	3.962	3.841,61	836,29	11.129,83	4.347,78	2,90	5,20	3,31	0,58	1,04	0,66	52,73	20,60	36,66	10,55	4,12	7,33
CURITIBA	84,13	18.200	3.962	1.531,17	333,32	4.639,94	1.303,08	3,03	3,91	3,19	0,61	0,78	0,64	55,15	15,49	35,32	11,03	3,10	7,06
PARANAGUÁ	101,60	18.200	3.962	1.849,09	402,53	2.120,74	4.629,04	1,15	11,50	3,00	0,23	2,30	0,60	20,87	45,56	33,22	4,17	9,11	6,64
FOZ DO IGUAÇU	166,46	14.300	3.113	2.380,32	518,18	12.733,53	1.736,96	5,35	3,35	4,99	1,07	0,67	1,00	76,50	10,43	43,47	15,30	2,09	8,69
TOTAL	1.304,14	17.702,22	3.853,64	23.086,10	5.025,67	80.827,24	23.479,50	3,50	4,67	3,71	0,70	0,93	0,74	61,98	18,00	39,99	12,40	3,60	8,00

Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Tabela 85 – Consumo médio de combustível por trecho – Trem-tipo Graneleiro de Importação.

TERMINAL	DIST. ENTRE TERMINAIS (km)	TBR (t.bruta rebocada)		TKB (10^3 tkb)		Consumo de Combustível (l)		Indicadores (l/10^3 tkb)						Indicadores (l/km)					
								Trem			Locomotiva			Trem			Locomotiva		
		Carregado	Vazio	Carregado	Vazio	Carregado	Vazio	Carregado	Vazio	Média	Carregado	Vazio	Média	Carregado	Vazio	Média	Carregado	Vazio	Média
MARACAJU	-																		
AMAMBAI	172,43	13.260	-	2.286,36	-	7.843,74	-	3,43	-	-	0,69	-	-	45,49	-	-	9,10	-	-
GUAÍRA	162,20	13.260	-	2.150,77	-	7.194,76	-	3,35	-	-	0,67	-	-	44,36	-	-	8,87	-	-
CASCAVEL	174,27	13.260	-	2.310,75	-	3.675,00	-	1,59	-	-	0,32	-	-	21,09	-	-	4,22	-	-
GUARAPUAVA	231,98	13.260	-	3.076,11	-	10.256,62	-	3,33	-	-	0,67	-	-	44,21	-	-	8,84	-	-
BALSA NOVA	211,08	13.260	-	2.798,89	-	10.938,01	-	3,91	-	-	0,78	-	-	51,82	-	-	10,36	-	-
CURITIBA	84,13	13.260	-	1.115,56	-	3.123,51	-	2,80	-	-	0,56	-	-	37,13	-	-	7,43	-	-
PARANAGUÁ	101,60	13.260	-	1.347,19	-	12.786,75	-	9,49	-	-	1,90	-	-	125,86	-	-	25,17	-	-
FOZ DO IGUAÇU	166,46	14.300	3.113	2.380,32	518,18	5.562,34	3.558,00	2,34	6,87	3,15	0,47	1,37	0,63	33,42	21,38	27,40	6,68	4,28	5,48
TOTAL	1.304,14	13.392,74	397,33	17.465,96	518,18	61.380,74	3.558,00	3,51	6,87	3,61	0,70	1,37	0,72	47,07	21,38	24,90	9,41	4,28	4,98

Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Tabela 86 – Consumo médio de combustível por trecho – Trem-tipo Contêiner de Exportação.

TERMINAL	DIST. ENTRE TERMINAIS (km)	TBR (t.bruta rebocada)		TKB (10^3 tkb)		Consumo de Combustível (l)		Indicadores (l/10^3 tkb)						Indicadores (l/km)					
								Trem			Locomotiva			Trem			Locomotiva		
		Carregado	Vazio	Carregado	Vazio	Carregado	Vazio	Carregado	Vazio	Média	Carregado	Vazio	Média	Carregado	Vazio	Média	Carregado	Vazio	Média
MARACAJU	-																		
AMAMBAI	172,43	9.346	2.640	1.611,42	455,20	5.618,40	3.027,89	3,49	6,65	4,18	0,87	1,66	1,05	32,58	17,56	25,07	8,15	4,39	6,27
GUAÍRA	162,20	9.346	2.640	1.515,86	428,21	4.396,68	2.721,53	2,90	6,36	3,66	0,73	1,59	0,92	27,11	16,78	21,94	6,78	4,19	5,49
CASCAVEL	174,27	9.346	2.640	1.628,61	460,06	6.985,49	1.458,83	4,29	3,17	4,04	1,07	0,79	1,01	40,09	8,37	24,23	10,02	2,09	6,06
GUARAPUAVA	231,98	9.346	2.640	2.168,03	612,44	10.233,46	4.041,10	4,72	6,60	5,13	1,18	1,65	1,28	44,11	17,42	30,77	11,03	4,35	7,69
BALSA NOVA	211,08	9.346	2.640	1.972,65	557,24	5.970,57	4.242,89	3,03	7,61	4,04	0,76	1,90	1,01	28,29	20,10	24,19	7,07	5,03	6,05
CURITIBA	84,13	9.346	2.640	786,25	222,10	2.528,87	1.263,64	3,22	5,69	3,76	0,80	1,42	0,94	30,06	15,02	22,54	7,51	3,76	5,63
PARANAGUÁ	101,60	9.346	2.640	949,50	268,22	1.176,80	4.365,11	1,24	16,27	4,55	0,31	4,07	1,14	11,58	42,96	27,27	2,90	10,74	6,82
FOZ DO IGUAÇU	166,46	8.666	2.448	1.442,49	407,48	7.642,72	1.546,31	5,30	3,79	4,97	1,77	1,26	1,66	45,91	9,29	27,60	15,30	3,10	9,20
TOTAL	1.304,14	9.258,85	2.615,49	12.074,80	3.410,96	44.552,97	22.667,29	3,69	6,65	4,34	0,74	1,33	0,87	34,16	17,38	25,77	6,83	3,48	5,15

Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Tabela 87 – Consumo médio de combustível por trecho – Trem-tipo Tanque de Exportação.

TERMINAL	DIST. ENTRE TERMINAIS (km)	TBR (t.bruta rebocada)		TKB (10^3 tkb)		Consumo de Combustível (l)		Indicadores (l/10^3 tkb)						Indicadores (l/km)					
								Trem			Locomotiva			Trem			Locomotiva		
		Carregado	Vazio	Carregado	Vazio	Carregado	Vazio	Carregado	Vazio	Média	Carregado	Vazio	Média	Carregado	Vazio	Média	Carregado	Vazio	Média
MARACAJU	-																		
AMAMBAI	172,43	14.560	3.612	2.510,51	622,80	8.261,89	2.584,13	3,29	4,15	3,46	0,82	1,04	0,87	47,92	14,99	31,45	11,98	3,75	7,86
GUAÍRA	162,20	14.560	3.612	2.361,63	585,87	6.457,60	2.290,46	2,73	3,91	2,97	0,68	0,98	0,74	39,81	14,12	26,97	9,95	3,53	6,74
CASCAVEL	174,27	14.560	3.612	2.537,30	629,45	10.447,59	1.287,89	4,12	2,05	3,71	1,03	0,51	0,93	59,95	7,39	33,67	14,99	1,85	8,42
GUARAPUAVA	231,98	14.560	3.612	3.377,69	837,93	15.055,75	3.507,77	4,46	4,19	4,40	1,11	1,05	1,10	64,90	15,12	40,01	16,22	3,78	10,00
BALSA NOVA	211,08	14.560	3.612	3.073,29	762,41	8.763,79	3.558,76	2,85	4,67	3,21	0,71	1,17	0,80	41,52	16,86	29,19	10,38	4,21	7,30
CURITIBA	84,13	14.560	3.612	1.224,93	303,88	3.711,92	1.054,87	3,03	3,47	3,12	0,76	0,87	0,78	44,12	12,54	28,33	11,03	3,13	7,08
PARANAGUÁ	101,60	14.560	3.612	1.479,27	366,97	1.703,74	3.731,35	1,15	10,17	2,94	0,29	2,54	0,74	16,77	36,73	26,75	4,19	9,18	6,69
TOTAL	1.137,68	14.560,00	3.612,00	16.564,62	4.109,30	54.402,29	18.015,23	3,28	4,38	3,50	0,82	1,10	0,88	47,82	15,84	31,83	11,95	3,96	7,96

Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

Tabela 88 – Consumo médio de combustível por trecho – Trem-tipo Tanque de Importação.

TERMINAL	DIST. ENTRE TERMINAIS (km)	TBR (t.bruta rebocada)		TKB (10^3 tkb)		Consumo de Combustível (l)		Indicadores (l/10^3 tkb)						Indicadores (l/km)					
								Trem			Locomotiva			Trem			Locomotiva		
		Carregado	Vazio	Carregado	Vazio	Carregado	Vazio	Carregado	Vazio	Média	Carregado	Vazio	Média	Carregado	Vazio	Média	Carregado	Vazio	Média
MARACAJU	-																		
AMAMBAI	172,43	13.260	3.290	2.286,36	567,19	8.715,27	2.107,08	3,81	3,71	3,79	0,76	0,74	0,76	50,55	12,22	31,38	10,11	2,44	6,28
GUAÍRA	162,20	13.260	3.290	2.150,77	533,56	7.994,18	1.657,16	3,72	3,11	3,60	0,74	0,62	0,72	49,29	10,22	29,75	9,86	2,04	5,95
CASCAVEL	174,27	13.260	3.290	2.310,75	573,24	4.083,34	2.683,68	1,77	4,68	2,35	0,35	0,94	0,47	23,43	15,40	19,42	4,69	3,08	3,88
GUARAPUAVA	231,98	13.260	3.290	3.076,11	763,11	11.396,24	3.917,66	3,70	5,13	3,99	0,74	1,03	0,80	49,13	16,89	33,01	9,83	3,38	6,60
BALSA NOVA	211,08	13.260	3.290	2.798,89	694,34	12.153,34	2.270,65	4,34	3,27	4,13	0,87	0,65	0,83	57,58	10,76	34,17	11,52	2,15	6,83
CURITIBA	84,13	13.260	3.290	1.115,56	276,75	3.470,57	994,07	3,11	3,59	3,21	0,62	0,72	0,64	41,25	11,82	26,53	8,25	2,36	5,31
PARANAGUÁ	101,60	13.260	3.290	1.347,19	334,21	12.787,37	461,69	9,49	1,38	7,88	1,90	0,28	1,58	125,86	4,54	65,20	25,17	0,91	13,04
FOZ DO IGUAÇU	166,46	13.260	3.290	2.207,21	547,56	5.562,34	3.390,14	2,52	6,19	3,25	0,50	1,24	0,65	33,42	20,37	26,89	6,68	4,07	5,38
TOTAL	1.304,14	13.260,00	3.289,50	17.292,84	4.289,96	66.162,65	17.482,13	3,83	4,08	3,88	1,28	1,36	1,29	50,73	13,41	32,07	16,91	4,47	10,69

Fonte: Elaborado pelo Consórcio TPF-SENER.

4 REFERÊNCIAS

BRASIL. Agência Nacional de Transportes Terrestres. **Deliberação ANTT nº 32**, de 02 de fevereiro de 2021. Diário Oficial da União, seção 1, Brasília, DF, 2021.

_____. Agência Nacional de Transportes Terrestres. **Deliberação ANTT nº 177**, de 14 de maio de 2021. Diário Oficial da União, seção 1, Brasília, DF, 2021.

_____. Ministério dos Transportes. GEIPOT. **Estudo de Plano Diretor para Unificação de Bitolas – 1975**.

_____. Ministério dos Transportes. VALEC Engenharia, Construções e Ferrovias S/A. **Estudo de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental, Ferrovia: EF - 151/SP/PR/SC/RS (Ferrovia Norte – Sul), Relatório Final.** Dezembro de 2015.

GREENBRIEN MAXION. **Boletim Técnico HPE Vagão Hopper**. Disponível em: <https://gbmx.com.br/wp-content/uploads/2017/10/GBM_013_laminas_hpe-1.pdf> Acesso em: 03 de maio de 2021.

_____. **Boletim Técnico HTT Vagão Hopper**. Disponível em: <https://gbmx.com.br/wp-content/uploads/2017/10/GBM_013_laminas_htt-1.pdf> Acesso em: 03 de maio de 2021.

_____. **Boletim Técnico PET Vagão Plataforma**. Disponível em: <https://gbmx.com.br/wp-content/uploads/2017/10/GBM_013_laminas_pet-1.pdf> Acesso em: 03 de maio de 2021.

_____. **Boletim Técnico PRT Vagão Double-Stack**. Disponível em: <https://gbmx.com.br/wp-content/uploads/2017/10/GBM_013_laminas_prt-1.pdf> Acesso em: 03 de maio de 2021.

_____. **Boletim Técnico TCE Vagão Tanque**. Disponível em: <https://gbmx.com.br/wp-content/uploads/2017/10/GBM_013_laminas_tce-1.pdf> Acesso em: 03 de maio de 2021.

_____. **Boletim Técnico TCT Vagão Tanque**. Disponível em: <https://gbmx.com.br/wp-content/uploads/2017/10/GBM_013_laminas_tct-1.pdf> Acesso em: 03 de maio de 2021.

PORTO, Telmo Giolito. **PTR 2501 – Ferrovias**. Departamento de Engenharia de Transportes da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2004. Disponível em: <http://files.labtopope.webnode.com/200000811-987fc9a724/APOSTILA_PTR_2501_FERROVIA_USP_2004.pdf> Acesso em: 10 maio 2021.