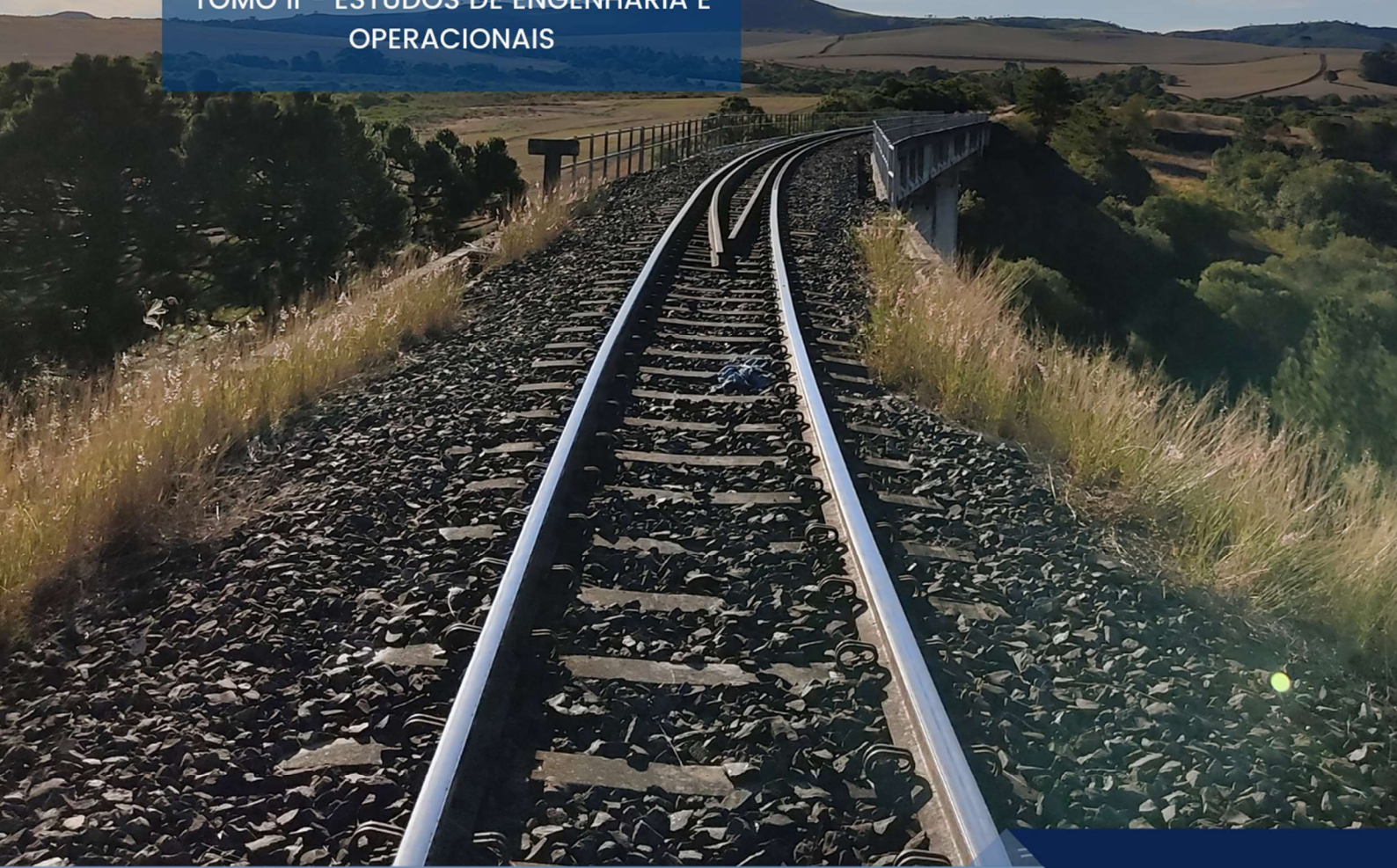


FASE 03: CONSOLIDAÇÃO DO EVTE

RELATÓRIO FINAL

VOLUME 1 – RELATÓRIO DE PROJETO

TOMO II – ESTUDOS DE ENGENHARIA E
OPERACIONAIS



EVTE

Estudo de Viabilidade Técnica e
Econômica do Ramal Ferroviário entre
Cascavel (PR) e Chapecó (SC)



EQUIPE DE TRABALHO

ANDRÉ JABIR ASSUMPÇÃO

Responsável Técnico

PAULO DE SOUZA GONÇALVES JÚNIOR

Coordenador Geral

AINOAN DO NASCIMENTO PEREIRA DINIZ

Coordenadora do Estudo de Demanda, Avaliação Financeira e Socioeconômica

THIAGO HENRIQUE DE MORAES DANTAS

Coordenador do Estudo de Traçado e Soluções de Projeto

KÁTIA CATARINA PEREIRA CAVALCANTI

Coordenadora dos Estudos Operacionais

**AMANDA NUNES BASTISTA, ARTUR FONSECA MACIEL, LETÍCIA PESSOA
DE SOUZA BARROS, LUIZ PAULO CARDOSO BEZERRA, MARIA EDUARDA
ESTEVES NEVES, MARIANNE BRESOLIN SANTIAGO**

Membros de Equipe

CONSULTORES

RENATO ZANETTI GODOI

HOMERO NEVES



EPF
ENGENHARIA

FINANCIADORES DO ESTUDO

As seguintes entidades foram responsáveis pelo financiamento do presente Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica do Ramal Ferroviário entre Cascavel (PR) e Chapecó (SC).



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL (ABPA)



ASSOCIAÇÃO COMERCIAL E INDUSTRIAL DE CHAPECÓ (ACIC CHAPECÓ)



CENTRO EMPRESARIAL DE CHAPECÓ (CEC)



FEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO ESTADO DE SANTA CATARINA (FAESC)



FEDERAÇÃO DAS ASSOCIAÇÕES EMPRESARIAIS DE SANTA CATARINA (FACISC)



FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SANTA CATARINA (FIESC)



ORGANIZAÇÃO DAS COOPERATIVAS DO ESTADO DE SANTA CATARINA (OCESC)



SINDICATO DA INDÚSTRIA DE CARNES E DERIVADOS NO ESTADO DE SANTA CATARINA (SINDICARNE)

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS
ABPA	ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL
ACIC	ASSOCIAÇÃO COMERCIAL E INDUSTRIAL DE CHAPECÓ
ADME	ÁREA DE DEPÓSITO DE MATERIAL EXCEDENTE
AMV	APARELHO DE MUDANÇA DE VIA
ANA	AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS
ANATEL	AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES
ANTT	AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES
AREA	AMERICAN RAILWAY ENGINEERING ASSOCIATION
ASTM	AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS
BDI	BONIFICAÇÃO POR DESPESAS INDIRETAS
BHO	BASE HIDROGRÁFICA OTTOCODIFICADA
BTS	BASE TRANSCEIVER STATIONS
BTTC	BUEIRO TRIPO TUBULAR DE CONCRETO
CAPEX	CAPITAL EXPENDITURE
CBR	CALIFORNIA BEARING RATIO
CBUQ	CONCRETO BETUMINOSO USINADO A QUENTE
CCO	CENTRO DE CONTROLE OPERACIONAL
CEC	CENTRO EMPRESARIAL DE CHAPECÓ
CEF	CAIXA ECONÔMICA FEDERAL
CEHOP	COMPANHIA ESTADUAL DE HABITAÇÃO E OBRAS PÚBLICAS DO ESTADO DE SERGIPE
CERH/PR	CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS DO PARANÁ
CN	CURVE NUMBER
CONAMA	CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE
CONT	CONTÊINER
CPOS	COMPANHIA PAULISTA DE OBRAS E SERVIÇOS
CPRB	CONTRIBUIÇÃO PREVIDENCIÁRIA SOBRE A RENDA BRUTA

CREA	CONSELHO REGIONAL DE ENGENHARIA E AGRONOMIA
CTC	CONTROLE DE TRÁFEGO CENTRALIZADO
DER	DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
DHP	DRENO SUB-HORIZONTAL PROFUNDO
DIN	DEUTSCHE INDUSTRIE NORMEN
DMT	DISTÂNCIA MÉDIA DE TRANSPORTES
DNIT	DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTE
EMABASA	EMPRESA BAIANA DE ÁGUAS E SANEAMENTO
EMBRAPA	EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA
EPI	EQUIPAMENTO DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL
ETE	ESTAÇÕES COMPACTAS DE TRATAMENTO DE EFLUENTES
EVTE	ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA
EVTEA-J	ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICO-OPERACIONAL, ECONÔMICO-FINANCEIRA, AMBIENTAL E JURÍDICO
FACISC	FEDERAÇÃO DAS ASSOCIAÇÕES EMPRESARIAIS DE SANTA CATARINA
FAESC	FEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO ESTADO DE SANTA CATARINA
FHWA	FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION
FIESC	FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SANTA CATARINA
FISPQ	FICHA DE INFORMAÇÕES DE SEGURANÇA DE PRODUTO QUÍMICO
GSA	GRANEL SÓLIDO AGRÍCOLA
HST	MÉTODO DO HIDROGRAMA SINTÉTICO TRIANGULAR
HUT	MÉTODO DO HIDROGRAMA UNITÁRIO TRIANGULAR
IBGE	INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA
IDF	INTENSIDADE DURAÇÃO E FREQUÊNCIA
INSS	INSTITUTO NACIONAL DO SEGURO SOCIAL
IPR	INSTITUTO DE PESQUISAS RODOVIÁRIAS
NBR	NORMA TÉCNICA
OAE	OBRAS DE ARTES ESPECIAIS
OCESC	ORGANIZAÇÃO DAS COOPERATIVAS DO ESTADO DE SANTA CATARINA
ORSE	ORÇAMENTO DE OBRAS DE SERGIPE

PR	ESTADO DO PARANÁ
PVC	POLICLORETO DE VINILA
SC	ESTADO DE SANTA CATARINA
SICFER	SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS FERROVIÁRIOS
SICRO	SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAS DE OBRAS
SINAPI	SISTEMA NACIONAL DE PREÇOS E ÍNDICES
SINDICARNE	SINDICATO DA INDÚSTRIA DE CARNES E DERIVADOS NO ESTADO DE SANTA CATARINA
SMA	STONE MATRIX ASPHALT
TB	TONELADA BRUTA
TCS	TRILHO CONTÍNUO SOLDADO
THP	TREM HORA PARADA
TKB	TONELADA QUILOMETRO BRUTA
TKU	TONELADA QUILOMETRO ÚTIL
TLS	TRILHOS LONGOS SOLDADOS
TSD	TRATAMENTO SUPERFICIAL DUPLO
TU	TONELADA ÚTIL
UIC	UNION INTERNATIONALE DE CHEMIN DE FER
VMA	VELOCIDADE MÁXIMA AUTORIZADA

LISTA DE TABELAS

<i>Tabela 1 – Análise estatística de vazões máximas.....</i>	<i>26</i>
<i>Tabela 2 – Características técnicas da via permanente.....</i>	<i>27</i>
<i>Tabela 3 – Padronização dos raios.....</i>	<i>28</i>
<i>Tabela 4 – Resumo das características geométricas – Quantidade de curvas horizontais por raios.....</i>	<i>29</i>
<i>Tabela 5 – Resumo das características geométricas – Extensão em curva.....</i>	<i>29</i>
<i>Tabela 6 – Resumo das características geométricas verticais – Aclives/declives</i>	<i>29</i>
<i>Tabela 7 – Localização dos Pátios de Cruzamento.....</i>	<i>30</i>
<i>Tabela 8 – Resumo do volume de terraplenagem homogeneizado</i>	<i>33</i>
<i>Tabela 9 – Volume de terraplenagem por categoria de material.....</i>	<i>33</i>
<i>Tabela 10 – Fatores de empolamento e contração conforme categoria do material.....</i>	<i>38</i>
<i>Tabela 11 – Dados de localização e geometria das contenções de corte</i>	<i>39</i>
<i>Tabela 12 – Dados de localização e geometria das contenções de aterro.....</i>	<i>41</i>
<i>Tabela 13 – Resumo dos bueiros.....</i>	<i>43</i>
<i>Tabela 14 – Quantidade de dissipadores de energia</i>	<i>44</i>
<i>Tabela 15 – Bacias hidrográficas onde haverá existência de pontes.....</i>	<i>45</i>
<i>Tabela 16 – Tipologia das OAES ferroviárias e rodoviárias.....</i>	<i>48</i>
<i>Tabela 17 – Localização e extensão dos viadutos ferroviários.....</i>	<i>49</i>
<i>Tabela 18 – Localização e extensão das pontes.....</i>	<i>50</i>
<i>Tabela 19 – Dados de localização e extensão dos túneis.....</i>	<i>50</i>
<i>Tabela 20 – Parâmetros do Trem-tipo.</i>	<i>52</i>
<i>Tabela 21 – Especificações da Superestrutura</i>	<i>53</i>
<i>Tabela 22 – Extensão dos viadutos rodoviários</i>	<i>54</i>
<i>Tabela 23 – Obras complementares</i>	<i>55</i>
<i>Tabela 24 – Áreas de desapropriação.....</i>	<i>57</i>
<i>Tabela 25 – Quantitativos dos equipamentos dos sistemas de controle e sinalização da via</i>	<i>60</i>
<i>Tabela 26 – Quantitativos dos equipamentos do sistema de telecomunicações.....</i>	<i>62</i>
<i>Tabela 27 – Potência demandada da subestação.....</i>	<i>62</i>
<i>Tabela 28 – Previsão de Implantação do Ramal.</i>	<i>65</i>
<i>Tabela 29 – Tabelas de referência para os custos dos insumos.....</i>	<i>102</i>
<i>Tabela 30 – Planilha de custos da Ferrovia Norte Sul: Trecho Panorama/SP – Chapecó/SC – data-base: maio/14.</i>	<i>103</i>
<i>Tabela 31 – Índices de Reajustamento de Obras Portuárias.....</i>	<i>103</i>
<i>Tabela 32 – Planilha de custos do Corredor Ferroviário de Santa Catarina – data-base: abr/19.</i>	<i>104</i>
<i>Tabela 33 – Índices de Reajustamento de Obras Rodoviárias.....</i>	<i>104</i>
<i>Tabela 34 – Cálculo do BDI conforme OFÍCIO-CIRCULAR Nº 4746/2019/ACE – DPP/DPP/DNIT SEDE.....</i>	<i>105</i>
<i>Tabela 35 – Insumos que integram os serviços para execução da via permanente.</i>	<i>106</i>
<i>Tabela 36 – DMTs para o Trecho Cascavel – Chapecó.</i>	<i>107</i>
<i>Tabela 37 – Resumo Comparativo.</i>	<i>107</i>
<i>Tabela 38 – Demanda total por produto em TU.</i>	<i>124</i>
<i>Tabela 39 – Distância entre pátios de carga.....</i>	<i>124</i>
<i>Tabela 40 – Demanda total por produto em TKU.</i>	<i>125</i>
<i>Tabela 41 – Frete ferroviário a preço de mercado.</i>	<i>128</i>
<i>Tabela 42 – Frete ferroviário a preço de mercado – Valores ajustados em função da conversão de unidades e do desconto de 10%.</i>	<i>129</i>
<i>Tabela 43 – Receita Total do Ramal Cascavel Chapecó (considerando valor 2021 da ANTT com 10% de desconto para o frete ferroviário) – RESUMO</i>	<i>131</i>

<i>Tabela 44 – Receita do Ramal Cascavel-Chapecó com o frete ferroviário por Tipo de carga/Vagão proveniente dos fluxos cativos - RESUMO.....</i>	<i>131</i>
<i>Tabela 45 – Características técnicas da via permanente.....</i>	<i>132</i>
<i>Tabela 46 – Características básicas da locomotiva.....</i>	<i>135</i>
<i>Tabela 47 – Consumo de combustível da locomotiva AC44i por ponto.</i>	<i>136</i>
<i>Tabela 48 – Vagões utilizados por tipo de carga.</i>	<i>139</i>
<i>Tabela 49 - Características básicas dos vagões considerados.</i>	<i>139</i>
<i>Tabela 50 – Características básicas contêiner high cube – 40'.</i>	<i>140</i>
<i>Tabela 51 – Trens-tipo adotados para a simulação operacional.</i>	<i>140</i>
<i>Tabela 52 – Demanda de cargas e fluxo de vagão por sentido - Trem-tipo 01.....</i>	<i>141</i>
<i>Tabela 53 – Demanda de cargas e fluxo de vagão por sentido - Trem-tipo 02.....</i>	<i>142</i>
<i>Tabela 54 – Resumo dos trens-tipo considerados.....</i>	<i>143</i>
<i>Tabela 55 – Taxa de resistência de cada vagão.</i>	<i>148</i>
<i>Tabela 56 – Resistência total de cada vagão.</i>	<i>148</i>
<i>Tabela 57 – Taxa de resistência da locomotiva.....</i>	<i>149</i>
<i>Tabela 58 – Plano de vias.....</i>	<i>155</i>
<i>Tabela 59 – Curva de potência para diferentes trações da locomotiva AC44i.....</i>	<i>161</i>
<i>Tabela 60 – Capacidade da via no ano 2087 (expressa em nº de pares de trens por dia).</i>	<i>165</i>
<i>Tabela 61 – Sazonalidade por produto.</i>	<i>167</i>
<i>Tabela 62 – Tempo de carregamento e descarregamento por tipo de vagão.</i>	<i>167</i>
<i>Tabela 63 – Premissas para o cálculo da frota de material rodante.</i>	<i>167</i>
<i>Tabela 64 – Resumo da frota comercial por ano de operação.</i>	<i>169</i>
<i>Tabela 65 – Quantitativos dos equipamentos dos sistemas de controle e sinalização da via.....</i>	<i>173</i>
<i>Tabela 66 – Quantitativos dos equipamentos do sistema de telecomunicações.....</i>	<i>175</i>
<i>Tabela 67 – Potência demandada da subestação.....</i>	<i>175</i>
<i>Tabela 68 – Custo de aquisição de material rodante – sem reinvestimento.....</i>	<i>178</i>
<i>Tabela 69 – Custos dos Sistemas Ferroviários.....</i>	<i>179</i>
<i>Tabela 70 – Índice de reajustamento.</i>	<i>181</i>
<i>Tabela 71 – Quadro de pessoal operacional (resumo).....</i>	<i>182</i>
<i>Tabela 72 – Custos com pessoal operacional.....</i>	<i>183</i>
<i>Tabela 73 – Referências de salário para pessoal da operação ferroviária.....</i>	<i>184</i>
<i>Tabela 74 – Premissas dos custos fixos de manutenção.....</i>	<i>186</i>
<i>Tabela 75 – Custos fixos de manutenção (resumo).....</i>	<i>186</i>
<i>Tabela 76 – Custos operacionais variáveis (premissas).</i>	<i>188</i>
<i>Tabela 77 – Custos operacionais variáveis.....</i>	<i>188</i>
<i>Tabela 78 – Outros custos (premissas).....</i>	<i>189</i>
<i>Tabela 79 – Outros custos operacionais.</i>	<i>189</i>
<i>Tabela 80 – Custos operacionais do Ramal Cascavel – Chapecó (Resumo).</i>	<i>191</i>
<i>Tabela 81 – Correlação entre as fases e lotes de implantação da Nova FERROESTE.....</i>	<i>192</i>
<i>Tabela 82 – Cenários analisados.</i>	<i>192</i>
<i>Tabela 83 – Cronograma de implantação dos três cenários avaliados.....</i>	<i>193</i>
<i>Tabela 84 – OPEX – Cenário 1.</i>	<i>195</i>
<i>Tabela 85 – OPEX – Cenário 2.</i>	<i>196</i>
<i>Tabela 86 – OPEX – Cenário 3.</i>	<i>197</i>
<i>Tabela 87 – OPEX total (Nova FERROESTE + Ramal Chapecó) para os três cenários avaliados.....</i>	<i>198</i>
<i>Tabela 88 – Receita – Cenário 1.</i>	<i>199</i>
<i>Tabela 89 – Receita – Cenário 2.....</i>	<i>199</i>
<i>Tabela 90 – Receita – Cenário 3.....</i>	<i>200</i>

<i>Tabela 91 – Receita total (Nova FERROESTE + Ramal Chapecó) para os três cenários avaliados.</i>	<i>200</i>
---	------------

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1 – Mapa de Situação</i>	<i>15</i>
<i>Figura 2 – Mapa Geológico com indicação do traçado.....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 3 – Mapa Geomorfológico com indicação do traçado.....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 4 – Mapa Pedológico com indicação do traçado</i>	<i>20</i>
<i>Figura 5 – Mapa da Suscetibilidade a Processos Erosivos.....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 6 – Curve Number: Médias por Ottobacias.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 7 – Mapa das Bacias Contribuintes.....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 8 – Esquema dos Pátios de Cruzamento</i>	<i>30</i>
<i>Figura 9 – Localização dos pátios de cruzamento.....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 10 – Seção Tipo de Corte em Solo</i>	<i>35</i>
<i>Figura 11 – Seção Tipo de Corte em Rocha.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 12 – Seção Tipo de Aterro</i>	<i>37</i>
<i>Figura 13 – Seção transversal e características da contenção em cortina atirantada.</i>	<i>39</i>
<i>Figura 14 – Seção transversal e características da contenção em cortina atirantada.</i>	<i>39</i>
<i>Figura 15 – Seção transversal e características da solução em solo reforçado</i>	<i>42</i>
<i>Figura 16 – Elevação e disposição do solo reforçado no terreno.....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 17 - Seção OAE ferroviária típica.....</i>	<i>48</i>
<i>Figura 18 - Seção OAE rodoviária típica.....</i>	<i>48</i>
<i>Figura 19 - Modelo típico de dormente monobloco de bitola larga.....</i>	<i>52</i>
<i>Figura 20 – Faixa de domínio para via simples</i>	<i>56</i>
<i>Figura 21 – Faixa de domínio para linhas duplas.....</i>	<i>56</i>
<i>Figura 22 – Cronograma físico</i>	<i>66</i>
<i>Figura 23 – Exemplo de canteiro se superestrutura de grande porte.</i>	<i>95</i>
<i>Figura 24 – Fluxograma das atividades do estudo operacional.....</i>	<i>121</i>
<i>Figura 25 – Critério de segurança: forças atuantes.</i>	<i>133</i>
<i>Figura 26 – Critério de conforto: forças atuantes.</i>	<i>134</i>
<i>Figura 27 – Curva do esforço de tração.</i>	<i>137</i>
<i>Figura 28 – Curva de frenagem dinâmica.</i>	<i>138</i>
<i>Figura 29 – Localização dos pátios de cruzamento.....</i>	<i>155</i>
<i>Figura 30 - Tela do software SimulaFFCC (1)</i>	<i>157</i>
<i>Figura 31 - Tela do software SimulaFFCC (2)</i>	<i>158</i>
<i>Figura 32 – Interpretação da curva do esforço de tração.....</i>	<i>162</i>
<i>Figura 33 – Tempo total de locomotivas e vagões.....</i>	<i>166</i>
<i>Figura 34 – Número de locomotivas dia.</i>	<i>166</i>
<i>Figura 35 – Número total de vagões e locomotivas.....</i>	<i>166</i>
<i>Figura 36 – OPEX total (Nova FERROESTE + Ramal Chapecó) para os três cenários avaliados.</i>	<i>198</i>
<i>Figura 37 – Receita total (Nova FERROESTE + Ramal Chapecó) para os três cenários avaliados.....</i>	<i>200</i>

SUMÁRIO

1	APRESENTAÇÃO	14
2	MAPA DE SITUAÇÃO	15
3	RELATÓRIO DE ESTUDOS DE SOLUÇÕES DE PROJETO	16
3.1	INTRODUÇÃO.....	17
3.2	ESTUDO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS.....	18
3.2.1	GEOLOGIA	18
3.2.2	GEOMORFOLOGIA.....	18
3.2.3	PEDOLOGIA	19
3.2.4	SUSCETIBILIDADE A PROCESSOS EROSIVOS.....	20
3.3	ESTUDO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICOS	22
3.3.1	ASPECTOS GERAIS HIDROLÓGICOS.....	22
3.3.2	DETERMINAÇÃO DAS VAZÕES.....	25
3.4	TRAÇADO GEOMÉTRICO	27
3.4.1	CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DO TRAÇADO.....	29
3.4.2	PÁTIOS DE CRUZAMENTO	30
3.5	TERRAPLENAGEM	32
3.5.1	QUANTIFICAÇÃO DO MATERIAL DE ESCAVAÇÃO E ATERRO	32
3.5.2	CLASSIFICAÇÃO DE MATERIAIS POR CATEGORIA DE ESCAVAÇÃO.....	38
3.5.3	CONTENÇÃO DE CORTES	38
3.5.4	CONTENÇÃO DE ATERROS.....	40
3.6	DRENAGEM E OBRAS DE ARTES CORRENTES	43
3.6.1	BUEIROS	43
3.6.2	PONTES.....	44
3.6.3	DRENAGEM SUPERFICIAL	45
3.7	OBRA DE ARTES ESPECIAIS	47
3.7.1	PONTES E VIADUTOS	47
3.7.2	TÚNEIS.....	50
3.8	SUPERESTRUTURA FERROVIÁRIA.....	52
3.9	INTERFERÊNCIAS.....	54
3.10	OBRAS COMPLEMENTARES	55
3.11	FAIXA DE DOMÍNIO	56
3.12	SISTEMA DE SINALIZAÇÃO, TELECOMUNICAÇÃO E ENERGIA.....	58
3.12.1	SISTEMA DE LICENCIAMENTO.....	58
3.12.2	SISTEMAS DE SINALIZAÇÃO.....	58
3.12.3	SISTEMAS DE TELECOMUNICAÇÕES.....	61
3.12.4	SISTEMA DE ENERGIA	62
3.12.5	CENTRO DE CONTROLE OPERACIONAL (CCO)	63
3.13	PLANO DE EXECUÇÃO DAS OBRAS	65
3.13.1	APRESENTAÇÃO	65
3.13.2	CONDIÇÕES LOCAIS DE IMPLANTAÇÃO DOS TRECHOS FERROVIÁRIOS	65
3.13.3	PLANEJAMENTO EXECUTIVO	65
3.13.4	PRINCIPAIS MÉTODOS CONSTRUTIVOS PROPOSTOS	70
3.13.5	LOGÍSTICA E APOIO	93
3.13.6	CANTEIRO DE SERVIÇOS.....	94
3.14	ORÇAMENTO	102

3.14.1	METODOLOGIA	102
3.14.2	DATA-BASE E REAJUSTAMENTO	102
3.14.3	BONIFICAÇÃO POR DESPESAS INDIRETAS - BDI	105
3.14.4	DISTÂNCIAS MÉDIAS DE TRANSPORTES.....	106
3.14.5	CONDIÇÕES DESONERADA E SEM DESONERAÇÃO	107
3.14.6	ORÇAMENTO.....	108
4	RELATÓRIO DE ESTUDOS OPERACIONAIS.....	120
4.1	INTRODUÇÃO.....	121
4.2	ANÁLISE DA DEMANDA.....	123
4.2.1	<i>Demandas Previstas</i>	<i>123</i>
4.2.2	<i>Matriz de Distâncias.....</i>	<i>123</i>
4.2.3	<i>Produção Prevista.....</i>	<i>123</i>
4.3	RECEITA OPERACIONAL	126
4.3.1	<i>Receita de Frete e Direito de Passagem</i>	<i>126</i>
4.3.2	<i>Outras Receita</i>	<i>130</i>
4.3.3	<i>Receita Total.....</i>	<i>130</i>
4.4	CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E OPERACIONAL DA FERROVIA.....	132
4.4.1	<i>Características Geométricas da Via.....</i>	<i>132</i>
4.4.2	<i>Características Geométricas Limitantes.....</i>	<i>133</i>
4.4.3	<i>Características Básicas do Material Rodante.....</i>	<i>135</i>
4.4.4	<i>Trens-Tipo Propostos.....</i>	<i>140</i>
4.4.5	<i>Verificação dos Trens-Tipo Propostos</i>	<i>144</i>
4.5	PLANO DE VIAS.....	155
4.6	SIMULAÇÃO	156
4.6.1	<i>Considerações Gerais sobre o Processo de Simulação Operacional.....</i>	<i>156</i>
4.6.2	<i>Desenvolvimento do Processo de Simulação.....</i>	<i>156</i>
4.7	CAPACIDADE DA VIA	163
4.7.1	<i>Premissa de Cálculo.....</i>	<i>163</i>
4.7.2	<i>Resultados Obtidos.....</i>	<i>164</i>
4.8	FROTA DE MATERIAL RODANTE	166
4.8.1	<i>Premissa de Cálculo.....</i>	<i>166</i>
4.9	SISTEMAS FERROVIÁRIOS	171
4.9.1	<i>Sistema de Licenciamento</i>	<i>171</i>
4.9.2	<i>Sistemas de Sinalização.....</i>	<i>171</i>
4.9.3	<i>Sistemas de Telecomunicações</i>	<i>174</i>
4.9.4	<i>Sistema de Energia</i>	<i>175</i>
4.9.5	<i>Centro de Controle Operacional (CCO).....</i>	<i>176</i>
4.10	CUSTOS DE INVESTIMENTOS	178
4.10.1	<i>Material Rodante</i>	<i>178</i>
4.10.2	<i>Sistemas Ferroviários</i>	<i>178</i>
4.11	CUSTOS DE DESPESAS E OPERACIONAIS	181
4.11.1	<i>Custos Operacionais – Fixos.....</i>	<i>181</i>
4.11.2	<i>Custos Operacionais – Variáveis</i>	<i>187</i>
4.11.3	<i>Outros Custos.....</i>	<i>189</i>
4.11.4	<i>Despesas Administrativas</i>	<i>190</i>
4.11.5	<i>Resumo dos Custos</i>	<i>190</i>
4.12	CONSOLIDAÇÃO DOS CENÁRIOS ANALISADOS	192

5	REFERÊNCIAS	201
----------	--------------------------	------------

1 APRESENTAÇÃO

A TPF ENGENHARIA LTDA, responsável pelo desenvolvimento do Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica (EVTE) para implantação de um Ramal Ferroviário, denominado Cascavel (PR) - Chapecó (SC), com extensão aproximada de 263 km, vem apresentar o **Volume 1 – Tomo II: Estudos de Engenharia e Operacionais** referente à **FASE 03** do estudo de viabilidade.

Disto posto, o estudo em questão, está estruturado em **2 volumes**, subdividido em tomos, conforme a relação a seguir:

- Volume 1 – Relatórios de Projeto
 - Tomo I: Estudo de Demanda e Traçado
 - **Tomo II: Estudos de Engenharia e Operacionais**
 - Tomo III: Análise Financeira, Socioeconômica e de Riscos
- Volume 2 – Desenhos e Planilhas de Projeto
 - Tomo I: Mapas
 - Tomo II: Planta e Perfil da Geometria
 - Tomo III: Planilhas Operacionais

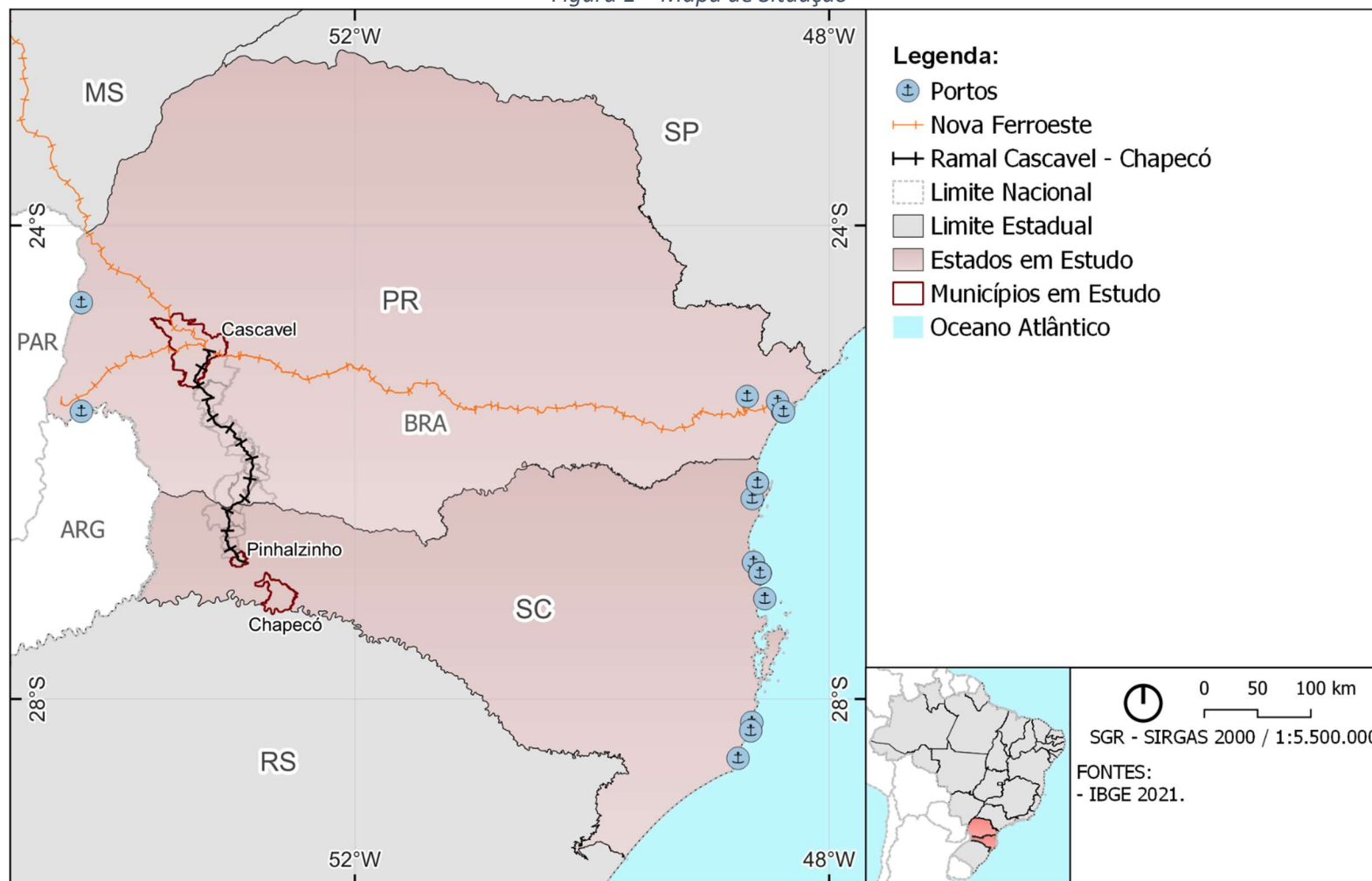
Destaca-se que o tomo em questão contempla dois estudos, o de Soluções de Projeto e Estudos Operacionais.

A primeira parte apresenta o Relatório de Estudos de Soluções de Projeto, que traz a síntese de dados e informações sobre a região onde o projeto será inserido, além de especificar todas as informações referentes ao processo de implantação da ferrovia.

Por sua vez, o Relatório de estudos operacionais, que contempla a segunda parte do estudo, tem como objetivo dimensionar os fatores determinantes das receitas, despesas operacionais e custos dos investimentos do *modus operandi* do futuro ramal ferroviário 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.

2 MAPA DE SITUAÇÃO

Figura 1 – Mapa de Situação



Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

3 RELATÓRIO DE ESTUDOS DE SOLUÇÕES DE PROJETO

3.1 INTRODUÇÃO

O capítulo em questão, intitulado Relatório de Estudos de Soluções de Projeto, tem como principais objetivos: coletar, analisar e sintetizar os dados e as informações da região de inserção do projeto; descrever e especificar os elementos de projeto que permitirão identificar e quantificar os serviços e materiais necessários para a implantação ferroviária, mediante o desenvolvimento dos estudos de geometria, terraplenagem, hidrologia e drenagem, obras de arte especiais, superestrutura, obras complementares, sistemas de sinalização e telecomunicações, interferências e estimativa de custos para composição do CAPEX. Por fim, elaborar o plano de execução de obras e o cronograma físico-financeiro do empreendimento. O relatório está estruturado em 17 capítulos, a contar com a apresentação e objetivos e abrangendo os itens destacados acima todas as referências utilizadas.

Este estudo será estruturado em **14 subcapítulos**, a contar com a introdução.

O subcapítulo **3.2** contempla os estudos **geológicos e geotécnicos**, apresentando informações referentes a geologia, geomorfologia, pedologia e suscetibilidade a processos erosivos.

O subcapítulo **3.3** apresenta os estudos **hidrológicos e hidráulicos** da região em estudo, contendo as vazões das diferentes bacias hidrográficas encontradas na região.

O subcapítulo **3.4** contempla as informações referentes ao **traçado geométrico**, como características e informações referentes aos pátios de cruzamento.

Já o subcapítulo **3.5** traz os estudos de **terraplenagem** que foram desenvolvidos, apresentando a quantificação do material de escavação e aterro, a classificação de materiais por categoria de escavação e contenções de cortes e aterro.

O subcapítulo **3.6** apresenta informações da **drenagem e obra de artes correntes** a exemplo de bueiros, pontes e drenagem superficial, enquanto o subcapítulo **3.7** traz informações mais detalhadas referentes às **obras de artes especiais**, como pontes e viadutos e túneis.

Os subcapítulos **3.8, 3.9, 3.10 e 3.11** contêm informações da **superestrutura ferroviária, interferências, obras complementares e faixa de domínio**, respectivamente.

O subcapítulo **3.12** contempla o **sistema de sinalização, telecomunicação e energia**, com informações referentes ao sistema de licenciamento, sinalização, telecomunicação, energia e centro de controle operacional.

Já o subcapítulo **3.13** contém o **plano de execução da obra** com as condições locais de implantação dos trechos ferroviários, o planejamento executivo, os principais métodos construtivos propostos, a logística e apoio e o canteiro de serviços.

Por fim, é no subcapítulo **3.14** onde se encontram informações referentes ao **orçamento**, a exemplo da metodologia utilizada, data-base e reajustamento, bonificação por despesas indiretas – BDI, distância média de transportes e condições desonerada e sem desoneração.

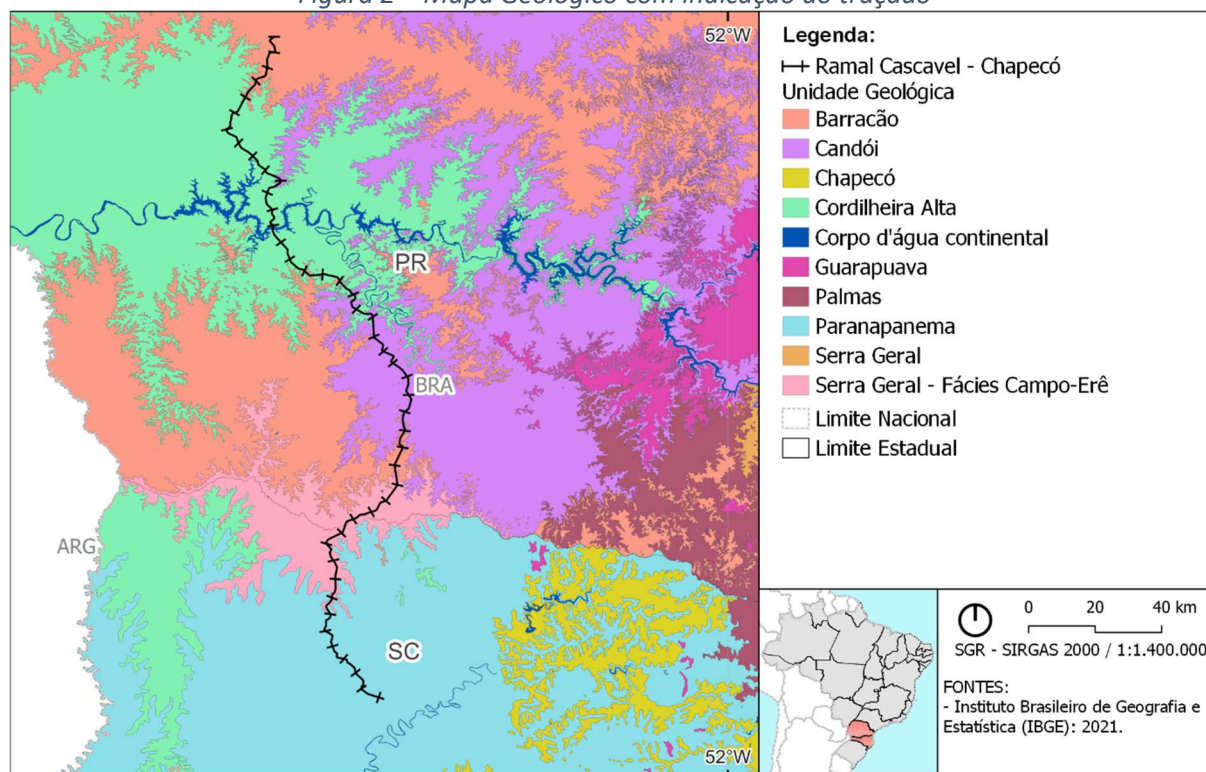
3.2 ESTUDO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS

Os estudos de Geologia e Geotecnia consideraram a coleta de dados da região para os itens de geologia, geomorfologia e pedologia, que permitiram caracterizar a área de abrangência do traçado. Os mapas referentes à tais estudos serão apresentados no **Volume 2 – Tomo I: Mapas**.

3.2.1 GEOLOGIA

Este estudo foi baseado na interpretação do mapa geológico disponibilizado pelo IBGE em escala 1:250.000. Ao longo do traçado foram observadas as seguintes formações geológicas (Figura 2).

Figura 2 – Mapa Geológico com indicação do traçado

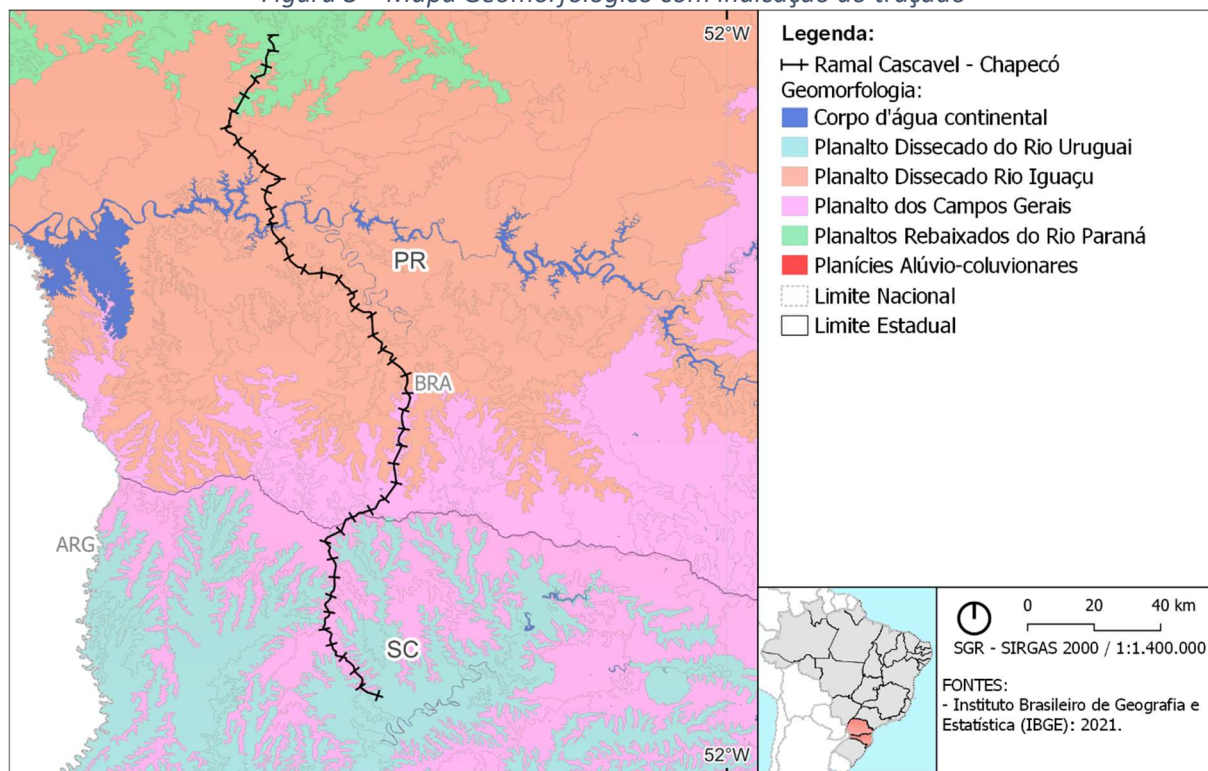


Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

3.2.2 GEOMORFOLOGIA

A descrição da geomorfologia foi extraída do mapa geomorfológico disponibilizado pelo IBGE em escala 1:250.000. A geomorfologia ao longo do traçado compreende o Planalto dos Campos Gerais, Planalto Dissecado Rio Uruguai, Planalto Dissecado Rio Iguaçu, Planaltos Rebaixados do Rio Paraná e Planícies Alúvio-coluvionares, conforme ilustrado na Figura 3.

Figura 3 – Mapa Geomorfológico com indicação do traçado



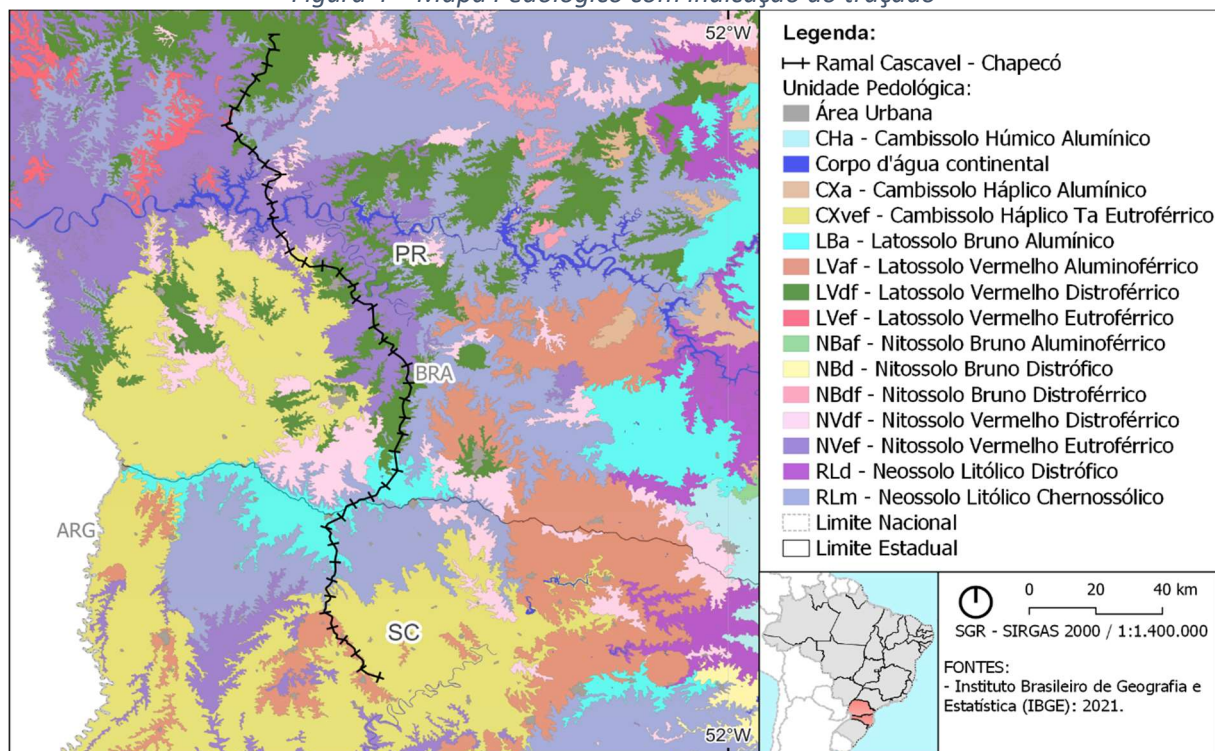
Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

3.2.3 PEDOLOGIA

A caracterização da pedologia da região de abrangência do traçado baseou-se no estudo do mapa pedológico disponibilizado pelo IBGE em escala 1:250.000.

Foram identificadas ao longo do traçado, quatro unidades, pedológicas encontradas, Latossolo, Neossolo, Nitossolo e cambissolo, estão apresentadas na Figura 4.

Figura 4 – Mapa Pedológico com indicação do traçado



Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

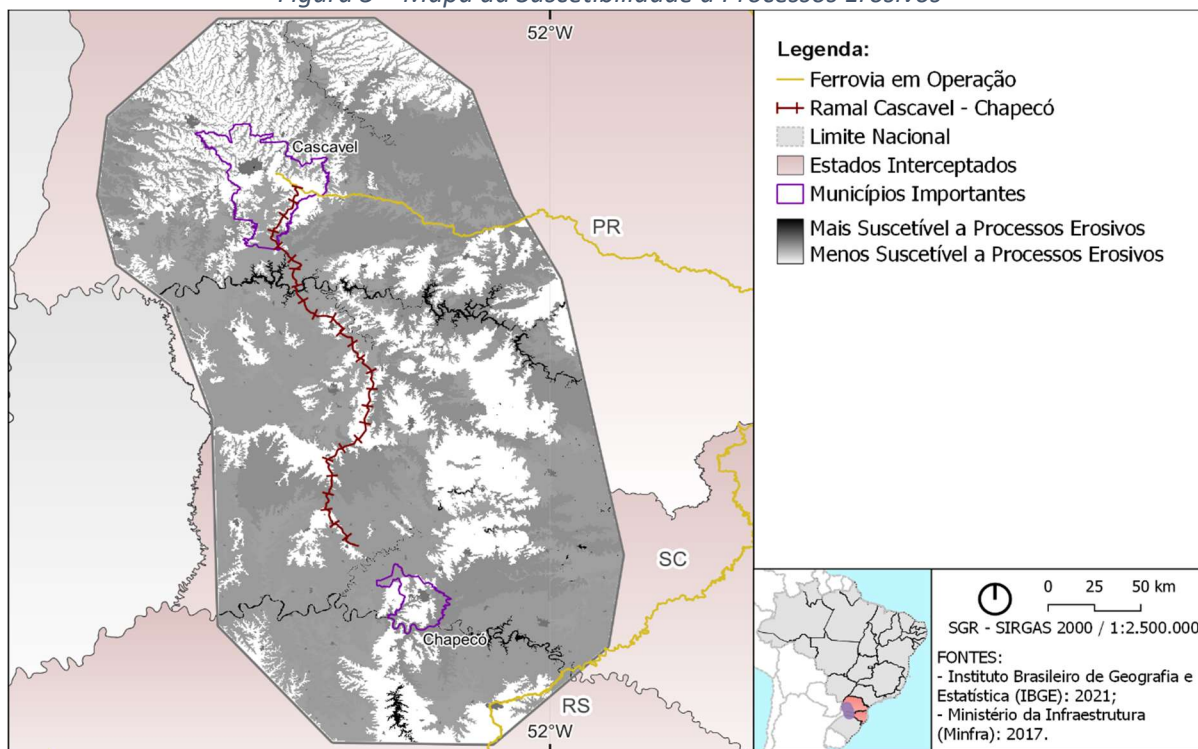
3.2.4 SUSCETIBILIDADE A PROCESSOS EROSIVOS

A análise de suscetibilidade a processos erosivos foi realizada através do estudo da literatura técnica disponível, dos aspectos geológicos, geotécnicos, geomorfológicos e pedológicos. Isso permitiu identificar as regiões com maiores e menores suscetibilidade a processos erosivos, considerando desde ravinamento a voçorocas, movimentação de massa (escorregamentos) e processos referente a intervenção antrópica que impõe modificações no meio e que podem gerar tais danos.

Com o intuito de permitir a compatibilização das variáveis, todos os planos de informação foram normalizados para valores que variam entre 0 e 255 (8bits), baseado numa escala de valores onde a análise conjunta de todas as informações permitiu a hierarquização da suscetibilidade a movimentos de massa e processos erosivos dos terrenos. Áreas com maior suscetibilidade à erosão são representadas com valores mais baixos e cor escura no cartograma, por outro lado, áreas com menor suscetibilidade, são representadas com valores mais altos e cor clara.

O resultado da análise de suscetibilidade a processos erosivos está apresentado na Figura 5.

Figura 5 – Mapa da Suscetibilidade a Processos Erosivos



Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

3.3 ESTUDO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICOS

Os estudos hidrológicos e hidráulicos tem como objetivo fornecer subsídios e critérios necessários à determinação das vazões de dimensionamento hidráulico das obras de drenagem e, definir as características climatológicas e pluviométricas a serem consideradas na fase subsequente de projeto, quando da elaboração do detalhamento e planejamento construtivo da obra.

Os aspectos gerais hidrológicos da região em estudo, abrangendo as características climáticas, recursos hídricos, cobertura vegetal e solo, bem como o processo de determinação das bacias de contribuição e metodologia a ser aplicada na determinação das vazões em função de tais bacias, estão respectivamente descritos a seguir.

3.3.1 ASPECTOS GERAIS HIDROLÓGICOS

A seguir apresenta-se as características climáticas, recursos hídricos e pluviométrico da região de estudo, levando em consideração as áreas de proximidade ao traçado que se desenvolve nos estados do Paraná e Santa Catarina.

3.3.1.1 CLIMA

De forma sucinta, pode-se dizer, no estado do Paraná, a região de estudo possui um clima subtropical com temperatura média anual inferior a 20 °C e chuvas bem distribuídas ao longo do ano. Na costa oeste, junto ao Parque Nacional do Iguaçu, próximo a cidade de Cascavel, as máximas podem chegar a 40 °C. A umidade relativa anual na região varia entre 75% e 80%. Em contrapartida, no que tange o estado de Santa Catarina, é caracterizado por variações de temperaturas médias entre 16,5 °C e 18,8 °C, enquanto a variação média da umidade relativa varia entre 77,3% e 80,3%.

De acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger, a região em que os trechos ferroviários estarão majoritariamente inseridos possui predominantemente os tipos climáticos Cfa – sempre úmido e verão quente e Cfb – sempre úmido e verão morno.

3.3.1.2 RECURSOS HÍDRICOS

O traçado selecionado para a ferrovia que se encontra no estado do Paraná está inserido no domínio da Bacia do Rio Iguaçu. Já o trecho localizado no estado de Santa Catarina, está inserido no domínio da RH1-Extremo Oeste e RH2-Meio Oeste.

Para a análise e caracterização da rede hidrográfica abrangida pela área dos estudos, utilizou-se a Base Hidrográfica Ottocodificada (BHO) como base hidrográfica de referência.

3.3.1.3 PLUVIOMETRIA

Para definição das curvas de intensidade – duração – frequência (IDF), seguiu-se um estudo verificando a equação de chuva IDF para os mesmos municípios de postos de coleta pluviométricos. Teve-se como base os estudos desenvolvidos por Gumbel e Ven Te Chow, que conduziram ao estabelecimento, por Talbot, da seguinte fórmula:

$$i = \frac{K \times T_r^a}{(t + b)^c}$$

onde:

- i = intensidade da precipitação, em mm/h;
- t = tempo de duração do evento, em minutos;
- Tr = tempo de recorrência, em anos;
- K , a , b , e c = coeficientes de ajustamento calculados especificamente para o local em estudo.

Foram adotados os parâmetros das equações de chuva obtidos para os estados do Paraná e Santa Catarina, a partir dos dados pluviométricos consistidos das 11 (onze) estações escolhidas, dispostas ao longo do traçado ferroviário em questão, com dados consistentes, minimamente de 35 (trinta e cinco) anos, disponíveis no banco de dados da Agência Nacional de Águas (portal HIDROWEB).

Assim, foi utilizado o Método de Thiessen para determinar as áreas de influência das equações sobre a extensão dos eixos ferroviários. Tal método consiste em unir a localização geográfica das curvas IDF por trechos retilíneos; traçar linhas perpendiculares aos trechos retilíneos sobre a mediatriz da linha que liga as curvas IDF e por fim, alongar as linhas perpendiculares até encontrar a outra mediatriz. A interseção entre as linhas das mediatrizes gera o polígono de Thiessen e correspondem à área de influência de cada curva IDF.

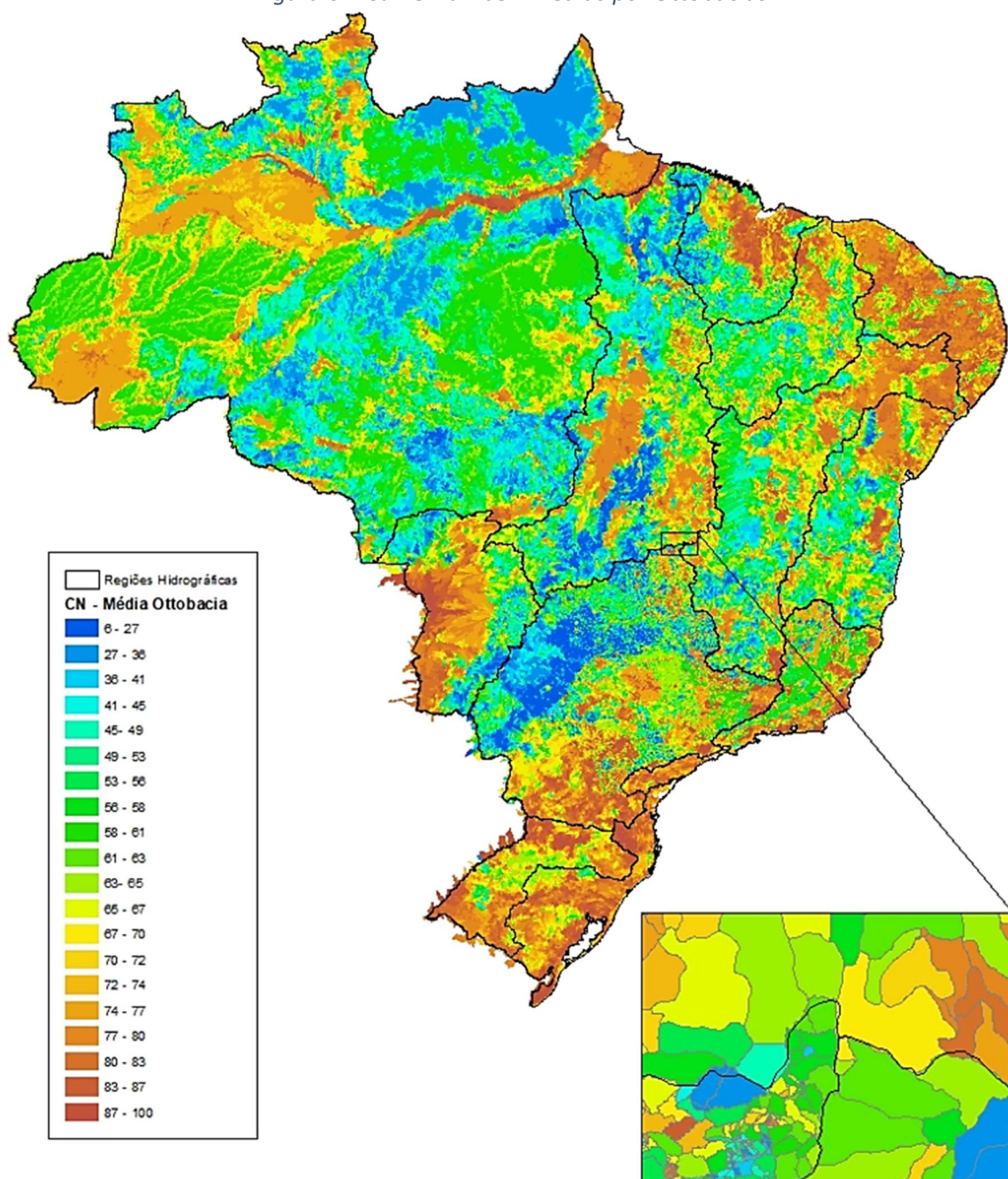
3.3.1.3.1 COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL

Para a determinação dos coeficientes de escoamento superficial, levou-se em consideração as características geotopográficas, declividade e recobrimento vegetal das bacias, permeabilidade de solos, utilização pretendida para as áreas de montante e forma e dimensões dos talwegues. Com vistas à uniformização e padronização pretendidas pela VALEC, foram utilizados os valores sugeridos na especificação 080-EG-000A-27-0000-20-Rev1.

3.3.1.3.2 CURVE NUMBER – NÚMERO DA CURVA

O Número da Curva (*Curve Number* – CN) é baseado na classe hidrológica do solo, no uso da terra e ocupação do solo da bacia. No estudo em questão, o CN utilizado foi o produzido pela ANA para a Base Hidrográfica Ottocodificada (Figura 6). Seu desenvolvimento teve como base o método *curve number* desenvolvido pelo SCS (*Soil Conservation Service* – 1957).

Figura 6 – Curve Number: Médias por Ottobacias



Fonte: ANA (2018).

3.3.2 DETERMINAÇÃO DAS VAZÕES

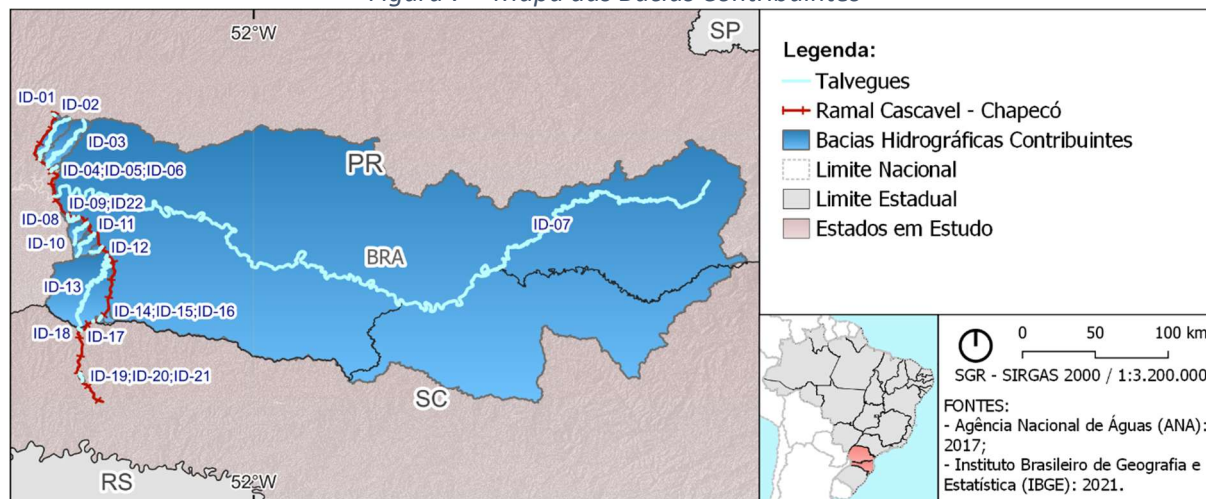
As vazões das bacias de contribuição foram dimensionadas através das metodologias em função da área das bacias em questão, tomando como referência a norma da VALEC 080-EG-000A-27-0000-20-Rev1 e a Instrução de Serviço Ferroviário do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) ISF-208: *Estudos Hidrológicos*.

Na Figura 7 é possível observar as 22 bacias existentes ao longo do traçado Cascavel-Chapecó. Estas bacias são apresentadas também no Tomo II: Relatório de Imagens com um maior detalhamento.

Para calcular as vazões das diferentes bacias foram utilizados quatro diferentes métodos; Método Racional; Método Racional Corrigido; Método do Hidrograma Sintético Triangular (HST); Método do Hidrograma Unitário Triangular (HUT). Abaixo são descritas as características de cada uma das bacias contempladas pelos diferentes métodos:

- Método Racional: Bacias pequenas (área menor que 1 km²);
- Método Racional Corrigido: Bacias intermediárias, com área compreendida entre 1 km² e 10 km²;
- Método do Hidrograma Sintético Triangular (HST): Bacias intermediárias, com área compreendida entre 10 km² e 20 km²;
- Método do Hidrograma Unitário Triangular (HUT): Bacias grandes, de área superior a 20 km².

Figura 7 – Mapa das Bacias Contribuintes



Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

Os resultados do dimensionamento das vazões das bacias de contribuição são observados na Tabela 1:

Tabela 1 – Análise estatística de vazões máximas

ID	ÁREA (Km ²)	COMPRIMENTO DO TALVEGUE (Km)	CORREGO INTERCEPTADO	MÉTODO PARA CÁLCULO DA VAZÃO	Q ₂₅ (m ³ /s)	Q ₅₀ (m ³ /s)	Q ₁₀₀ (m ³ /s)
ID-1	16,501	1,771	Rio do Salto	MHST	25,86	34,05	43,98
ID-2	287,062	74,712	Rio Tormenta	MHUT	258,68	312,08	373,66
ID-3	449,340	94,931	Rio Adelaide	MHUT	534,76	626,71	730,89
ID-4	20,037	7,54	Rio Barra Grande	MHUT	125,21	147,29	172,34
ID-5	20,067	7,646	Rio Barra Grande	MHUT	123,43	145,14	169,78
ID-6	20,305	7,954	Rio Barra Grande	MHUT	122,70	144,22	168,63
ID-7	61348,477	903,898	Rio Iguaçu	MHUT	16543,74	19362,28	22580,20
ID-8	17,395	6,35	Rio Canoas	MHST	81,36	99,84	121,5
ID-9	4,974	2,687	Rio Erveira	Racional Corrigido	68,08	77,08	87,26
ID-10	168,488	36,553	Rio Dois Vizinhos	MHUT	305,71	359,36	421,86
ID-11	190,226	42,197	Rio Lajeado Grande	MHUT	265,34	314,27	370,46
ID-12	58,604	12,205	Rio Verê	MHUT	135,24	169,49	210,04
ID-13	1836,739	140,396	Rio Santana	MHUT	1687,01	1972,44	2295,90
ID-14	24,504	5,654	Rio Tapera	MHUT	97,95	132,86	176,88
ID-15	13,992	3,592	Rio Tapera	MHST	51,47	69,55	92,32
ID-16	7,490	0,794	Rio Tapera	Racional Corrigido	118,13	141,55	169,63
ID-17	0,152	0,602	Rio Três Voltas	Racional	3,62	4,33	5,19
ID-18	5,700	3,422	Rio Pesqueiro	Racional Corrigido	64,13	76,85	92,09
ID-19	1,914	1,93	Rio Saudades	Racional Corrigido	29,95	35,18	41,32
ID-20	3,147	2,66	Rio Saudades	Racional Corrigido	39,28	46,14	54,19
ID-21	14,513	8,853	Rio Saudades	MHST	40,47	54,73	72,6
ID-22	19,734	8,239	Rio Jaracatiá	MHST	87,24	106,64	129,33

Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

3.4 TRAÇADO GEOMÉTRICO

A alternativa escolhida (alternativa 1) apresentada nos Estudos de Definição do Traçado Preliminar foi refinada em função das adequações geométricas para diminuição dos custos de investimentos e, sobretudo, uma interação com as simulações operacionais desenvolvidas nos Estudos Operacionais.

No Tomo III (Desenhos de Engenharia) é apresentado a Planta e Perfil da ferrovia indicando ao longo do traçado as localizações das pontes, viadutos, túneis, terminais ferroviários e pátios de cruzamento.

Os parâmetros de projeto para o traçado geométrico foram estabelecidos com base nas especificações de projeto geométrico da VALEC 80-EG-000A-17-0000, sendo apresentados a seguir (Tabela 2 e Tabela 3).

Tabela 2 – Características técnicas da via permanente

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DA VIA PERMANENTE	
ITEM	ESPECIFICAÇÃO
Bitola da Via	Larga (1,60 m)
Objeto de Transporte	Carga
Local de Origem/Destino	Cascavel (PR) – Chapecó (SC)
ALTIMETRIA	
Rampa Máxima Compensada (Exportação)	1,45%
Rampa Máxima Compensada (Importação)	1,45%
Rampa Máxima em Pátios e Desvios	0,25%
Compensação em Curva	0,06% por grau de curva horizontal
Curva Vertical	Parábolas do 2º grau entre rampas ²
Distância entre PIVs	Sempre que possível 2.000 m
Comprimento de Curva Vertical	$y = 606,06(i_1 - i_2)$ [mín. de 60m]
Ponto de Aplicação do Greide	Topo do Sublastro
PLANIMETRIA	
Raio Mínimo	343,823 m
Raio Mínimo para Curvas sem Transição	2292 m
Tangente mínima entre curvas	30 m
Curva de Transição	Em espiral (clotóide)
Comprimento da Transição	1 m para cada grau de curva ou 0,5 m ¹
Superelevação Máxima	160 mm ³
Superelevação Mínima	25 mm
VELOCIDADES	
Velocidade Máxima de Projeto	80 km/h
Velocidade Mínima de Operação	15 km/h
Velocidade Operacional nos Pátios	40 km/h

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DA VIA PERMANENTE	
INFRAESTRUTURA	
Largura da Plataforma de Corte	8,40 m
Largura da Plataforma de Aterro	8,40 m
Declividade Transversal da Plataforma	3,00%
Inclinação de talude em corte em solo	1V : 1H com banquetas a cada 8 m
Inclinação de talude em corte em rocha	1V : 0,2H com banquetas a cada 8 m
Inclinação de talude em corte aterro	1V : 1,5H com banquetas a cada 8 m
Faixa de Domínio	20 m para cada lado do eixo de projeto. Quando o off-set ultrapassar a largura da faixa de domínio deverá ser adotado afastamento mínimo de 10 m do pé do aterro e 10 m da crista de corte

¹ Em casos específicos, quando não houver distância suficiente entre curvas;

² Quando a diferença algébrica das rampas for igual ou superior a 0,20%;

³ Superelevação nula para raios acima de 1.700 m.

Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

Tabela 3 – Padronização dos raios

RAIO (m)	GRAU DA CURVA (G20)	Lc (m)	COMPENSAÇÃO DE CURVA (%)
3437,752	0°20'	-	0,02
2291,838	0°30'	30	0,03
1718,883	0°40'	40	0,04
1375,111	0°50'	50	0,05
1145,930	1°00'	60	0,06
982,230	1°10'	70	0,07
859,456	1°20'	80	0,08
763,966	1°30'	90	0,09
687,574	1°40'	100	0,10
625,072	1°50'	110	0,11
572,987	2°00'	120	0,12
528,916	2°10'	130	0,13
491,141	2°20'	140	0,14
458,403	2°30'	150	0,15
429,757	2°40'	160	0,16
404,482	2°50'	170	0,17
382,016	3°00'	180	0,18
361,914	3°10'	190	0,19
343,823	3°20'	203	0,20

Fonte: VALEC. Elaborado pela TPF Engenharia.

3.4.1 CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DO TRAÇADO

As tabelas a seguir apresentam um resumo das características geométricas horizontais e verticais, abrangendo: curvas horizontais, raios das curvas horizontais e percentual de extensão em curva e aclives/declives.

Tabela 4 – Resumo das características geométricas – Quantidade de curvas horizontais por raios

RAIOS (m)	QUANTIDADE (unid.)
350	0
400	0
500	19
600	27
700	7
800	12
900	50
1000	2
1500	0
2000	2
3000	0
3500	0
TOTAL	119
EXTENSÃO (km)	262.845,00
Taxa (C./km)	2,21

Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

Tabela 5 – Resumo das características geométricas – Extensão em curva

PARÂMETROS	RAMAL CASCAVEL- CHAPECÓ
Extensão em Curva (km)	48.848,27
Extensão Total (km)	262.845,00
% em Curva	18,58%

Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

Tabela 6 – Resumo das características geométricas verticais – Aclives/declives

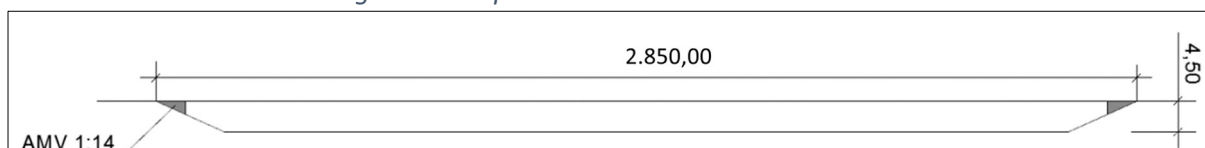
ACLIVE / DECLIVE (%)	FREQUÊNCIA (UND)	DESENVOLV. (M)	%
$0 < i \leq 0,20$	10,00	76.919,65	29,26%
$0,20 < i \leq 0,40$	5,00	24.404,55	9,28%
$0,40 < i \leq 0,60$	2,00	15.596,86	5,93%
$0,60 < i \leq 0,80$	2,00	20.674,32	7,87%
$0,80 < i \leq 1,00$	3,00	17.975,98	6,84%
$1,00 < i \leq 1,37$	14,00	107.273,64	40,81%

Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

3.4.2 PÁTIOS DE CRUZAMENTO

Os pátios de cruzamento apresentam um comprimento total de 2.850,00 metros, comprimento compatível com os trens-tipo considerados nos Estudos Operacionais. A definição da localização de tais pátios foi feita em sinergia com os Estudos Operacionais, observando-se ainda o não posicionamento dos AMVs na entrada e saída dos pátios e terminais em curvas horizontais ou verticais. Dessa forma, o intervalo médio de distância entre os pátios é de aproximadamente 30 quilômetros, atendendo ao fluxo de trens previsto para o escoamento da demanda potencial. A Figura 8 representa o esquema dos pátios de cruzamento, enquanto a Figura 9, juntamente com a Tabela 7, indica a localização deles.

Figura 8 – Esquema dos Pátios de Cruzamento



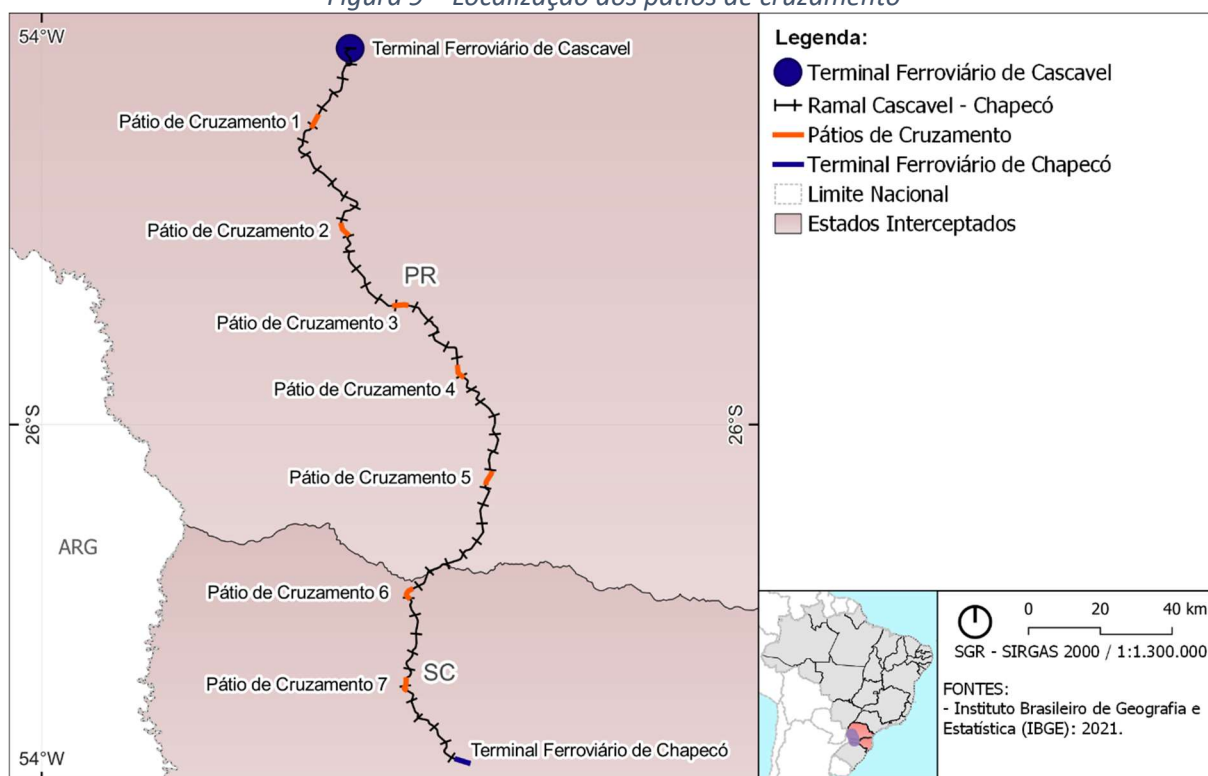
Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

Tabela 7 – Localização dos Pátios de Cruzamento

TERMINAL / PÁTIO	TIPO	KM INICIAL (m)	KM INTERMEDIÁRIO (m)	KM FINAL (m)	DIST. ENTRE PÁTIOS (m)
Terminal Ferroviário Cascavel	Carregamento	-		-	-
Pátio 1	Cruzamento	23+855,00	25+280,00	26+705,00	23.855,00
Pátio 2	Cruzamento	65+000,00	66+425,00	67+850,00	38.295,00
Pátio 3	Cruzamento	94+650,00	96+075,00	97+500,00	26.800,00
Pátio 4	Cruzamento	123+500,00	124+925,00	126+350,00	26.000,00
Pátio 5	Cruzamento	159+140,00	160+565,00	161+990,00	32.790,00
Pátio 6	Cruzamento	202+380,00	203+805,00	205+230,00	40.390,00
Pátio 7	Cruzamento	230+515,00	231+940,00	233+365,00	25.285,00
Terminal Ferroviário Chapecó	Carregamento	259+995,00	261+420,00	262+845,00	26.625,00

Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

Figura 9 – Localização dos pátios de cruzamento



Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

3.5 TERRAPLENAGEM

A quantificação do material de escavação e aterro, contemplando as características geométricas das seções típicas, bem como a classificação de materiais por categoria, contenção de aterros e cortes, e por fim, solos moles, estão respectivamente descritos a seguir.

3.5.1 QUANTIFICAÇÃO DO MATERIAL DE ESCAVAÇÃO E ATERRO

Para a quantificação do material de escavação e aterro utilizou-se a modelagem do corredor ferroviário no *software* AutoCAD Civil 3D. A partir dessa modelagem, seguiu-se os seguintes passos:

- Cálculo de volumes de corte e aterro por meio do método de cálculo por entre estacas, onde foram geradas seções com 100 m de equidistância;
- Identificação dos cortes e aterros ao longo do corredor ferroviário, juntamente com os seus respectivos centros de massa;
- Distribuição dos materiais considerando a menor distância possível entre a sua origem e o seu destino;
- Classificação dos materiais de 1ª, 2ª e 3ª categoria conforme os percentuais apresentados na Tabela 10.

As distâncias médias de transporte foram obtidas segundo medições dos centros de massas dos volumes compensados de corte e aterro para compensações longitudinais. Para compensações laterais, adotou-se distâncias médias de transporte de 50 m.

Também vale mencionar que foram quantificadas áreas de desmatamento e limpeza, limitadas pela faixa de domínio do projeto.

As seções típicas propostas de terraplenagem estão descritas e apresentadas nos subitens a seguir.

3.5.1.1 CORTE EM SOLO

Os dados geométricos presentes na seção típica de corte em solo estão elencados a seguir e apresentados na Figura 10.

- Talude: 2H:3V;
- Largura da plataforma: 8,40 m (linha principal) e 12,90 m (desvios de cruzamento);
- Declividade transversal da plataforma: 3,00%;
- Altura entre banquetas (H): 6 m;
- Banquetas: 4 m.

3.5.1.2 CORTE EM ROCHA

Os dados geométricos presentes na seção típica de corte em rocha estão elencados a seguir e apresentados na Figura 11.

- Talude: 8V:1H;
- Largura da plataforma: 8,40 m (linha principal) e 12,90 m (desvios de cruzamento);
- Declividade transversal da plataforma: 3,00%.

3.5.1.3 ATERRO

Os dados geométricos presentes na seção típica de aterro estão elencados a seguir e apresentados na Figura 12.

- Talude: 1V:1H;
- Largura da plataforma: 8,40 m (linha principal) e 12,90 m (desvios de cruzamento);
- Declividade transversal da plataforma: 3,00%;
- Altura entre banquetas (H): 6 m;
- Banquetas: 4 m (contudo, depende de confirmação após análises laboratoriais e ensaios geotécnicos, com base nas características dos solos).

O resultado dos quantitativos de corte, aterro e bota-fora, com os respectivos fatores de empolamento e homogeneização aplicados, estão apresentados na Tabela 8 e de maneira detalhada na Tabela 9.

Tabela 8 – Resumo do volume de terraplenagem homogeneizado

CORTE TOTAL (m³)	CORTE 1ª Cat (m³)	CORTE 2ª Cat (m³)	CORTE 3ª Cat (m³)	ATERRO (m³)	BOTA-FORA (m³)
84.263.769,69	64.113.761,04	16.852.760,04	3.297.248,60	53.568.196,05	19.704.673,72

Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

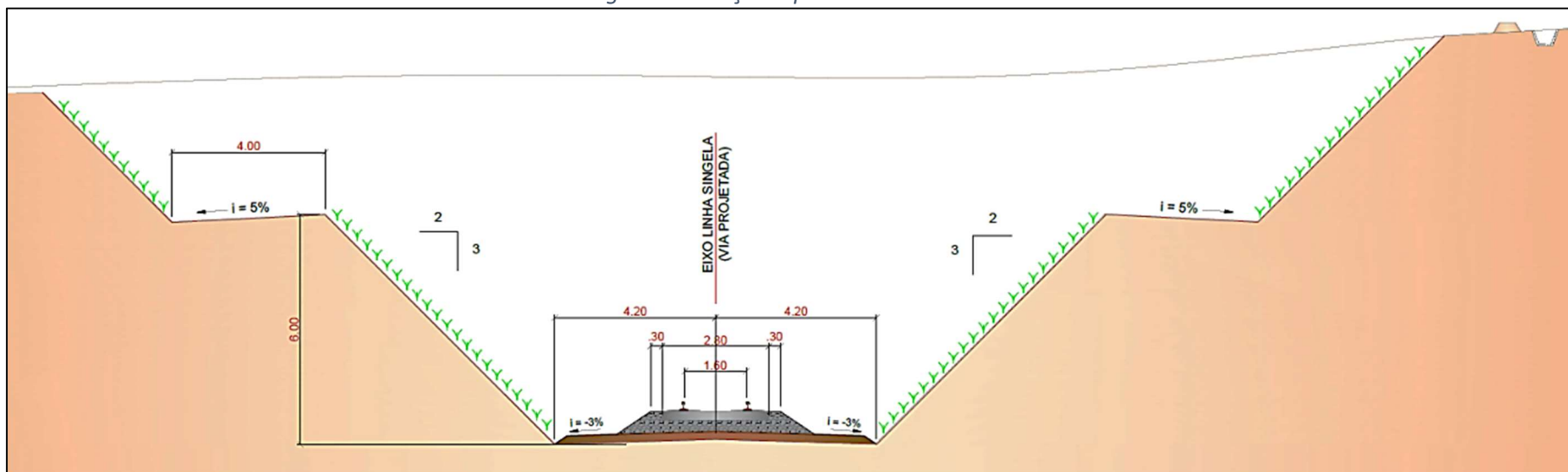
Tabela 9 – Volume de terraplenagem por categoria de material

ITEM	DESCRIÇÃO	UNID	QUANTIDADE (m³)
1	ESC. CARGA TRANSP. MAT 1ª CAT DMT 50 M	m³	593,78
2	ESC. CARGA TRANSP. MAT 1ª CAT DMT 50 A 200M C/E	m³	897,20
3	ESC. CARGA TRANSP. MAT 1ª CAT DMT 200 A 400M C/E	m³	6,83
4	ESC. CARGA TRANSP. MAT 1ª CAT DMT 400 A 600M C/E	m³	14.705,00
5	ESC. CARGA TRANSP. MAT 1ª CAT DMT 600 A 800M C/E	m³	125.003,47
6	ESC. CARGA TRANSP. MAT 1ª CAT DMT 800 A 1000M	m³	59.016,13
7	ESC. CARGA TRANSP. MAT 1ª CAT DMT 1000 A 1200M	m³	311.187,41
8	ESC. CARGA TRANSP. MAT 1ª CAT DMT 1200 A 1400M	m³	310.219,24
9	ESC. CARGA TRANSP. MAT 1ª CAT DMT 1400 A 1600M	m³	593.861,24
10	ESC. CARGA TRANSP. MAT 1ª CAT DMT 1600 A 1800M	m³	1.025.258,88
11	ESC. CARGA TRANSP. MAT 1ª CAT DMT 1800 A 2000M	m³	780.505,31
12	ESC. CARGA TRANSP. MAT 1ª CAT DMT 2000 A 3000M	m³	5.980.313,16
13	ESC. CARGA TRANSP. MAT 1ª CAT DMT 3000 A 5000M	m³	24.046.423,02
14	ESC. CARGA TRANSP. MAT 1ª CAT DMT 5000 A 10000M	m³	10.771.268,90
15	ESC. CARGA TRANSP. MAT 1ª CAT DMT 10000 A 15000M	m³	6.352.518,39
16	ESC. CARGA TRANSP. MAT 1ª CAT DMT 15000 A 20000M	m³	13.741.983,10
17	ESC. CARGA TRANSP. MAT 2ª CAT DMT 50 M	m³	156,08
18	ESC. CARGA TRANSP. MAT 2ª CAT DMT 50 A 200M C/E	m³	235,84
19	ESC. CARGA TRANSP. MAT 2ª CAT DMT 200 A 400M	m³	1,79
20	ESC. CARGA TRANSP. MAT 2ª CAT DMT 400 A 600M	m³	3.865,31
21	ESC. CARGA TRANSP. MAT 2ª CAT DMT 600 A 800M	m³	32.858,05
22	ESC. CARGA TRANSP. MAT 2ª CAT DMT 800 A 1000M	m³	15.512,81

ITEM	DESCRIÇÃO	UNID	QUANTIDADE (m³)
23	ESC. CARGA TRANSP. MAT 2ª CAT DMT 1000 A 1200M	m³	81.797,83
24	ESC. CARGA TRANSP. MAT 2ª CAT DMT 1200 A 1400M	m³	81.543,34
25	ESC. CARGA TRANSP. MAT 2ª CAT DMT 1400 A 1600M	m³	156.100,67
26	ESC. CARGA TRANSP. MAT 2ª CAT DMT 1600 A 1800M	m³	269.496,62
27	ESC. CARGA TRANSP. MAT 2ª CAT DMT 1800 A 2000M	m³	205.161,40
28	ESC. CARGA TRANSP. MAT 2ª CAT DMT 2000 A 3000M	m³	1.571.968,03
29	ESC. CARGA TRANSP. MAT 2ª CAT DMT 3000 A 5000M	m³	6.320.774,05
30	ESC. CARGA TRANSP. MAT 2ª CAT DMT 5000 A 10000M	m³	2.831.304,97
31	ESC. CARGA TRANSP. MAT 2ª CAT DMT 10000 A 15000M	m³	1.669.804,83
32	ESC. CARGA TRANSP. MAT 2ª CAT DMT 15000 A 20000M	m³	3.612.178,42
33	ESC. CARGA TRANSP. MAT 3ª CAT DMT 50 M	m³	30,54
34	ESC. CARGA TRANSP. MAT 3ª CAT DMT 50 A 200M	m³	46,14
35	ESC. CARGA TRANSP. MAT 3ª CAT DMT 200 A 400M	m³	0,35
36	ESC. CARGA TRANSP. MAT 3ª CAT DMT 400 A 600M	m³	756,26
37	ESC. CARGA TRANSP. MAT 3ª CAT DMT 600 A 800M	m³	6.428,75
38	ESC. CARGA TRANSP. MAT 3ª CAT DMT 800 A 1000M	m³	3.035,12
39	ESC. CARGA TRANSP. MAT 3ª CAT DMT 1000 A 1200M	m³	16.003,92
40	ESC. CARGA TRANSP. MAT 3ª CAT DMT 1200 A 1400M	m³	15.954,13
41	ESC. CARGA TRANSP. MAT 3ª CAT DMT 1400 A 1600M	m³	30.541,44
42	ESC. CARGA TRANSP. MAT 3ª CAT DMT 1600 A 1800M	m³	52.727,60
43	ESC. CARGA TRANSP. MAT 3ª CAT DMT 1800 A 2000M	m³	40.140,27
44	ESC. CARGA TRANSP. MAT 3ª CAT DMT 2000 A 3000M	m³	307.558,96
45	ESC. CARGA TRANSP. MAT 3ª CAT DMT 3000 A 5000M	m³	1.236.673,18
46	ESC. CARGA TRANSP. MAT 3ª CAT DMT 5000 A 10000M	m³	553.950,97
47	ESC. CARGA TRANSP. MAT 3ª CAT DMT 10000 A 15000M	m³	326.700,95
48	ESC. CARGA TRANSP. MAT 3ª CAT DMT 15000 A 20000M	m³	706.730,56
49	ESC. CARGA TRANSP. MAT 1ª CAT DMT 5000 A 10000M (Empréstimo)	m³	0,00
50	COMPACTAÇÃO DE ATERRO 100% PROCTOR NORMAL	m³	49.904.552,56
51	CONSTRUÇÃO DE CORPO DE ATERRO COM MATERIAL DE 3ª CATEGORIA ORIUNDO DE CORTE	m³	3.663.643,49
52	REGULARIZAÇÃO, ESPALHAMENTO E COMPACTAÇÃO DE BOTA- FORA	m³	19.704.673,72

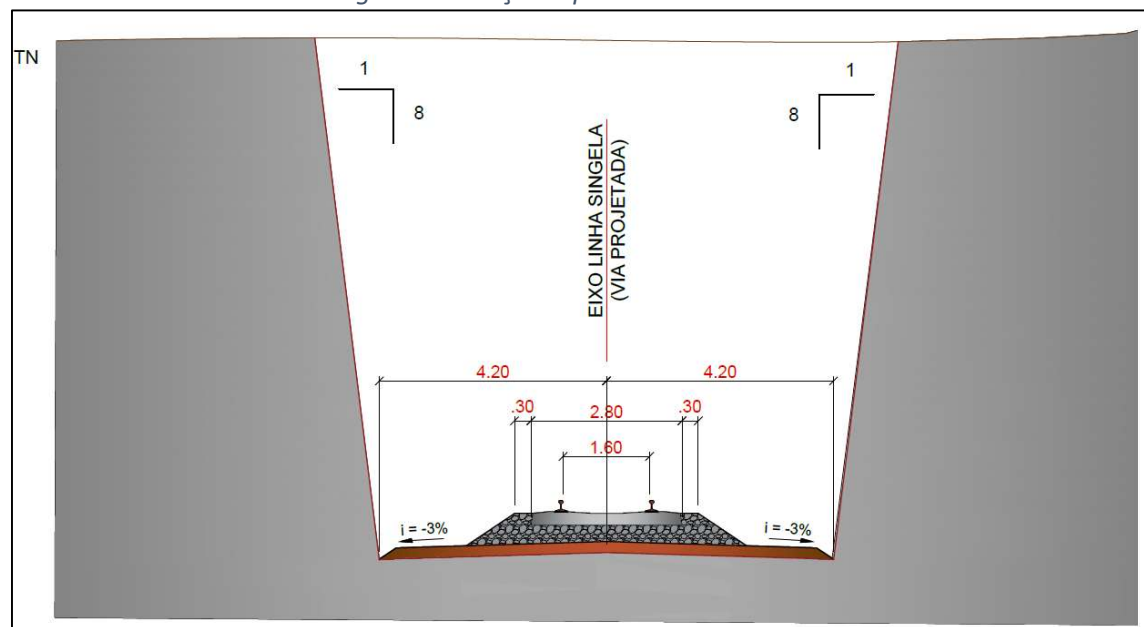
Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

Figura 10 – Seção Tipo de Corte em Solo



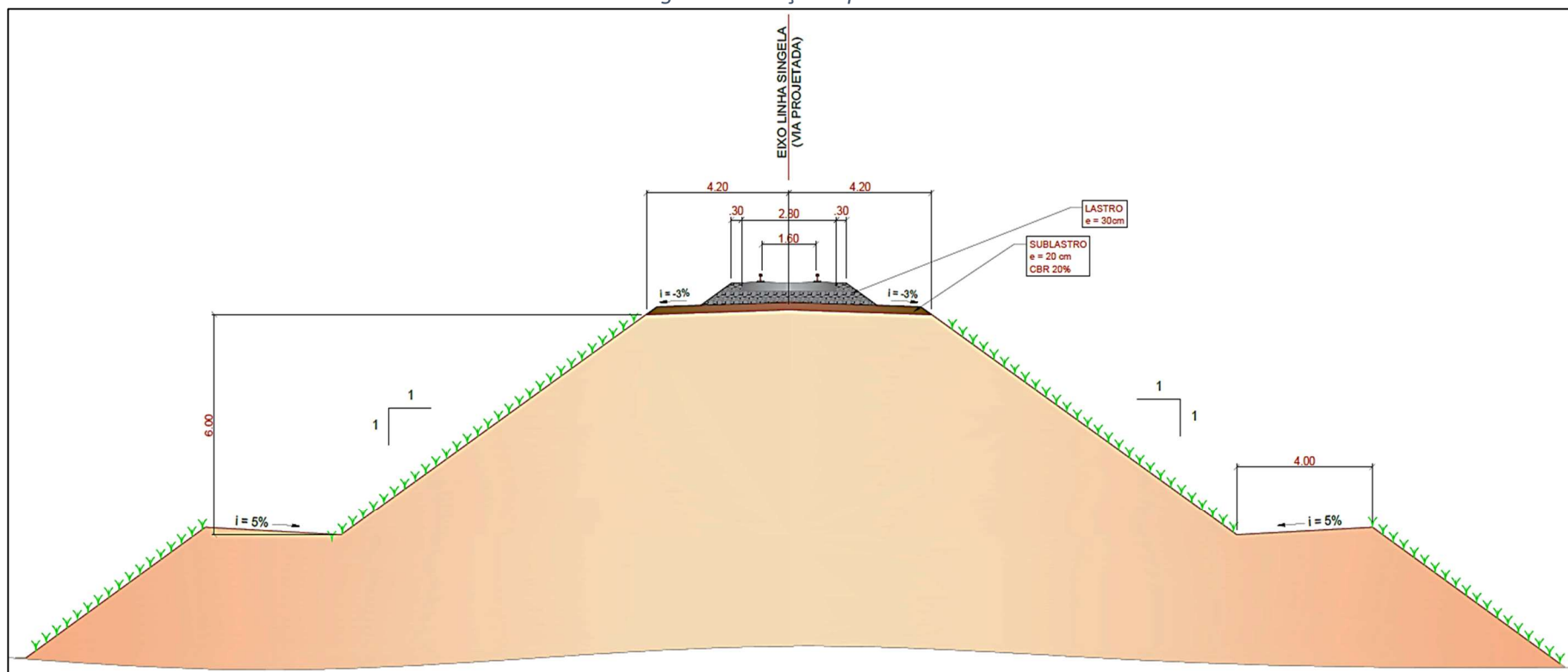
Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

Figura 11 – Seção Tipo de Corte em Rocha



Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

Figura 12 – Seção Tipo de Aterro



Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

3.5.2 CLASSIFICAÇÃO DE MATERIAIS POR CATEGORIA DE ESCAVAÇÃO

Os materiais provenientes de escavação das áreas de cortes foram classificados em relação à escavabilidade e classificados em 1ª, 2ª e 3ª categoria respectivamente.

Durante o estudo, seguiram-se as definições de classificação apresentado pela VALEC no documento Especificação de Projeto: Estudos Geotecnológicos (80-EG-000A-29-0000).

Definiu-se os fatores de empolamento, que é o aumento do volume de material quando escavado, e a taxa de homogeneização, que é a redução do volume do material quando compactado. Para o estudo, recorreu-se a fatores característicos baseados em valores utilizados no meio técnico (MATTOS, 2014). A Tabela 10 apresenta os fatores considerados.

Tabela 10 – Fatores de empolamento e contração conforme categoria do material

CATEGORIA	TAXA	EMPOLAMENTO	HOMOGENEIZAÇÃO
1ª	70%	1,30	1,25
2ª	20%	1,40	1,15
3ª	10%	1,50	0,90

Fonte: Adaptado MATTOS, 2014. Elaborado pela TPF Engenharia.

As taxas utilizadas para os materiais de 1ª, 2ª e 3ª categoria foram criadas a partir de análises da literatura técnica da região em estudo bem como de interpretações dos dados secundários coletados (geologia, geomorfologia, entre outros). Destaca-se que uma melhor determinação das categorias dos materiais escavados deverá ser realizada nas fases de Projetos Básico e Executivo, a partir das sondagens realizadas no eixo ferroviário.

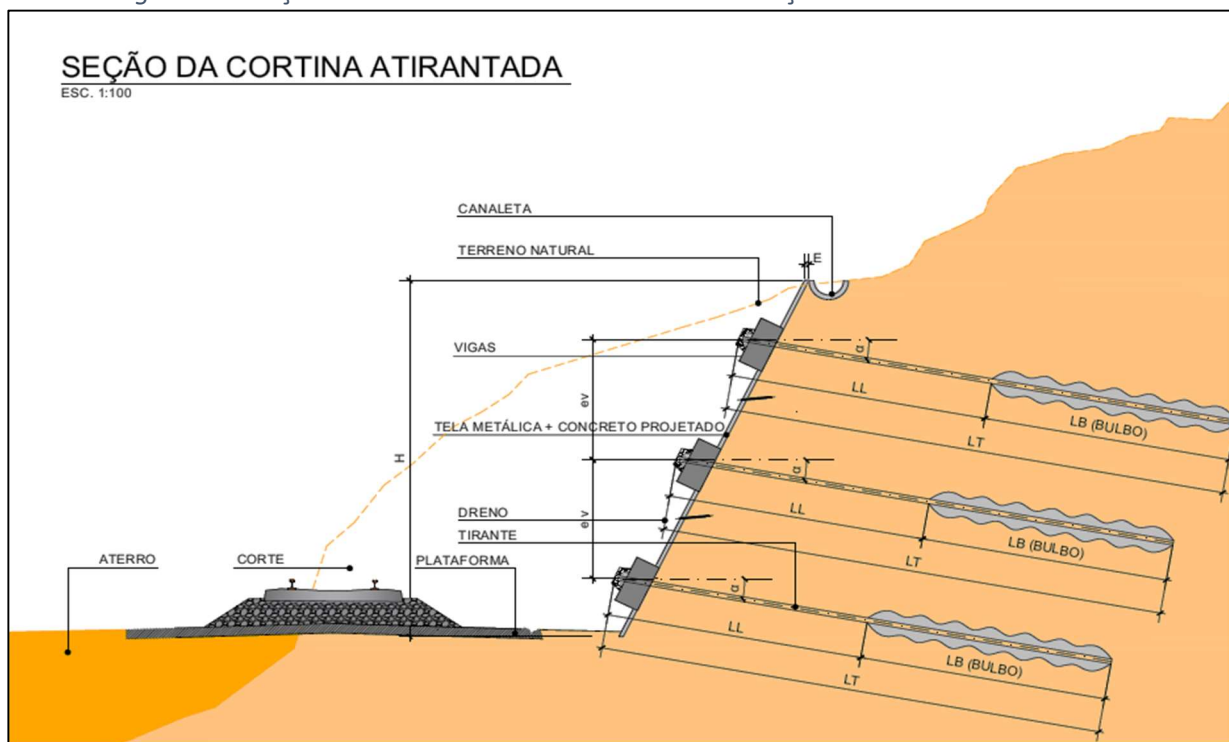
3.5.3 CONTENÇÃO DE CORTES

Em função das alturas de contenção que poderão ocorrer ao longo do traçado, a solução de engenharia adotada para as contenções de corte foi a cortina atirantada com viga e concreto projetado. A solução em questão é composta por vigas de concreto moldado *in loco*, posicionadas longitudinalmente como tirantes e, entre essas vigas, concreto projetado.

A localização das contenções foi determinada a partir do entendimento das seções transversais da ferrovia, ou seja, em seções de cortes acima de 40 metros se estudou a viabilidade da implantação do muro de contenção. Essa premissa leva em consideração um fator determinante: a dificuldade de se estabilizar grandes alturas de cortes com as inclinações de taludes adotadas, além dos altos custos de terraplenagem e da área a ser desapropriada.

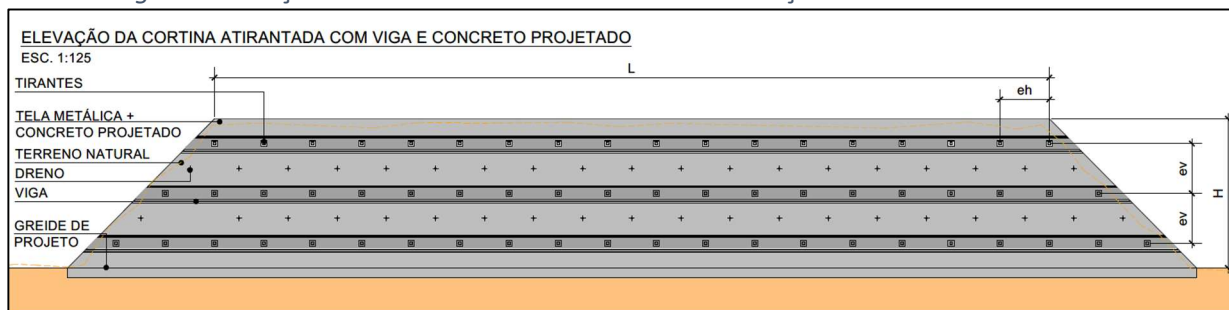
As Figuras 13 e 14 apresentam as características da solução de contenção em cortina atirantada.

Figura 13 – Seção transversal e características da contenção em cortina atirantada.



Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

Figura 14 – Seção transversal e características da contenção em cortina atirantada.



Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

E por fim, apresenta-se na *Tabela 11*, a localização e extensão das 31 contenções em corte previstas ao longo do traçado.

Tabela 11 – Dados de localização e geometria das contenções de corte

ITEM	KM INICIAL (m)	KM FINAL (m)	EXTENSÃO (m)
1	23+162,05	23+300,00	137,95
2	30+750,00	30+899,97	149,97
3	31+300,75	31+350,44	49,69
4	31+350,44	31+544,06	193,62
5	31+544,06	32+255,59	711,53

ITEM	KM INICIAL (m)	KM FINAL (m)	EXTENSÃO (m)
6	32+399,84	32+599,89	200,05
7	32+599,89	33+100,00	500,11
8	36+100,00	36+205,92	105,92
9	36+400,17	36+700,17	300,00
10	66+301,28	66+702,14	400,86
11	67+146,82	67+240,22	93,40
12	93+290,00	93+399,77	109,77
13	103+353,68	103+439,58	85,90
14	133+548,82	133+600,00	51,18
15	188+900,00	189+055,00	155,00
16	219+656,09	219+978,42	322,33
17	221+347,74	221+500,00	152,26
18	221+949,96	222+000,00	50,04
19	222+793,88	222+850,01	56,13
20	230+249,01	230+299,95	50,94
21	230+299,95	230+515,00	215,05
22	230+515,00	230+800,39	285,39
23	232+149,08	232+399,89	250,81
24	232+399,89	232+540,42	140,53
25	232+540,42	232+747,31	206,89
26	244+645,15	244+858,82	213,67
27	249+248,66	249+399,82	151,16
28	249+399,82	249+499,97	100,15
29	251+097,92	251+347,27	249,35
30	251+347,27	251+554,87	207,60
31	251+554,87	251+747,80	192,93

Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

3.5.4 CONTENÇÃO DE ATERROS

Para as contenções de aterros a solução de engenharia adotada foi solo reforçado com geossintético. Por se tratar de uma solução tecnicamente viável e amplamente utilizada em obras similares, de acordo com a literatura técnica disponível, trata-se de uma das soluções com o menor custo por metro quadrado (R\$/m²).

Esta solução é composta pela compactação de solo com a inclusão de um elemento plano, sintético, polímero ou metálico e resistente à tração. Esta combinação permite a redistribuição das tensões e deformações do maciço compactado, tornando a estrutura mais resistente, estável, praticamente inclinada e podendo chegar a alturas superiores a 80 m. Nas figuras 15 e 16 apresentam os desenhos dessa solução.

No presente estudo, adotou-se a utilização de geogrelha e de geotêxtil nos aterros, espaçados verticalmente em 60 cm, com face envelopada e comprimento transversal do reforço proporcional a 85% da altura da contenção (0,85H).

Na face do aterro, considerou-se a aplicação de concreto projetado com 10 cm de espessura e barbacãs com malha de 2 x 2 m. Além disso, foram projetados dispositivos de drenagem principal, utilizando filtro de areia com 25 cm de espessura e dreno de PVC de 100 mm.

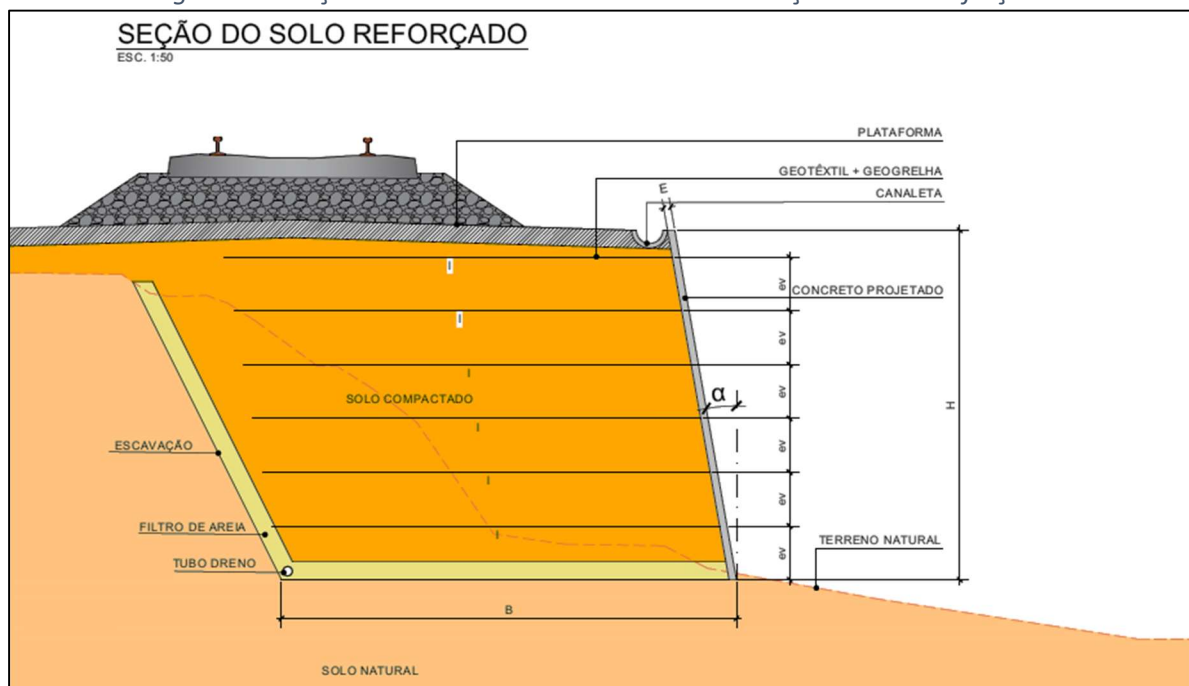
Totalizaram 27 contenções ao longo do traçado. A localização e o comprimento destes dispositivos estão apresentados na Tabela 12.

Tabela 12 – Dados de localização e geometria das contenções de aterro

ITEM	KM INICIAL (m)	KM FINAL (m)	EXTENSÃO (m)
1	37+101,60	37+750,33	648,73
2	48+800,12	49+000,00	199,88
3	50+850,44	51+000,00	149,56
4	97+439,16	97+500,00	60,84
5	97+500,00	97+600,00	100,00
6	98+200,00	98+251,73	51,73
7	105+900,00	10+6300,48	400,48
8	113+345,82	113+440,00	94,18
9	155+147,51	155+252,29	104,78
10	184+063,00	184+311,54	248,54
11	185+347,03	185+453,59	106,56
12	185+689,92	186+400,00	710,08
13	187+100,00	187+153,26	53,26
14	200+499,94	200+570,00	70,06
15	217+347,53	217+550,95	203,42
16	219+246,33	219+340,00	93,67
17	225+054,92	225+165,00	110,08
18	225+400,00	225+500,00	100,00
19	226+900,00	227+011,00	111,00
20	227+400,00	227+499,60	99,60
21	227+598,52	228+000,19	401,67
22	228+610,30	228+751,70	141,40
23	234+100,00	234+246,64	146,64
24	256+048,62	256+246,33	197,71
25	259+400,00	259+503,80	103,80
26	262+438,10	262+507,45	69,35
27	262+507,45	262+845,00	337,55

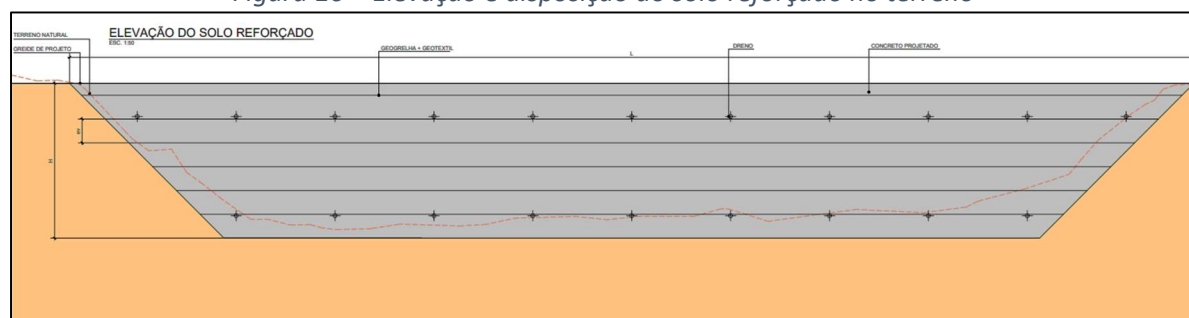
Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

Figura 15 – Seção transversal e características da solução em solo reforçado



Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

Figura 16 – Elevação e disposição do solo reforçado no terreno



Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

3.6 DRENAGEM E OBRAS DE ARTES CORRENTES

Para o dimensionamento de soluções padrões, utilizou-se normas e documentações disponibilizadas pela VALEC, especialmente na Especificação de Projeto referente aos “Estudos Hidrológicos” (80-EG-000A-27-0000, Rev. 1), ao “Projeto de Drenagem e Obras de Arte Correntes” (80-EG-000A-19-0000, Rev. 2) e demais normas aplicáveis.

3.6.1 BUEIROS

Os bueiros foram dimensionados contrapondo-se a vazão calculada para cada bacia em relação às vazões críticas dos dispositivos de drenagem, em conformidade com as instruções da Publicação IPR – 724 do DNIT.

Nos estudos hidráulicos considerou-se $79,73 \text{ m}^3/\text{s}$ como a maior vazão para o dimensionamento de bueiros, obedecendo para o dimensionamento desta vazão crítica as dimensões de um bueiro triplo celular de concreto (BTTC) de $3,00\text{m} \times 3,00\text{m}$. Assim sendo, os trechos dos cursos hídricos interceptados que possuem vazão superior a esta foram considerados como pontes.

Os bueiros foram dimensionados com a condição de funcionamento hidráulico como condutos forçados, sendo verificado pelo método de “controle de entrada” conforme FHWA (*Federal Highway Administration of the United States Department of Transportation*).

Para o dimensionamento de bueiros tubulares de concreto a serem implantados, admitiu-se, no máximo, a relação $HW/D=2$ (vazão calculada para $Tr=25$ anos), sendo o HW a altura da lâmina d’água à montante do bueiro e D o seu diâmetro).

Para os bueiros celulares admitiu-se, no máximo, a relação $HW/D=1,2$ (vazão calculada para $Tr=50$ anos), onde o HW a altura da lâmina d’água à montante do bueiro e D a altura do bueiro.

É válido destacar que para os bueiros dimensionados com controle de entrada, trabalhando como orifício, tem a sua capacidade de escoamento influenciada apenas pela dimensão do bueiro, pela altura da lâmina d’água a montante e pelo tipo de boca. Neste caso, a rugosidade, a declividade de assentamento e seu comprimento não influenciam na vazão.

Nessa fase dos estudos não coube uma análise detalhada da declividade de cada bueiro, bem como dos vários elementos que asseguram o bom funcionamento deste dispositivo, tais como: escada hidráulica, caixa coletora etc. Contudo, é de fundamental importância que se atenham a estes elementos na fase de Projeto Básico e Executivo.

As quantidades de bueiros para a ferrovia encontram-se apresentadas na *Tabela 13*.

Tabela 13 – Resumo dos bueiros

OAC	QUANTIDADE DE BOCA	QUANTIDADE DE OBRA	EXTENSÃO (m)
BSTC Ø1.00 m	28	14	871,18
BSTC Ø1.20 m	12	6	730,09
BSTC Ø1.50 m	50	25	1822,62
BDTC Ø1.20 m	10	5	341,61

OAC	QUANTIDADE DE BOCA	QUANTIDADE DE OBRA	EXTENSÃO (m)
BDTC Ø1.50 m	38	19	1571,32
BSCC 2.50 X 2.50 m	28	14	930,25
BSCC 3.00 X 3.00 m	28	14	1545,13
BDCC 3.00 X 3.00 m	26	13	1428,44
BTCC 3.00 X 3.00 m	4	2	113,52
TOTAL	224	112	9354,15

Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

Para finalizar a descrição da metodologia utilizada na quantificação dos bueiros, é interessante mencionar que, na saída dos bueiros tubulares, serão aplicados os dissipadores de energia, constantes no álbum de projetos-tipos de dispositivos de drenagem do IPR/DNIT (Publicação IPR-725, 1.19), e na saída dos bueiros celulares de concreto será aplicado dissipador padrão VALEC (80-DES-000A-19-8008), respeitando-se as quantidades informadas na *Tabela 14*.

Tabela 14 – Quantidade de dissipadores de energia

DISSIPADORES DE ENERGIA	UNIDADES
Bueiros Tubulares de Concreto	69
Bueiros Celulares de Concreto	43
TOTAL	112

Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

3.6.2 PONTES

Neste estudo, foram consideradas como pontes, os trechos dos cursos hídricos interceptados pelo traçado do Ramal Ferroviário que possuem uma vazão superior 79,73 m³/s.

Isso posto, as cotas máximas de cheia das pontes foram calculadas em conformidade com as instruções da Publicação IPR – 724 do DNIT.

Para a satisfação da metodologia descrita na referida publicação, inicialmente foram definidos os valores das vazões de projeto, levando em consideração o tempo de recorrência adotado e os métodos de cálculo recomendados para cada caso, obtidos nos estudos hidrológicos. Em seguida foram medidos a área molhada (A) e o perímetro molhado (P) a cada variação de altura do nível d'água (h) de 50 cm, interpolando valores quando necessário, com auxílio do software Civil 3D para cada seção transversal dos cursos hídricos interceptados pelo traçado da nova ferrovia (nos trechos em que se verificou a necessidade de dimensionamento de uma ponte).

No total, foram consideradas 12 pontes, contemplando um total 14 bacias hidrográficas, e uma extensão de 18 km. Importante ressaltar que os talvegues referentes às bacias com Identificação 04, 05 e 06 foram contempladas pela mesma ponte. Na Tabela 15 podem ser observadas as características das referente às 14 bacias onde haverá existência de ponte.

Tabela 15 – Bacias hidrográficas onde haverá existência de pontes

ID	CORREGO INTERCEPTADO	ESTACA (M)	ÁREA (Km ²)	Qp25 (m ³ /s)	Qp50 (m ³ /s)	Qp100 (m ³ /s)
ID-2	Rio Tormenta	40.497,13	287,062	258,68	312,08	373,66
ID-3	Rio Adelaide	47.816,94	449,340	534,76	626,71	730,89
ID-4	Rio Barra Grande	51.471,14	20,037	125,21	147,29	172,34
ID-5	Rio Barra Grande	51.562,66	20,067	123,43	145,14	169,78
ID-6	Rio Barra Grande	51.796,30	20,305	122,70	144,22	168,63
ID-7	Rio Iguaçu	74.854,10	61348,477	16543,74	19362,28	22580,20
ID-8	Rio Canoas	90.802,50	17,395	81,36	99,84	121,5
ID-10	Rio Dois Vizinhos	105.450,83	168,488	305,71	359,36	421,86
ID-11	Rio Lajeado Grande	115.551,45	190,226	265,34	314,27	370,46
ID-12	Rio Vere	127.841,75	58,604	135,24	169,49	210,04
ID-13	Rio Santana	135.932,34	1836,739	1687,01	1972,44	2295,90
ID-14	Rio Tapera	183.994,50	24,504	97,95	132,86	176,88
ID-16	Rio Tapera	186.597,85	7,490	118,13	141,55	169,63
ID-22	Rio Jaracatiá	98.044,67	19,734	87,24	106,64	129,33

Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

As especificações e quantidades dos materiais para os elementos de superestrutura, mesoestrutura e infraestrutura foram apresentadas subitem 16.6 (ORÇAMENTO).

3.6.3 DRENAGEM SUPERFICIAL

A drenagem superficial tem como objetivo interceptar ou captar e conduzir para o deságue seguro das águas provenientes de suas áreas adjacentes e aquelas que se precipitem sobre o corpo estradal, resguardando a segurança e a estabilidade além de buscar minimização da manutenção e conservação da via.

A metodologia utilizada para identificação dos dispositivos de drenagem superficial foi a análise da projeção dos taludes do corredor ferroviário a partir do software Civil 3D, em conjunto com a avaliação do perfil longitudinal e das seções dos taludes. Após a análise, estabeleceu-se a localização das valetas de proteção de corte e aterro, das sarjetas de corte e aterro, sarjetas em banquetas e dreno profundo, chegando nas quantidades apresentadas no capítulo 16 (Orçamento).

A seguir, apresenta-se uma breve descrição dos dispositivos de drenagem supracitados. Cabe ressaltar que, as soluções seguem a modelagem e instruções dispostas no Álbum de Projetos – Tipo de Dispositivos de Drenagem do DNIT.

3.6.3.1 VALETAS DE PROTEÇÃO DE CORTE E ATERRO

As valetas de proteção, são dispositivos localizados nas cristas de cortes ou pés de aterro, com a mesma finalidade das sarjetas, mas que por escoarem maiores deflúvios ou em razão de suas características construtivas têm em geral a forma trapezoidal ou retangular.

3.6.3.2 SARJETAS DE CORTE E ATERRO

A sarjeta de corte tem como objetivo captar as águas que se precipitam sobre a plataforma e taludes de corte e conduzi-las, longitudinalmente à rodovia, até o ponto de transição entre o corte e o aterro, de forma a permitir a saída lateral para o terreno natural ou para a valeta de aterro, ou então para a caixa coletora de um bueiro de greide.

A sarjeta de aterro tem como objetivo captar as águas precipitadas sobre a plataforma de modo a impedir que provoquem erosões na borda, acostamento e/ou no talude do aterro, conduzindo-as ao local de deságue seguro.

3.6.3.3 SARJETAS EM BANQUETAS

As sarjetas em banquetas servem para captar as águas oriundas dos taludes e das bermas, conduzindo-as ao local de deságue seguro.

3.6.3.4 DRENO PROFUNDO

Drenos longitudinais profundos são dispositivos utilizados para rebaixar o lençol freático, em cortes em solo ou rocha, evitando que a ação das águas subterrâneas possa afetar a resistência do material do subleito, prejudicando o desempenho deste.

3.6.3.5 DESCIDAS D'ÁGUA

As descidas d'água tem como objetivo conduzir as águas provenientes de outros dispositivos e/ou do terreno natural até cotas menos elevadas.

Tais obras podem ser previstas em degraus ou calhas, devendo ser dimensionadas de modo a conduzir as descargas sem danos para as áreas adjacentes.

3.6.3.6 OUTROS ELEMENTOS

Para a presente fase de estudos, com base nas informações levantadas até o momento, alguns elementos não podem ser quantificados. Entretanto, é de fundamental importância que se atenham a estes na fase de projeto executivo. Pode-se citar, como exemplo, as caixas coletoras e dispositivos de amortecimento, ou quaisquer outros que se mostrarem necessários quanto ao projeto básico/executivo.

3.7 OBRA DE ARTES ESPECIAIS

Este componente, Obras de Arte Especiais (OAEs), tem como objetivo apresentar as estruturas bem como a sua locação ao longo do traçado da ferrovia.

3.7.1 PONTES E VIADUTOS

As Obras de Arte Especiais (OAEs) foram separadas em dois grupos: OAEs ferroviárias e OAEs rodoviárias. As informações referentes às OAEs rodoviárias serão apresentadas no Capítulo 3.9 INTERFERÊNCIAS.

Para as intervenções nas rodovias, utilizou-se os projetos padrão de Pontes e Viadutos rodoviários do DNIT. Cabe ressaltar que, os viadutos serão implantados nos cruzamentos entre as rodovias federais/estaduais e o traçado geométrico da ferrovia, e as pontes, nos cruzamentos do traçado com os grandes cursos d'água.

Os elementos estruturais para as Pontes e Viadutos ferroviários foram pré-dimensionados seguindo as normas nacionais vigentes.

Os elementos estruturais foram pré-dimensionados seguindo as normas nacionais vigentes apresentadas abaixo:

- NBR 6118 – *Projeto de estruturas de concreto – Procedimento*, ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, 2014;
- NBR 6122 – *Projeto e execução de fundações – Procedimento*, ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, 2019;
- NBR 7187 – *Projeto de pontes de concreto armado e de concreto protendido – Procedimento*, ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, 2021;
- NBR 8681 – *Ações e segurança nas estruturas - Procedimento*, ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, 2004.

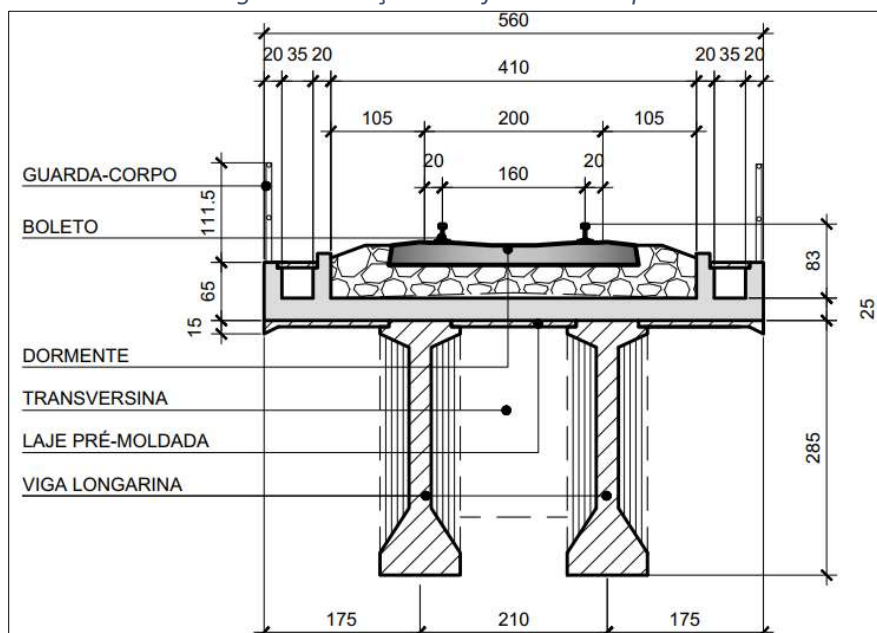
Nos locais em que o greide projetado apresentou um desnível muito elevado, em comparação ao terreno natural, adotou-se implantação de muros de contenção.

Para facilitar a implantação e aumentar a chance de acerto da solução adotada como padrão, foram estabelecidas soluções estruturais e técnicas correntemente utilizadas no mercado, sendo elas:

- Solução em grelha de vigas pré-moldadas protendidas e pré-lajes, complementadas com o restante da composição da laje moldada in loco, formadas por vãos de 20 a 30 m de extensão, bi apoiadas em aparelhos de apoio;
- Solução em concreto armado in loco para mesoestrutura e infraestrutura.

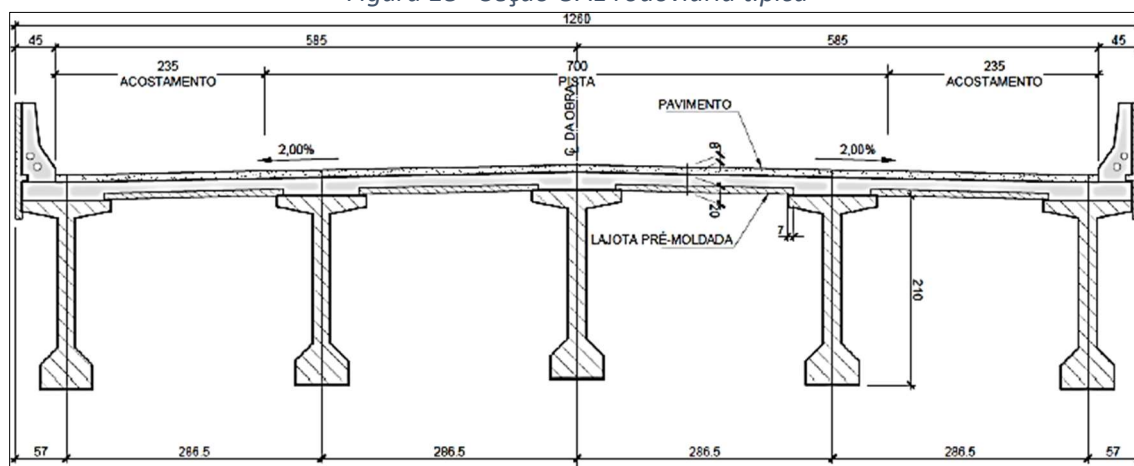
As Figura 17 e Figura 18 ilustram, respectivamente, a seção típica de OAE ferroviária e rodoviária.

Figura 17 - Seção OAE ferroviária típica



Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

Figura 18 - Seção OAE rodoviária típica



Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

A tipologia das OAEs ferroviárias é bastante similar a das rodoviárias. Apresenta-se a seguir algumas características comuns e diferentes entre elas.

Tabela 16 – Tipologia das OAEs ferroviárias e rodoviárias

Características	Ferrovias	Rodovias
Vigas pré-moldadas em concreto protendido	X	X
Laje composta por pré-laje e laje moldada <i>in loco</i>	X	X
Vãos isostáticos de 20 a 30 m para ferroviárias e 35 m para rodoviárias	X	X
Aparelhos de apoio em neoprene	X	X
Juntas de dilatação	X	X
Encontros em travessa para OAEs		X
Encontro em acesso estruturado para OAEs	X	

Características	Ferrovias	Rodovias
Estacas raiz diâmetro de 40 cm para apoios de OAEs		X
Estações diâmetro de 120 cm para OAEs	X	

Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

Devido a extensão de algumas OAEs ferroviárias, estudou-se as alturas dos pilares, espaçando preferencialmente os apoios a cada 30 m. Dessa forma, os pilares foram classificados nos seguintes grupos:

- Pilares médios: até 14 m;
- Pilares altos: de 15 m a 34 m;
- Pilares especiais: acima de 35 m.

Para o cálculo de quantidade de materiais foram adotadas as alturas médias de cada grupo de pilares de cada OAE.

Na Tabela 17 e na Tabela 18 são apresentadas as localizações e extensões estimadas das OAEs.

Tabela 17 – Localização e extensão dos viadutos ferroviários

Nº	INTERFERÊNCIA	NOVO/EXISTENTE	KM INICIAL (m)	KM FINAL (m)	EXTENSÃO
1	VIADUTO FERROVIÁRIO	NOVO	1.100,00	1.600,00	500,00
2	VIADUTO FERROVIÁRIO	NOVO	48.515,00	48.640,00	125,00
3	VIADUTO FERROVIÁRIO	NOVO	49.000,00	49.500,00	500,00
4	VIADUTO FERROVIÁRIO	NOVO	62.300,00	62.600,00	300,00
5	VIADUTO FERROVIÁRIO	NOVO	120.545,00	121.405,00	860,00
6	VIADUTO FERROVIÁRIO	NOVO	139.700,00	139.800,00	100,00
7	VIADUTO FERROVIÁRIO	NOVO	187.400,00	187.800,00	400,00
8	VIADUTO FERROVIÁRIO	NOVO	200.570,00	201.400,00	830,00
9	VIADUTO FERROVIÁRIO	NOVO	220.980,00	221.258,00	278,00
10	VIADUTO FERROVIÁRIO	NOVO	224.570,00	225.000,00	430,00
11	VIADUTO FERROVIÁRIO	NOVO	225.165,00	225.400,00	235,00
12	VIADUTO FERROVIÁRIO	NOVO	225.500,00	226.900,00	1.400,00
13	VIADUTO FERROVIÁRIO	NOVO	227.200,00	227.400,00	200,00
14	VIADUTO FERROVIÁRIO	NOVO	228.200,00	228.610,00	410,00
15	VIADUTO FERROVIÁRIO	NOVO	229.285,00	229.900,00	615,00
16	VIADUTO FERROVIÁRIO	NOVO	233.900,00	234.100,00	200,00
17	VIADUTO FERROVIÁRIO	NOVO	236.500,00	237.300,00	800,00
18	VIADUTO FERROVIÁRIO	NOVO	241.040,00	241.400,00	360,00
19	VIADUTO FERROVIÁRIO	NOVO	259.100,00	259.400,00	300,00

Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

Tabela 18 – Localização e extensão das pontes

Nº	INTERFERÊNCIAS	NOVO/EXISTENTE	KM INICIAL (m)	KM FINAL (m)	EXTENSÃO
1	PONTE	NOVO	38.000,00	42.900,00	4.900,00
2	PONTE	NOVO	47.345,00	48.300,00	955,00
3	PONTE	NOVO	51.000,00	52.900,00	1.900,00
4	PONTE	NOVO	74.400,00	75.410,00	1.010,00
5	PONTE	NOVO	90.350,00	91.000,00	650,00
6	PONTE	NOVO	97.600,00	98.200,00	600,00
7	PONTE	NOVO	105.200,00	105.900,00	700,00
8	PONTE	NOVO	113.440,00	117.940,00	4.500,00
9	PONTE	NOVO	127.300,00	128.100,00	800,00
10	PONTE	NOVO	135.244,00	136.229,00	985,00
11	PONTE	NOVO	183.756,00	184.066,00	310,00
12	PONTE	NOVO	186.400,00	187.100,00	700,00

Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

3.7.2 TÚNEIS

Os túneis ferroviários considerados no estudo de traçado geométrico possuem seção singela.

Em conformidade com os parâmetros geomecânicos do maciço (compartimentação), a seção dos túneis pode variar e, conseqüentemente, a malha do suporte e espessura do revestimento. Essa definição é baseada nas sondagens e nos ensaios sísmicos (eletrorresistividade). Como tais ensaios não foram realizados adotou-se como base experiências e benchmarking de outras ferrovias, no entanto, recomenda-se que nas fases de projetos básico e executivo as soluções adotadas no respectivo estudo sejam revisadas à luz dos resultados destes ensaios.

A indicação de túneis ocorreu nos trechos onde a escavação superava 40 m de altura e, além disso, uma possível solução de contenção de taludes seria mais onerosa ou inadequada para o segmento em questão. Onde a escavação necessária para implantação da ferrovia se mostrou inferior a 30 m, considerou-se a solução em corte. Ao todo foram identificados 18 túneis em seção singela, totalizando 15.676,00 m. A localização e comprimento destes estão apresentados na *Tabela 19*.

Tabela 19 – Dados de localização e extensão dos túneis

Nº	INTERFERÊNCIAS	NOVO/EXISTENTE	KM INICIAL (m)	KM FINAL (m)	EXTENSÃO (m)
1	TÚNEL	NOVO	16.400,00	17.200,00	800,00
2	TÚNEL	NOVO	18.800,00	19.040,00	240,00
3	TÚNEL	NOVO	22.400,00	22.900,00	500,00
4	TÚNEL	NOVO	23.300,00	23.700,00	400,00
5	TÚNEL	NOVO	33.100,00	36.100,00	3.000,00
6	TÚNEL	NOVO	92.500,00	93.290,00	790,00
7	TÚNEL	NOVO	101.600,00	102.100,00	500,00
8	TÚNEL	NOVO	110.815,00	112.300,00	1.485,00

Nº	INTERFERÊNCIAS	NOVO/EXISTENTE	KM INICIAL (m)	KM FINAL (m)	EXTENSÃO (m)
9	TÚNEL	NOVO	131.200,00	131.500,00	300,00
10	TÚNEL	NOVO	132.000,00	132.400,00	400,00
11	TÚNEL	NOVO	133.000,00	133.300,00	300,00
12	TÚNEL	NOVO	133.600,00	134.100,00	500,00
13	TÚNEL	NOVO	150.000,00	150.256,00	256,00
14	TÚNEL	NOVO	189.055,00	191.600,00	2.545,00
15	TÚNEL	NOVO	221.500,00	221.800,00	300,00
16	TÚNEL	NOVO	222.000,00	222.300,00	300,00
17	TÚNEL	NOVO	223.700,00	224.200,00	500,00
18	TÚNEL	NOVO	253.200,00	255.760,00	2.560,00

Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

3.8 SUPERESTRUTURA FERROVIÁRIA

A superestrutura da via permanente tem por objetivo absorver as cargas induzidas pelo tráfego das composições ferroviárias, dissipando-as de tal forma que, ao atingir o subleito, elas sejam inferiores à sua capacidade de suporte. Os componentes básicos que compõem a via permanente são, trilhos, dormentes, lastro e sublastro.

Foi definida com base na especificação de Projeto de Superestrutura (80-EG-000A-18-0000) da VALEC. Dessa forma, tanto os componentes da grade ferroviária (trilhos, fixações e dormentes) quanto as camadas subjacentes (lastro, sublastro e subleito) foram definidos em função das características do trem-tipo, conforme a *Tabela 20*.

Tabela 20 – Parâmetros do Trem-tipo.

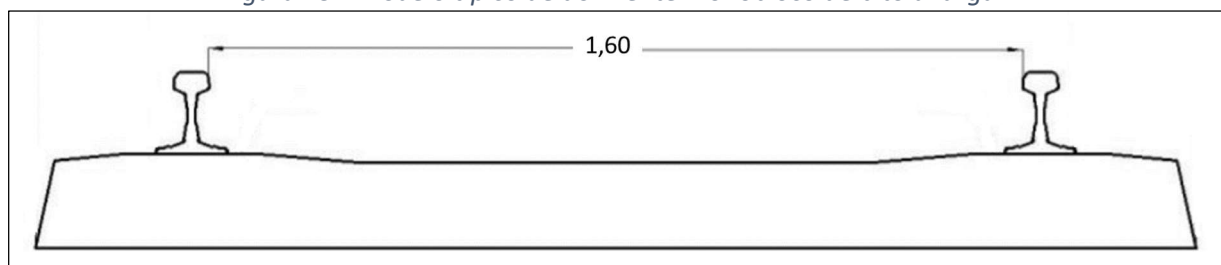
ITEM	ESPECIFICAÇÃO
Trem-tipo	TB-360
Carga máxima / eixo	32,5 tf
Velocidade de projeto/operacional	80 km/h
Locomotivas	4.400 HP
Vagões	HTT (Graneleiro) PRT (Contêiner)

Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

Foram adotados trilhos longos soldados (TLS) com comprimento mínimo de 240 m com perfil UIC 60 (padrão da *Union Internationale des chemins de fer/International union of railways* - UIC) para que eles suportem e transmitam de forma adequada os esforços térmicos e oriundos da passagem do material rodante. Os TLS serão unidos entre si por soldas aluminotérmicas para a formação de trilho contínuo soldado (TCS).

Para a via principal, pátios de cruzamento e outros desvios foram considerados dormentes monoblocos de concreto com espaçamento de 0,60 m, equivalente a uma taxa de aproximadamente 1667 dormentes/km. Já na região dos aparelhos de mudança de via (AMV) foram adotados jogos de dormentes de madeira. Foram previstos dormentes monoblocos de concreto de bitola larga (*Figura 19*).

Figura 19 - Modelo típico de dormente monobloco de bitola larga



Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

Com relação às fixações, os conjuntos a serem utilizados são elásticos, sendo compostos por grampos elásticos e palmilha amortecedora (dormente de concreto), trefões e arruelas duplas de pressão (dormente de madeira).

A camada de lastro adotada tem uma espessura mínima de 30 cm sob os dormentes nas regiões dos trilhos e uma largura de 30 cm de ombro com taludes 3:2 (H:V). A face inferior do lastro deverá ter declividade transversal de 3% para garantir uma adequada drenagem. O material britado a ser utilizado deve atender aos requisitos da NBR 5564 e da especificação 80-EM-0334A-58-8006 (Pedra Britada para Lastro) e, consequentemente atender a alguns requisitos como Índice de Abrasão Los Angeles inferior a 40 %, massa específica aparente maior que 2,40 t/m³ e absorção de água inferior a 1%.

Já a camada de sublastro considerada tem uma espessura de 20 cm, um CBR (California Bearing Ratio) mínimo de 20% e declividade transversal de 3%. No caso de solos lateríticos, o material da camada em questão deve ter expansão menor que 0,50%, índice de plasticidade inferior a 15%, limite de liquidez menor que 40%. Além desses requisitos, a porcentagem passante na peneira nº 200 deve ser menor que 2/3 da porcentagem passante na peneira nº 40, conforme especificações 80-ES-028A-20-8010 (Sublastro) e 80-EG-000A-29-0000 (Estudo Geotecnológico).

Por fim, os AMVs são elementos indispensáveis para o desvio de direção do trem e recebem carga elevada da composição ferroviária, o que os torna um dos elementos mais sensíveis de todo o projeto. Atendendo ao normativo disponibilizado pela VALEC, serão utilizados AMV com abertura 1:14 no caso de entrada/saída para a linha principal e 1:8 nos demais casos de desvios e pátios.

Um quadro resumo da superestrutura de via permanente é apresentado na *Tabela 21*.

Tabela 21 – Especificações da Superestrutura

ITEM	ESPECIFICAÇÕES	
Bitola	Larga (1,60 m)	Todos os trechos
Trilhos	UIC 60	
	Trilho Longo Soldado (TLS) – Comprimento mínimo de 240 m	
Fixações	Elásticas (palmilha amortecedora e grampo)	
Dormentes	Via principal e vias de desvio	Concreto monobloco
		Espaçamento de 0,60 m
	AMVs	Madeira
Lastro	Espessura de 30 cm	
Sublastro	Espessura de 20 cm	
	CBR mínimo de 20%	
AMV	Linhas e desvios principais	Abertura 1:14
	Desvios secundários	Abertura 1:8
Entrevia	4,50 m	

Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

É de se destacar que nos pátios de cruzamento foram previstos também desvios mortos com extensão de 300 m cada, um tipo de desvio que é provido de uma única chave de mudança de via, apresentando na outra extremidade um batente delimitatório de seu comprimento útil. A entrada e saída de veículo ferroviário se fazem numa só extremidade, ou seja, quando uma composição adentra nessa linha ela só pode sair através de recuo. Os desvios mortos geralmente são utilizados para “estacionar” vagões em caso de avarias, por exemplo, evitando que o fluxo de trens seja interrompido na linha principal e pátios de cruzamento.

Ademais, ressalta-se que a superestrutura citada é suficiente para o material rodante solicitante, de forma que os elementos da via permanente não ficam sujeitos a esforços maiores que os admissíveis.

3.9 INTERFERÊNCIAS

Com base nas informações apresentadas no **capítulo 3.7 (OBRA DE ARTES ESPECIAIS)**, considerou-se viadutos rodoviários como solução para as interferências da ferrovia nas rodovias. A seção típica desta tipologia de obra e suas principais características são apresentadas no capítulo em questão. As devidas localizações e extensões estimadas estão apresentadas na *Tabela 22*.

Tabela 22 – Extensão dos viadutos rodoviários

Nº	INTERFERÊNCIAS	NOVO/EXISTENTE	LOCALIZAÇÃO (KM)
1	VIADUTO RODOVIÁRIO	NOVO	21,623
2	VIADUTO RODOVIÁRIO	NOVO	67,310
3	VIADUTO RODOVIÁRIO	NOVO	100,149
4	VIADUTO RODOVIÁRIO	NOVO	167,993
5	VIADUTO RODOVIÁRIO	NOVO	198,044
6	VIADUTO RODOVIÁRIO	NOVO	218,513
7	VIADUTO RODOVIÁRIO	NOVO	245,071
8	VIADUTO RODOVIÁRIO	NOVO	249,004

Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

3.10 OBRAS COMPLEMENTARES

Nas obras complementares foram considerados os serviços apresentados na Tabela 23. Esses serviços abrangem a pavimentação das rodovias onde serão necessárias intervenções para adequação às novas OAEs implantadas.

Para proteção contra a erosão dos taludes de corte e aterro, obteve-se as áreas de corte para plantio de grama através de hidrossemeadura e as áreas de aterro para plantio de grama em leiva. Os quantitativos apresentados na Tabela 23, foram levantados a partir do corredor ferroviário gerado no software Civil 3D.

Foram previstas ainda passagens de fauna e fechamento da faixa de domínio utilizando cerca de arame farpado com mourão de concreto em toda extensão do trecho.

Tabela 23 – Obras complementares

OBRAS COMPLEMENTARES	UN.	QUANTIDADE
C.B.U.Q. excl. fornec. do CAP (até 10.000 T)	t	1.449,54
Binder exclusive fornecimento do CAP (até 10.000 T)	t	1.354,80
Pintura de ligação exclusive fornec. da emulsão	m ²	16.153,39
Imprimação impermeab. exclusive fornec. do CM	m ²	15.111,24
Fornecimento de CAP-50/70	t	143,59
Fornecimento de emulsão asfáltica RR-1C	t	8,08
Fornecimento de asfalto diluído CM-30	t	18,13
Base ou sub-base de brita graduada com brita comercial	m ³	3.382,27
Base ou sub-base de macadame seco com brita comercial	m ³	3.543,33
Regularização do subleito	m ²	18.133,49
Passagem de fauna		
Corpo de BSCC 2,50 x 2,50 m - moldado no local - altura do aterro 10,00 a 12,50 m - areia e brita comerciais	m	1.918,51
Boca de BSCC 2,50 x 2,50 m - esconsidade 0° - areia e brita comerciais	un	85,27
Cerca de passagem de fauna com tela de alambrado sobre mureta de blocos de concreto - H = 20 cm - mourões de madeira a cada 2,5 m e esticador a cada 50 m	m	1.705,34
PROTEÇÃO VEGETAL DE TALUDES		
Enleivamento	m ²	3.156.591,92
Hidrossemeadura	m ²	3.967.068,22
FECHAMENTO DA FAIXA DE DOMÍNIO		
Cerca com 4 fios de arame farpado e mourão de concreto de seção quadrada de 11 cm a cada 2,5 m e esticador de 15 cm a cada 50 m - areia e brita comerciais	m	529.084,00

Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

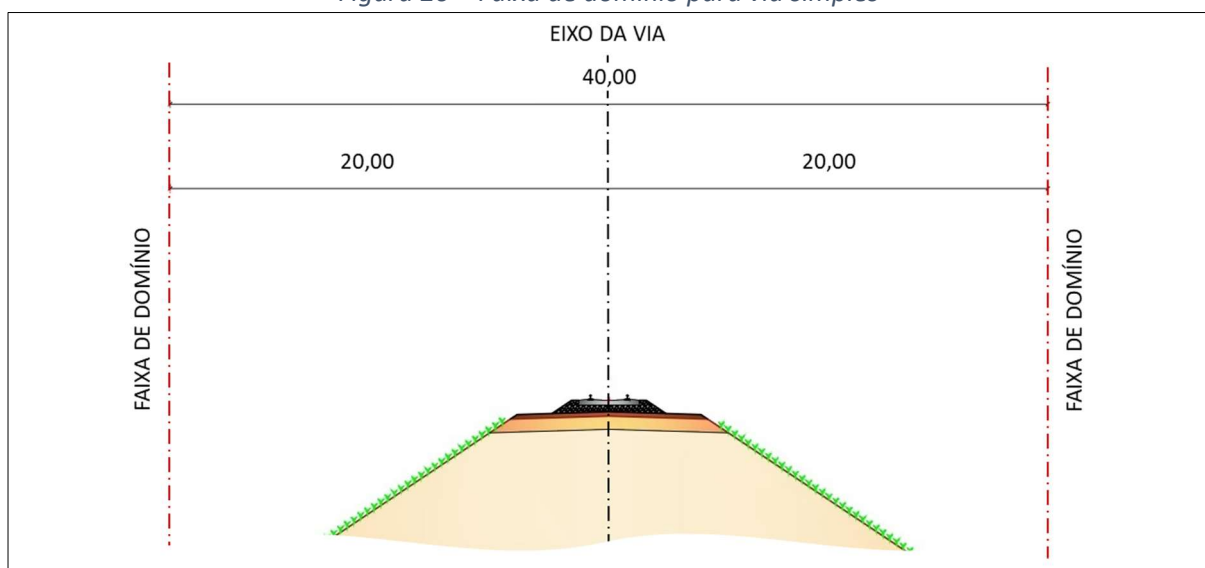
3.11 FAIXA DE DOMÍNIO

Este componente tem como objetivo realizar um levantamento prévio da área ser desapropriada. Para definição da faixa de domínio foram consideradas as seguintes larguras mínimas:

- Linha Simples: 40 metros (*Figura 20*);
- Pátios de Cruzamento – Linhas duplas: 60 metros (*Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia. Figura 21*);
- Terminais Ferroviários: 80 metros.

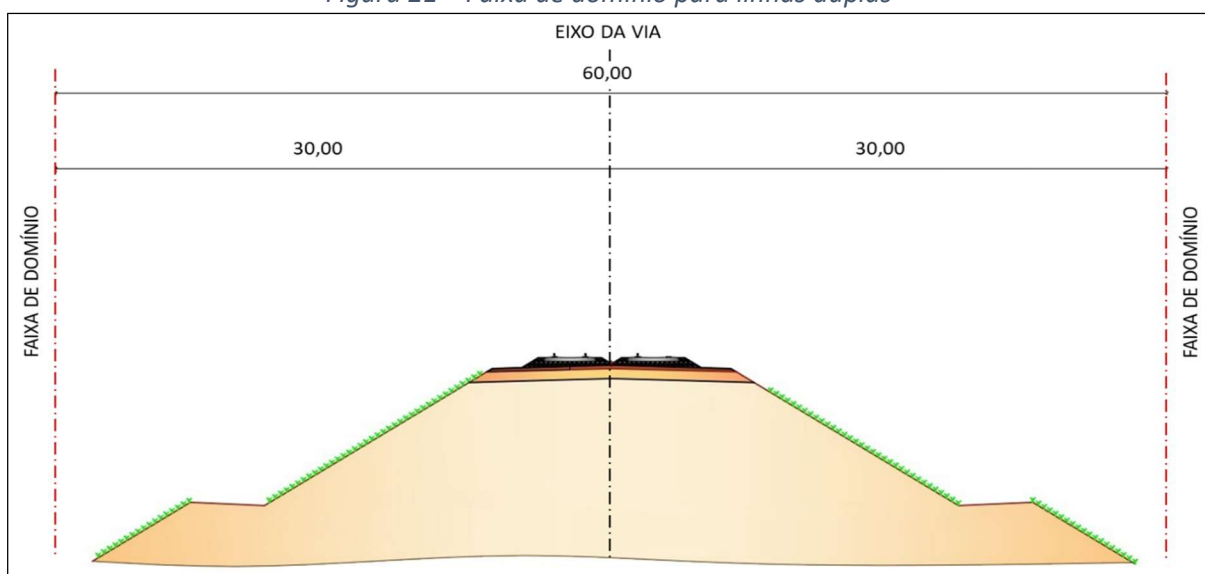
As figuras 20 e 21 a seguir mostram, respectivamente, a faixa de domínio para via simples e linhas duplas.

Figura 20 – Faixa de domínio para via simples



Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

Figura 21 – Faixa de domínio para linhas duplas



Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

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.

As áreas de desapropriação foram divididas em duas partes: áreas agricultáveis ou pasto e áreas de vegetação (*Tabela 24*), uma vez que o traçado da ferrovia não atravessa áreas urbanas passíveis de desapropriação.

Tabela 24 – Áreas de desapropriação

FAIXA DE DOMÍNIO	ÁREAS DE DESAPROPRIAÇÃO (ha)	
	AGRICULTÁVEIS/PASTO	VEGETAÇÃO
Ramal Ferroviário	1.730,74	242,24

Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

3.12 SISTEMA DE SINALIZAÇÃO, TELECOMUNICAÇÃO E ENERGIA

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.

3.12.1 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 263 km, abrangendo o trecho entre Cascavel/PR e Chapecó/SC, sendo todo o trecho em bitola larga (1,60 m), e geometria com raio mínimo igual a 404,48 metros.
- Operação – foi estabelecido, em princípio, para o espaçamento entre os desvios de cruzamento, uma distância média de aproximadamente 30 km.

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).

3.12.2 SISTEMAS DE SINALIZAÇÃO

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 *sinai externo*, instalado ao lado da via férrea, e *sinai 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 *Tabela 25* apresenta os quantitativos previstos dos equipamentos dos sistemas de controle e sinalização da via.

Tabela 25 – 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	48,00
INSTALAÇÃO ELÉTRICA DE SINAL ALTO EM MASTRO, TIPO COLOUR LIGHT (MULTIFOCAL), COM 3 ASPECTOS (CORES) LED - EXCLUINDO O FORNECIMENTO DO SINAL	UN	48,00
INSTALAÇÃO ELÉTRICA DE SINAL ANÃO, TIPO COLOUR LIGHT (MULTIFOCAL), COM 2 ASPECTOS (CORES) LED - EXCLUINDO O FORNECIMENTO DO SINAL	UN	24,00
SINAL ANÃO, TIPO COLOUR LIGHT (MULTIFOCAL), COM 2 ASPECTOS (CORES), EM BASE DE CONCRETO - FORNECIMENTO E MONTAGEM MECÂNICA	UN	24,00

ITEM	UND.	QUANTIDADE
CIRCUITO DE VIA	UN	30,00
INTERTRAVAMENTO (HARDWARE E SOFTWARE)	UN	12,00
DETECTOR DE DESCARRILAMENTO COM MODEM EMBARCADO, EM POSTE GALVANIZADO, ENERGIA CONCESSIONÁRIA, BITOLA MISTA, 2 LINHAS - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO	UN	24,00
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	24,00

Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

3.12.3 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; Os serviços devem estar outorgados e as estações (fixas e móveis) devem estar licenciadas pela ANATEL; Escolha adequada das faixas de frequências dos equipamentos de radiocomunicação, de acordo com regulamentação da ANATEL vigente e parâmetros de padronização estabelecidos pela ANTT; Parâmetros de disponibilidade, confiabilidade e desempenho, de acordo com o 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. No caso de falha no cabo de fibras ópticas, o

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

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 26 apresenta os quantitativos dos equipamentos do sistema de telecomunicações.

Tabela 26 – Quantitativos dos equipamentos do sistema de telecomunicações

ITEM	UND.	QUANTIDADE
FORNECIMENTO DE EQUIPAMENTOS DE TELECOMUNICAÇÕES		
RÁDIO MICROONDAS	UN	12,00
ANTENA	UN	12,00
CABO COAXIAL	M	1.205,00
TORRE METÁLICA (30M DE ALTURA MÉDIA)	UN	12,00
FIBRA ÓPTICA		
LANÇAMENTO AÉREO E TRACIONAMENTO DE CABO DE FIBRA ÓPTICA AUTOSSUSTENTÁVEL 36 FIBRAS, TRECHO EM CURVA OU DESNIVELADO - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO	M	262.842,42

Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

3.12.4 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.

O sistema elétrico será alimentado por linhas de transmissão de 13,8 kV que serão derivadas de 1 (uma) subestação (SE), localizada no estado do Paraná, SE Cascavel.

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 Tabela 27 apresenta um resumo das potências demandadas dessa subestação.

Tabela 27 – Potência demandada da subestação.

ESTADO	SUBESTAÇÃO	POTÊNCIA DEMANDADA (kVA)
PR	SE Cascavel	2855
Total		2855

Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia

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.

3.12.5 CENTRO DE CONTROLE OPERACIONAL (CCO)

O Centro de Controle Operacional (CCO) é a estrutura responsável por determinar o ritmo da circulação dos trens. Diante da execução do Ramal Cascavel – Chapecó, como sendo um ramal derivado da Nova FERROESTE, optou-se com base nos Estudos Operacionais, que o CCO desse empreendimento estaria localizado em Curitiba-PR e seu custo encontra-se dentro do custo geral da Nova FERROESTE. Todavia faz-se necessário deliberar sobre as suas características e funcionamento, visto a sua funcionalidade para a operação do Ramal.

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).

3.13 PLANO DE EXECUÇÃO DAS OBRAS

3.13.1 APRESENTAÇÃO

O presente capítulo refere-se à apresentação do plano de execução de obras para implantação da ferrovia no Ramal Cascavel (PR) – Chapecó (SC), numa extensão aproximada de 263,00 km.

Conforme o Plano de Faseamentos dos Investimentos, a implantação do empreendimento, em função de sua extensão total, foi dividida em 3 (três) anos, contados a partir do início da execução das obras no ano de 2041. Apresenta-se a seguir a previsão de implantação do Ramal.

Tabela 28 – Previsão de Implantação do Ramal.

PREVISÃO DE IMPLANTAÇÃO	KM INICIAL	KM FINAL	COMPRIMENTO (km)	PRINCIPAIS MUNICÍPIOS
2041 a 2043 (36 meses)	0,00	262,85	262,85	Cascavel (PR) e Chapecó (SC)

Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

3.13.2 CONDIÇÕES LOCAIS DE IMPLANTAÇÃO DOS TRECHOS FERROVIÁRIOS

O traçado do Ramal Cascavel (PR) – Chapecó (SC) cruza ou margeia estradas pavimentadas em toda sua extensão. Essa característica, apesar de configurar pontos de interferências a serem tratadas, facilita a logística do transporte de materiais, equipamentos e mão de obra.

A proposta de localização do canteiro levou em consideração a possibilidade de aplicar os preços para transportes em vias pavimentadas, por isso, ele foi locado nas proximidades dos cruzamentos do eixo do Ramal com as rodovias e estradas existentes.

3.13.3 PLANEJAMENTO EXECUTIVO

A seguir, apresenta-se o cronograma físico para implantação do Ramal Cascavel-Chapecó. Os anos são contados em função do faseamento da Nova FERROESTE, que tem o ano de 2023 como ANO 1 do projeto.

Figura 22 – Cronograma físico

DATA-BASE: JAN/2021		2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045
CAPEX	TOTAL (KR\$)	ANO 17	ANO 18	ANO 19	ANO 20	ANO 21	ANO 22	ANO 23
TOTAL	6.760.488,67	32.626,82	32.626,82	1.899.807,77	1.899.807,77	2.049.509,94	351.056,28	5.793,95
	100,00%	0,48%	0,48%	28,10%	28,10%	30,32%	5,19%	0,09%
0 PROJETO	65.253,65	32.626,82	32.626,82	-	-	-	-	-
PROJETO EXECUTIVO/ATO	65.253,65	32.626,82	32.626,82	-	-	-	-	-
	100,00%	50,00%	50,00%					
1 RAMAL FERROVIÁRIO	5.699.423,30	-	-	1.899.807,77	1.899.807,77	1.899.807,77	-	-
1 RAMAL CASCAVEL - CHAPECÓ	5.699.423,30	-	-	1.899.807,77	1.899.807,77	1.899.807,77	-	-
1.1 PR - RAMAL CASCAVEL - CHAPECÓ	5.699.423,30	-	-	1.899.807,77	1.899.807,77	1.899.807,77	-	-
1.1.1 VIA PERMANENTE - TRECHO PARANÁ	4.210.723,96	-	-	1.403.574,65	1.403.574,65	1.403.574,65	-	-
	100,00%			33,33%	33,33%	33,33%		
1.1.2 VIA PERMANENTE - TRECHO SANTA CATARINA	1.455.945,73	-	-	485.315,24	485.315,24	485.315,24	-	-
	100,00%			33,33%	33,33%	33,33%		
1.1.3 TERMINAL CHAPECÓ	32.753,61	-	-	10.917,87	10.917,87	10.917,87	-	-
	100,00%			33,33%	33,33%	33,33%		
2 MATERIAL RODANTE	995.811,73	-	-	-	-	149.702,18	351.056,28	5.793,95
2.1 MATERIAL RODANTE	995.811,73	-	-	-	-	149.702,18	351.056,28	5.793,95
2.1.1 MATERIAL RODANTE	995.811,73	-	-	-	-	149.702,18	351.056,28	5.793,95
	100,00%					15,03%	35,25%	0,58%
DATA-BASE: JAN/2021		2046	2047	2048	2049	2050	2051	2052
CAPEX	TOTAL (KR\$)	ANO 24	ANO 25	ANO 26	ANO 27	ANO 28	ANO 29	ANO 30
TOTAL	6.760.488,67	5.649,99	5.508,51	5.369,72	5.233,77	5.100,76	4.970,75	4.843,77
	100,00%	0,08%	0,08%	0,08%	0,08%	0,08%	0,07%	0,07%
0 PROJETO	65.253,65	-	-	-	-	-	-	-
PROJETO EXECUTIVO/ATO	65.253,65	-	-	-	-	-	-	-
	100,00%							
1 RAMAL FERROVIÁRIO	5.699.423,30	-	-	-	-	-	-	-
1 RAMAL CASCAVEL - CHAPECÓ	5.699.423,30	-	-	-	-	-	-	-
1.1 PR - RAMAL CASCAVEL - CHAPECÓ	5.699.423,30	-	-	-	-	-	-	-
1.1.1 VIA PERMANENTE - TRECHO PARANÁ	4.210.723,96	-	-	-	-	-	-	-
	100,00%							
1.1.2 VIA PERMANENTE - TRECHO SANTA CATARINA	1.455.945,73	-	-	-	-	-	-	-
	100,00%							
1.1.3 TERMINAL CHAPECÓ	32.753,61	-	-	-	-	-	-	-
	100,00%							
2 MATERIAL RODANTE	995.811,73	5.649,99	5.508,51	5.369,72	5.233,77	5.100,76	4.970,75	4.843,77
2.1 MATERIAL RODANTE	995.811,73	5.649,99	5.508,51	5.369,72	5.233,77	5.100,76	4.970,75	4.843,77
2.1.1 MATERIAL RODANTE	995.811,73	5.649,99	5.508,51	5.369,72	5.233,77	5.100,76	4.970,75	4.843,77
	100,00%	0,57%	0,55%	0,54%	0,53%	0,51%	0,50%	0,49%

DATA-BASE: JAN/2021

CAPEX		2053	2054	2055	2056	2057	2058	2059
TOTAL (KR\$)		ANO 31	ANO 32	ANO 33	ANO 34	ANO 35	ANO 36	ANO 37
TOTAL	6.760.488,67	5.026,98	5.502,73	5.044,68	4.665,63	4.264,72	4.155,13	4.048,33
	100,00%	0,07%	0,08%	0,07%	0,07%	0,06%	0,06%	0,06%
0 PROJETO	65.253,65	-	-	-	-	-	-	-
PROJETO EXECUTIVO/ATO	65.253,65	-	-	-	-	-	-	-
	100,00%							
1 RAMAL FERROVIÁRIO	5.699.423,30	-	-	-	-	-	-	-
1 RAMAL CASCAVEL - CHAPECÓ	5.699.423,30	-	-	-	-	-	-	-
1.1 PR - RAMAL CASCAVEL - CHAPECÓ	5.699.423,30	-	-	-	-	-	-	-
1.1.1 VIA PERMANENTE - TRECHO PARANÁ	4.210.723,96	-	-	-	-	-	-	-
	100,00%							
1.1.2 VIA PERMANENTE - TRECHO SANTA CATARINA	1.455.945,73	-	-	-	-	-	-	-
	100,00%							
1.1.3 TERMINAL CHAPECÓ	32.753,61	-	-	-	-	-	-	-
	100,00%							
2 MATERIAL RODANTE	995.811,73	5.026,98	5.502,73	5.044,68	4.665,63	4.264,72	4.155,13	4.048,33
2.1 MATERIAL RODANTE	995.811,73	5.026,98	5.502,73	5.044,68	4.665,63	4.264,72	4.155,13	4.048,33
2.1.1 MATERIAL RODANTE	995.811,73	5.026,98	5.502,73	5.044,68	4.665,63	4.264,72	4.155,13	4.048,33
	100,00%	0,50%	0,55%	0,51%	0,47%	0,43%	0,42%	0,41%
DATA-BASE: JAN/2021		2060	2061	2062	2063	2064	2065	2066
CAPEX		ANO 38	ANO 39	ANO 40	ANO 41	ANO 42	ANO 43	ANO 44
TOTAL	6.760.488,67	3.944,23	3.842,76	3.743,84	3.647,41	3.553,38	3.461,69	3.372,27
	100,00%	0,06%	0,06%	0,06%	0,05%	0,05%	0,05%	0,05%
0 PROJETO	65.253,65	-	-	-	-	-	-	-
PROJETO EXECUTIVO/ATO	65.253,65	-	-	-	-	-	-	-
	100,00%							
1 RAMAL FERROVIÁRIO	5.699.423,30	-	-	-	-	-	-	-
1 RAMAL CASCAVEL - CHAPECÓ	5.699.423,30	-	-	-	-	-	-	-
1.1 PR - RAMAL CASCAVEL - CHAPECÓ	5.699.423,30	-	-	-	-	-	-	-
1.1.1 VIA PERMANENTE - TRECHO PARANÁ	4.210.723,96	-	-	-	-	-	-	-
	100,00%							
1.1.2 VIA PERMANENTE - TRECHO SANTA CATARINA	1.455.945,73	-	-	-	-	-	-	-
	100,00%							
1.1.3 TERMINAL CHAPECÓ	32.753,61	-	-	-	-	-	-	-
	100,00%							
2 MATERIAL RODANTE	995.811,73	3.944,23	3.842,76	3.743,84	3.647,41	3.553,38	3.461,69	3.372,27
2.1 MATERIAL RODANTE	995.811,73	3.944,23	3.842,76	3.743,84	3.647,41	3.553,38	3.461,69	3.372,27
2.1.1 MATERIAL RODANTE	995.811,73	3.944,23	3.842,76	3.743,84	3.647,41	3.553,38	3.461,69	3.372,27
	100,00%	0,40%	0,39%	0,38%	0,37%	0,36%	0,35%	0,34%

DATA-BASE: JAN/2021

CAPEX		2067	2068	2069	2070	2071	2072	2073
TOTAL (KR\$)		ANO 45	ANO 46	ANO 47	ANO 48	ANO 49	ANO 50	ANO 51
TOTAL	6.760.488,67	3.285,04	3.199,96	3.116,94	3.035,95	2.956,92	2.879,80	2.804,55
	100,00%	0,05%	0,05%	0,05%	0,04%	0,04%	0,04%	0,04%
0 PROJETO	65.253,65	-	-	-	-	-	-	-
PROJETO EXECUTIVO/ATO	65.253,65	-	-	-	-	-	-	-
	100,00%							
1 RAMAL FERROVIÁRIO	5.699.423,30	-	-	-	-	-	-	-
1 RAMAL CASCAVEL - CHAPECÓ	5.699.423,30	-	-	-	-	-	-	-
1.1 PR - RAMAL CASCAVEL - CHAPECÓ	5.699.423,30	-	-	-	-	-	-	-
1.1.1 VIA PERMANENTE - TRECHO PARANÁ	4.210.723,96	-	-	-	-	-	-	-
	100,00%							
1.1.2 VIA PERMANENTE - TRECHO SANTA CATARINA	1.455.945,73	-	-	-	-	-	-	-
	100,00%							
1.1.3 TERMINAL CHAPECÓ	32.753,61	-	-	-	-	-	-	-
	100,00%							
2 MATERIAL RODANTE	995.811,73	3.285,04	3.199,96	3.116,94	3.035,95	2.956,92	2.879,80	2.804,55
2.1 MATERIAL RODANTE	995.811,73	3.285,04	3.199,96	3.116,94	3.035,95	2.956,92	2.879,80	2.804,55
2.1.1 MATERIAL RODANTE	995.811,73	3.285,04	3.199,96	3.116,94	3.035,95	2.956,92	2.879,80	2.804,55
	100,00%	0,33%	0,32%	0,31%	0,30%	0,30%	0,29%	0,28%
DATA-BASE: JAN/2021		2074	2075	2076	2077	2078	2079	2080
CAPEX		ANO 52	ANO 53	ANO 54	ANO 55	ANO 56	ANO 57	ANO 58
TOTAL	6.760.488,67	2.731,11	2.659,44	2.589,51	2.521,28	2.454,69	2.389,73	2.326,36
	100,00%	0,04%	0,04%	0,04%	0,04%	0,04%	0,04%	0,03%
0 PROJETO	65.253,65	-	-	-	-	-	-	-
PROJETO EXECUTIVO/ATO	65.253,65	-	-	-	-	-	-	-
	100,00%							
1 RAMAL FERROVIÁRIO	5.699.423,30	-	-	-	-	-	-	-
1 RAMAL CASCAVEL - CHAPECÓ	5.699.423,30	-	-	-	-	-	-	-
1.1 PR - RAMAL CASCAVEL - CHAPECÓ	5.699.423,30	-	-	-	-	-	-	-
1.1.1 VIA PERMANENTE - TRECHO PARANÁ	4.210.723,96	-	-	-	-	-	-	-
	100,00%							
1.1.2 VIA PERMANENTE - TRECHO SANTA CATARINA	1.455.945,73	-	-	-	-	-	-	-
	100,00%							
1.1.3 TERMINAL CHAPECÓ	32.753,61	-	-	-	-	-	-	-
	100,00%							
2 MATERIAL RODANTE	995.811,73	2.731,11	2.659,44	2.589,51	2.521,28	2.454,69	2.389,73	2.326,36
2.1 MATERIAL RODANTE	995.811,73	2.731,11	2.659,44	2.589,51	2.521,28	2.454,69	2.389,73	2.326,36
2.1.1 MATERIAL RODANTE	995.811,73	2.731,11	2.659,44	2.589,51	2.521,28	2.454,69	2.389,73	2.326,36
	100,00%	0,27%	0,27%	0,26%	0,25%	0,25%	0,24%	0,23%

DATA-BASE: JAN/2021

		2081	2082	2083	2084	2085	2086	2087
		ANO 59	ANO 60	ANO 61	ANO 62	ANO 63	ANO 64	ANO 65
CAPEX	TOTAL (KR\$)							
TOTAL	6.760.488,67	2.264,55	2.204,26	98.698,74	228.439,10	5.537,24	8.125,99	10.087,11
	100,00%	0,03%	0,03%	1,46%	3,38%	0,08%	0,12%	0,15%
0 PROJETO	65.253,65	-	-	-	-	-	-	-
PROJETO EXECUTIVO/ATO	65.253,65	-	-	-	-	-	-	-
	100,00%							
1 RAMAL FERROVIÁRIO	5.699.423,30	-	-	-	-	-	-	-
1 RAMAL CASCAVEL - CHAPECÓ	5.699.423,30	-	-	-	-	-	-	-
1.1 PR - RAMAL CASCAVEL - CHAPECÓ	5.699.423,30	-	-	-	-	-	-	-
1.1.1 VIA PERMANENTE - TRECHO PARANÁ	4.210.723,96	-	-	-	-	-	-	-
	100,00%							
1.1.2 VIA PERMANENTE - TRECHO SANTA CATARINA	1.455.945,73	-	-	-	-	-	-	-
	100,00%							
1.1.3 TERMINAL CHAPECÓ	32.753,61	-	-	-	-	-	-	-
	100,00%							
2 MATERIAL RODANTE	995.811,73	2.264,55	2.204,26	98.698,74	228.439,10	5.537,24	8.125,99	10.087,11
2.1 MATERIAL RODANTE	995.811,73	2.264,55	2.204,26	98.698,74	228.439,10	5.537,24	8.125,99	10.087,11
2.1.1 MATERIAL RODANTE	995.811,73	2.264,55	2.204,26	98.698,74	228.439,10	5.537,24	8.125,99	10.087,11
	100,00%	0,23%	0,22%	9,91%	22,94%	0,56%	0,82%	1,01%

Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

3.13.4 PRINCIPAIS MÉTODOS CONSTRUTIVOS PROPOSTOS

Os métodos construtivos expostos no presente item correspondem aos procedimentos estabelecidos para a execução dos principais serviços que integram o escopo do projeto, complementando as especificações existentes, as quais prevalecerão em caso de eventuais conflitos.

Ressalta-se que o estabelecimento desses processos se deu em função das premissas relativas às características gerais do empreendimento e suas particularidades, já analisadas anteriormente, estando plenamente compatíveis com o escopo de serviços e com o cronograma de execução, concebidos para a obra como um todo.

Tais métodos construtivos foram apresentados abaixo somente uma vez nos tópicos em que serão mais utilizados, podendo, entretanto, ser utilizados em outros tópicos, conforme segue:

3.13.4.1 INSTALAÇÕES PROVISÓRIAS DE OBRAS

3.13.4.1.1 INSTALAÇÕES E APARELHAMENTO DOS CANTEIROS DE OBRAS

O canteiro de obras deverá ser executado de forma a atender às necessidades para a perfeita execução das obras e conforme normas e legislação existentes.

Assim, tão logo o canteiro encontre-se em operação, será iniciada a sua manutenção, a fim de que durante todo o período que transcorrer a obra, este se encontre em perfeitas condições de higiene e segurança.

Durante todo o desenvolvimento da obra, será mantida nos canteiros equipes permanentes para os serviços de limpeza em geral e remoção de entulhos resultantes dos serviços locais.

Estas equipes serão responsáveis pela manutenção, ordem e limpeza nas áreas dos canteiros, sendo responsáveis ainda pela manutenção dos acessos necessários ao transporte de materiais.

3.13.4.1.2 MOBILIZAÇÃO E DESMOBILIZAÇÃO DO CANTEIRO DE OBRAS

O canteiro de obras será construído em conformidade com projeto desenvolvido especificamente para a obra, onde estejam detalhadas a localização, área e layout do canteiro.

As obras de construção do canteiro de obras, bem como das instalações auxiliares, terão início pela sua locação topográfica e adequação do terreno às instalações a serem implantadas com utilização também de contêineres.

Todas as unidades serão conservadas no decorrer das obras, tendo em vista manter o local em plenas condições de trabalho.

Ao final da obra o canteiro será desmobilizado, de acordo com o cronograma proposto, e serão feitas as readequações de pavimentação e/ou paisagismo no local de implantação do canteiro, acompanhando as indicações previstas em projeto executivo.

3.13.4.1.3 LOCAÇÃO DAS OBRAS

Inicialmente será realizada a implantação de marcos de referência planimétrico e altimétrico, os quais serão demarcados tão próximos quanto possível das áreas de trabalho. Os marcos planimétricos terão

definidas as coordenadas planas e orientação, sendo que os altimétricos terão como referência de altitude os níveis de referência.

Nos casos em que os marcos de referência estiverem distantes das áreas de trabalho, serão providenciados os transportes das referências dos marcos geodésicos oficiais.

A locação e nivelamento da linha e outros dispositivos a serem instalados ou construídos será executada em estrita observância ao Projeto, iniciando-se o processo pela locação do eixo da linha a ser implantada.

A locação será efetuada a partir dos marcos de referência, com elementos topográficos calculados a partir das coordenadas do Projeto, sendo que a precisão garantirá um desvio máximo dentro das tolerâncias especificadas para a obra em pauta.

As cotas finais dos sublastros serão verificadas de 20 em 20 metros, antes do assentamento da linha. Serão também verificadas as cotas do topo dos boletos dos trilhos, visando qualquer correção do nivelamento onde for necessário.

Os serviços de escavação somente serão iniciados após identificadas as interferências existentes no local, de acordo ao projeto de interferências, visando evitar danos aos sistemas e obras implantadas.

Os remanejamentos necessários serão programados com antecedência e de acordo com a Fiscalização, precedidos dos cuidados necessários para minimizar os efeitos sobre usuários dos sistemas implantados.

Após a execução das obras, será efetuado um cadastramento com todos os dados concernentes aos elementos construídos.

3.13.4.1.4 REMOÇÃO DE INTERFERÊNCIAS

Previamente ao início das obras deve ser realizado o cadastramento em campo das interferências, visando evitar danos a sistemas e obras implantadas.

Qualquer remanejamento necessário será precedido dos cuidados necessários para minimizar os efeitos sobre usuários dos sistemas implantados.

3.13.4.1.5 SINALIZAÇÕES E TRAVESSIAS

Para execução das obras e serviços serão obedecidas as posturas municipais e exigências de outro órgão público ou de concessionária de serviços. Neste caso, independente do que for exigido, será executada a sinalização preventiva, conforme o caso com placas de barragem, cones de borracha, iluminação e outros ao longo dos locais interferentes com o tráfego de veículos no entorno das obras.

3.13.4.2 SINALIZAÇÃO DE OBRAS

3.13.4.2.1 SINALIZAÇÃO DE TRÁFEGO

A sinalização empregada atenderá a três aspectos básicos:

- Advertir aos usuários, tanto pedestres quanto veículos da existência da obra e proteger os funcionários e usuários de eventuais acidentes;

- Manter confinada a área de trabalho, de maneira a permitir que os trabalhos sejam realizados sem interferências de estranhos.
- Reduzir o risco de acidentes aos veículos que se aproximam, fazendo com que estes reduzam as velocidades gradativamente à medida que se aproximam do trecho em obra, mantendo o tráfego com a fluência mínima desejável.

Sob tais aspectos, o esquema geral de sinalização da obra foi dividido em dois grupos:

- Sinalização antecedente ao local da obra;
- Sinalização no local da obra.

A sinalização antecedente ao local da obra utiliza-se basicamente de sinais de advertência quanto à existência de obras e relativos à natureza do problema, cones e/ou balizadores e/ou barreiras para canalizar o tráfego, sinais de orientação que indiquem aos motoristas e pedestres, o destino a seguir.

A sinalização empregada no local das obras deverá caracterizar perfeitamente a obra e fará a separação segura do fluxo de veículos e pedestres.

Para atingir esses objetivos serão utilizadas, barreiras para o caso de fechamento parcial ou total das vias, e cercas portáteis em locais específicos.

Para a identificação dos trabalhos e atendimento às exigências do CREA, serão instaladas placas de identificação da obra, onde constarão o nome do responsável técnico, endereço, número de registro no CREA da região de competência e outros dados exigidos.

3.13.4.3 CONSTRUÇÃO DE ACESSOS

Para a construção de acessos, após as obras de corte e aterro necessárias, o leito deles será revestido com cascalho caso necessário.

A execução do revestimento compreenderá as operações de seleção, espalhamento, homogeneização, umedecimento ou secagem, compactação e acabamento dos materiais, realizados na pista, devidamente preparada na largura desejada, nas quantidades que permitam, após compactação, atingir a espessura projetada.

3.13.4.3.1 DESMATAMENTO E LIMPEZA DO TERRENO

As operações de desmatamento, destocamento e limpeza serão executadas mediante a utilização de equipamentos adequados, complementadas com o emprego de serviços manuais e, eventualmente, de explosivos. O equipamento será função da densidade e do tipo de vegetação existente e dos prazos previstos para a execução dos serviços e obras.

O desmatamento compreende o corte e remoção de toda vegetação, qualquer que seja sua dimensão e densidade.

O destocamento e limpeza compreendem as operações de escavação ou outro processo equivalente, para remoção total dos tocos e, sempre que necessário, a remoção da camada de solo orgânico.

Os materiais provenientes do desmatamento, destocamento e limpeza serão destinados aos locais preestabelecidos para descarte ou armazenamento.

As áreas desmatadas serão aquelas previstas para acessos, cortes, aterros, e canteiros respeitando as áreas necessárias acrescidas dos off sets necessários de acordo às indicações técnicas.

Os serviços serão executados apenas nos locais onde estiver prevista a execução da terraplenagem, com acréscimo de dois metros para cada lado; no caso de áreas de empréstimo, os serviços serão executados apenas na área mínima indispensável à exploração. Em qualquer caso, os elementos de composição paisagística assinalados no projeto deverão ser preservados.

Nenhum movimento de terra poderá ser iniciado enquanto os serviços de desmatamento, destocamento e limpeza não estiverem totalmente concluídos.

O controle das operações de desmatamento, destocamento e limpeza será feito por apreciação visual da qualidade dos serviços.

3.13.4.4 DEMOLIÇÕES E REMOÇÕES

Os materiais e equipamentos a serem utilizados na execução dos serviços de demolições e remoções atenderão às especificações do projeto, bem como às prescrições da NBR 5682. Os materiais serão cuidadosamente armazenados, em locais secos e protegidos.

Os tapumes e outros meios de proteção e segurança serão executados conforme o projeto.

Os materiais provenientes da demolição reaproveitáveis ou não, serão convenientemente removidos para os locais indicados pela Fiscalização. A limpeza da área será feita ao término dos serviços.

Serão definidas como obras de concreto simples todas as partes de alvenaria de pedra ou tijolos, guias, sarjetas, passeios, canaletas de concreto ou outras estruturas sem armadura, como muros de arrimo, pequenas estruturas, vedações de concreto, ou qualquer outra construção de alvenaria.

Os elementos de concreto simples, de dimensões pequenas, que devam ser demolidos serão removidos dos pontos em que se encontram para locais determinados. O concreto removido será fraturado em pedaços que possam ser manipulados facilmente.

O material resultante das demolições será transportado por caminhões basculantes à ADME a ser utilizada.

3.13.4.5 SERVIÇOS EM TERRAPLENAGEM

Para a execução da terraplenagem, deverão ser observadas as disposições a seguir, em consonância com as normas e instruções de serviço da VALEC e do DNIT.

3.13.4.5.1 CONDIÇÕES GERAIS

a) Equipamentos

Os equipamentos a serem utilizados nas operações de escavação serão selecionados, de acordo com a natureza e classificação do material a ser escavado e com a produção necessária.

Para o caso dos aterros, os equipamentos de compactação deverão também ser selecionados de acordo com cada etapa de execução, como por exemplo do corpo do aterro e da camada

final de terraplenagem. Ainda, deverá ser levado em consideração a predominância de tipos de solos e tamanhos de partículas.

b) Materiais

O material para o aterro deverá ser devidamente selecionado e proveniente de escavação de corte ou área de empréstimo. Devem atender à disponibilidade, qualidade e destinação prévia indicada em projeto.

O solo utilizado deverá ser isento de matéria orgânica, micácea e diatomácea. Não deverão ser empregadas turfas e argilas orgânicas.

Os solos deverão seguir as seguintes características básicas:

- Para corpo do aterro, deverão ser empregados solos com CBR maior que 2% e expansão menor que 4%;
- A camada final de terraplenagem, que compreende os últimos 60 cm do aterro, deverá ser executada:
 - Para superestrutura ferroviária: CBR maior ou igual a 8% e expansão menor que 2%;
 - Para pavimentação rodoviária: CBR maior ou igual a 5% e expansão menor que 2%.
Eventualmente soluções com reforço de subleito podem ser empregadas, a depender das condições locais e de tráfego.

c) Geral

A escavação de cortes será executada de conformidade com os elementos técnicos fornecidos no projeto de terraplenagem e constantes nas notas de serviço.

A escavação será precedida da execução dos serviços de desmatamento, destocamento e limpeza e se processará mediante a previsão da utilização adequada ou rejeição dos materiais extraídos. Assim, apenas serão transportados para constituição dos aterros, os materiais que, pela classificação e caracterização efetuadas nos cortes, sejam compatíveis com os especificados para a execução dos aterros.

Caso constatada a conveniência técnica e econômica da reserva de materiais escavados em cortes, para a confecção de camadas superficiais dos aterros, será procedido o depósito dos referidos materiais para sua oportuna utilização.

Os taludes dos cortes deverão apresentar, após as operações de terraplenagem, a inclinação indicada no projeto.

Os taludes deverão apresentar a superfície obtida pela normal utilização do equipamento de escavação. Serão removidos os blocos de rocha aflorantes nos taludes, quando estes vierem a representar riscos para a segurança dos usuários.

Nos pontos de passagem de corte para aterro, proceder à escavação de forma a atingir a profundidade necessária para evitar recalques diferenciais.

Os taludes de corte serão revestidos e protegidos contra a erosão, com a utilização de canaletas e sarjetas de drenagem e descidas d'água, de conformidade com os projetos e especificações.

O acabamento da superfície dos cortes será procedido mecanicamente, de forma a alcançar a conformação prevista no projeto de terraplenagem.

3.13.4.5.2 CONTROLE

O controle de execução das operações de corte será topográfico e será feito com cuidado especial, para que não se modifiquem as condições de inclinação dos taludes e se obtenha mais cotas finais de plataforma previstas no projeto de terraplenagem.

O acabamento quanto à declividade transversal e à inclinação dos taludes será verificado e estará de acordo com o previsto no projeto de terraplenagem.

3.13.4.5.3 PROCESSO EXECUTIVO

A execução dos aterros obedecerá aos elementos técnicos fornecidos no projeto de terraplenagem e constantes nas notas de serviço, sendo precedidos pela execução dos serviços de desmatamento, destocamento e limpeza e obras necessárias à drenagem do local, incluindo bueiros e poços de drenagem.

O lançamento do material para a construção dos aterros será feito em camadas sucessivas, em dimensões tais que permitam seu umedecimento e compactação, de acordo com as características especificadas.

Os trechos que não atingirem as condições mínimas de compactação serão escarificados, homogeneizados, levados à umidade adequada e novamente compactados, de acordo com as características especificadas.

A construção dos aterros deverá preceder à das estruturas próximas a estes; em caso contrário, serão tomadas medidas de precaução, a fim de evitar o aparecimento de movimentos ou tensões indevidas em qualquer parte da estrutura.

Durante a construção, os serviços já executados serão mantidos com boa conformação e permanente drenagem superficial.

Nos locais de difícil acesso aos equipamentos usuais de compactação os aterros serão compactados com o emprego de equipamento adequado como soquetes manuais e sapos mecânicos. A execução será em camadas, obedecendo às características especificadas no projeto de terraplenagem.

O acabamento da superfície dos aterros será executado mecanicamente, de forma a alcançar a conformação prevista no projeto de terraplenagem.

Os taludes de aterro serão revestidos e protegidos contra a erosão, de conformidade com as especificações de projeto. Poderão ser implantadas soluções de grama em placa ou ainda de hidrossemeadura, a depender das inclinações dos taludes e em consonância com as especificações de projeto.

Os materiais, a serem usados na construção do aterro, serão obtidos de escavações obrigatórias e de áreas de empréstimo de material terroso. Esses materiais deverão atender aos requisitos das Especificações.

Materiais com características insatisfatórias, como raízes, detritos vegetais ou matéria orgânica, não serão utilizados. Materiais inadequados lançados nos aterros deverão ser removidos e substituídos.

Os materiais terrosos a serem utilizados serão obtidos de áreas de empréstimo e/ou escavações obrigatórias nos diversos locais do empreendimento.

Para complementação dos materiais necessários à execução dos aterros, serão tomados empréstimos laterais através de alargamentos de cortes

Os materiais, em cada camada do aterro, deverão possuir teores de umidade dentro dos limites especificados em projeto, necessários à obtenção dos pesos específicos requeridos.

Os teores de umidade deverão ser uniformes em cada camada, tanto em extensão quanto em profundidade, e deverão estar dentro das faixas especificadas em relação aos valores correspondentes do teor ótimo de umidade, obtido dos ensaios executados de acordo com o ensaio de Proctor Normal, intermediário ou modificado da Norma NBR-7182 da ABNT, atendendo também às especificações do projeto.

A faixa de desvio dos teores de umidade, dentro da qual deverão se situar todos os resultados dos ensaios de controle será aquele especificado em projeto.

O maciço deverá se constituir num todo, o mais regular possível, quanto aos teores de umidade e grau de compactação, entre o topo e a base das suas camadas componentes.

3.13.4.5.4 LANÇAMENTO E ESPALHAMENTO DAS CAMADAS

Durante a colocação dos materiais será evitada a formação de lentes, bolsões e camadas contínuas de material que difira substancialmente do material circundante em textura e características.

A operação de espalhamento será feita de modo que seja obtido aterro homogêneo, tanto em relação à umidade quanto à textura e características do solo. Os maciços serão mantidos aproximadamente em nível, com inclinações suaves que permitam uma drenagem adequada das águas de chuva. O tráfego dos equipamentos de transporte e espalhamento será dirigido de modo que sua carga seja uniformemente distribuída sobre a superfície das áreas de trabalho.

Durante as operações de lançamento e espalhamento será mantido, nas áreas de compactação, pessoal necessário para remover raízes, detritos e outros materiais deterioráveis ou inadequados.

Depois de espalhadas, as camadas de solo deverão ter espessuras que, após a compactação, não excedam 20,0cm.

Em locais onde será necessário o uso de compactadores mecânicos manuais, as camadas de solo solto serão espalhadas com espessuras que não excedam 10,0cm.

3.13.4.5.5 PROTEÇÃO DE TALUDES

Todos os taludes de aterros permanentes construídos em solo deverão ser protegidos contra o efeito erosivo da chuva, por grama e por um sistema de canaletas de concreto.

As canaletas de drenagem pluvial deverão ser executadas nos locais indicados e conforme os detalhes apresentados nos projetos.

Após a sua colocação, as placas de grama serão levemente compactadas, manualmente e, em seguida, serão fechadas todas as juntas de modo a não permitir o crescimento de ervas daninhas. Soluções de proteção com hidrossemeadura poderão também ser empregadas, conforme já discutido anteriormente.

3.13.4.5.6 ESPECIFICAÇÕES DE SERVIÇOS DE TERRAPLENAGEM

A seguir estão apresentadas as especificações básicas que deverão ser atendidas para execução dos serviços de terraplenagem, e que balizaram as definições básicas apresentadas acima:

a) Especificações DNIT

- DNIT 104/2009-ES - Terraplenagem - Serviços preliminares;
- DNIT 105/2009-ES - Terraplenagem - Caminhos de serviço;
- DNIT 106/2009-ES - Terraplenagem - Cortes;
- DNIT 107/2009-ES - Terraplenagem - Empréstimos;
- DNIT 108/2009-ES - Terraplenagem - Aterros.

b) Especificações VALEC

- 80-ES-028A-20-8006 Rev.02 – Especificação de serviço de infraestrutura de aterro;
- 80-ES-028A-20-8001 Rev.01 – Especificação de serviço de infraestrutura - caminho de serviço;
- 80-ES-028A-19-8010 Rev.00 – Especificação de serviço de infraestrutura – corta rio;
- 80-ES-028A-20-8005 Rev.01 – Especificação de serviço de infraestrutura - empréstimo;
- 80-ES-028A-20-8002 Rev.02 – Especificação de serviço de infraestrutura - corte;
- 80-ES-028A-23-8009 Rev.01 – Especificação de serviço de infraestrutura – ponte de serviço;
- 80-ES-028A-20-8008 Rev.01 – Especificação de serviço de infraestrutura – reaterro e escavação em solo mole;
- 80-ES-028A-20-8006 Rev.01 – Especificação de serviço de infraestrutura – remoção do solo mole.
- 80-ES-028A-23-8014 Rev1 – Especificação de serviço de infraestrutura – hidrossemeadura;
- 80-ES-028A-23-8016 Rev1– Especificação de serviço de infraestrutura – proteção de talude e plataforma com laterita;
- 80-ES-028A-23-8001 Rev1 – Especificação de serviço de infraestrutura – Proteção de talude em rocha com tela metálica;
- 80-ES-028A-23-8017 Rev1.– Especificação de serviço de infraestrutura – Revestimento de talude arenoso;
- 80-ES-028A-14-8005 Rev1– Especificação de serviço de infraestrutura –Revestimento vegetal;
- 80-ES-028A-20-8007 Rev.01 – Especificação de serviço de infraestrutura – supressão de vegetação.

3.13.4.6 PAVIMENTAÇÃO RODOVIÁRIA

a) Regularização do Subleito

Regularização é a operação destinada a conformar o leito da via, transversal e longitudinalmente, compreendendo serviços de escarificação, terraplenagem, compactação e regularização do terreno de acordo com o projeto até a espessura de 20 cm.

b) Materiais

Os materiais empregados nas camadas finais e regularização do subleito, ou camada final de terraplenagem, deverão apresentar as seguintes características:

- CBR $\geq 5\%$;
- Expansão $< 2\%$.

c) Aterros

Os materiais para corpo do aterro deverão apresentar as seguintes características:

- CBR $\geq 2\%$
- Expansão $< 4\%$

Não serão usados para a regularização do subleito, solos turfosos, micáceos ou que contenham substâncias orgânicas.

d) Equipamentos

Para a execução dos serviços especificados deverão ser usados os seguintes equipamentos:

- Motoniveladora pesada, com escarificador;
- Carro tanque distribuidor de água;
- Rolos compactadores tipos pé de carneiro, liso vibratório e pneumático;
- Soquetes;
- Grade de disco;
- Trator de pneus (agrícola)
- Pulvimisturador;
- Trator de esteira com lâmina frontal;
- Ferramentas manuais.

Os equipamentos de compactação e mistura serão escolhidos de acordo com o tipo de material empregado e/ou existente.

e) Execução

Será removida toda a vegetação e material orgânico existente no subleito. Quando houver ocorrência de solos moles, será previsto em projeto específico, o tratamento a ser empregado.

Em casos de cortes em rocha, estas deverão ser removidas a uma profundidade de 20cm da camada e substituídas por material granular.

Serão removidas as estruturas, porventura existentes, oriundas de edificações demolidas.

O material removido será transportado para zonas de bota-fora ou bota-espera indicadas, tomando-se o cuidado de não deixar resíduos na faixa de implantação da obra.

As redes de serviços enterradas e indicadas nos projetos de interferências serão convenientemente remanejadas, de acordo com o projeto e específico.

Após a limpeza e execução de cortes ou adição de material necessário para atingir as cotas de projeto, será executada uma escarificação na profundidade de 20 cm, seguida de pulverização, umedecimento ou secagem, compactação e regularização.

Os serviços de compactação deverão progredir das bordas para o eixo do leito, quando em tangente; quando em curva com superelevação deverão progredir da borda mais baixa para a mais alta. Nos lugares inacessíveis aos compressores, a compactação será feita através de soquetes.

A compactação de solos não coesivos será feita com emprego de equipamento liso vibratório.

O grau de compactação deverá ser superior a 100% da energia do Proctor Intermediário para as camadas finais e regularização e 95% do Proctor Normal para o corpo de aterro.

O acabamento será executado sempre por retirada de excesso de material e nunca por adição.

f) Revestimento Primário

O revestimento primário compreende a execução de camada granular, composta por agregados naturais ou artificiais, aplicada sobre o reforço do subleito ou diretamente sobre o subleito compactado em acessos não pavimentados, com a função de assegurar condições de rolamento e de aderência do tráfego satisfatórias, mesmo sob condições climáticas adversas.

g) Sub-bases e Bases Estabilizadas Granulometricamente

Os serviços para execução de sub-bases ou bases estabilizadas granulometricamente consistirão em todas as operações necessárias à construção de uma camada de pavimento, de espessura especificada, constituída por solos granulares, misturas de solos e materiais britados ou produtos totais de britagem, com características especificadas.

Os materiais a serem utilizados na execução das camadas de base ou sub-base estabilizadas granulometricamente deverão obedecer às características especificadas.

As bases ou sub-bases estabilizadas granulometricamente serão executadas sobre a superfície resultante dos serviços de preparo do subleito.

Os materiais, devidamente selecionados, serão espalhados em camadas que permitam a obtenção de uma espessura acabada de no mínimo igual ao dimensionado nos estudos.

Após as operações de espalhamento, os materiais deverão ser misturados, aerados e secos, de forma que se obtenha uma mistura homogênea, apresentando as características especificadas, após o que será compactada com equipamento adequado ao tipo de material.

A compactação será realizada de forma que os percursos ou passadas do equipamento utilizado sejam distanciados entre si, permitindo que, em cada passada, seja coberta metade da faixa compactada no percurso anterior.

Nas partes inacessíveis aos rolos compressores, assim como nos locais onde seu uso não for desejável, a compactação será executada com compactadores portáteis e manuais ou mecânicos.

As operações de compactação devem prosseguir, até que, em toda a espessura e em toda a superfície da sub-base ou base em construção, o grau de compactação igual ou exceda o especificado.

O acabamento será realizado com compactadores de rodas lisas, de pneu ou aço, podendo ser feito o umedecimento e corte com motoniveladora.

Durante todo o período de construção, a base ou sub-base, os materiais e serviços serão protegidos contra a ação destrutiva das águas pluviais, do trânsito e de outros agentes que possam danificá-los.

h Revestimentos asfálticos

Os revestimentos asfálticos a serem empregados poderão ser compostos por:

- Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) – Faixas B a D;
- Tratamento Superficial Duplo (TSD);
- Stone Matrix Asphalt (SMA).

Os ligantes asfálticos a serem empregados poderão ser dos seguintes tipos:

- Ligante asfáltico convencional: CAP 50/70, CAP/30/45, entre outros;
- Ligante asfáltico modificado por polímeros;
- Ligante asfáltico com borracha.

3.13.4.6.1 ESPECIFICAÇÕES DE SERVIÇOS DE PAVIMENTAÇÃO RODOVIÁRIA

A seguir estão apresentadas as especificações básicas que deverão ser atendidas para execução dos serviços de pavimentação rodoviária, e que balizaram as definições básicas apresentadas acima:

a) Especificações DNIT

- DNIT 031/2006-ES - Pavimentos Flexíveis – Concreto Asfáltico;
- DNIT 032/2005-ES - Pavimentos Flexíveis - Areia-asfalto a quente;
- DNIT 033/2021-ES - Pavimentos flexíveis – Concreto asfáltico reciclado em usina a quente;
- DNIT 034/2005-ES - Pavimentos Flexíveis – Concreto Asfáltico Reciclado a quente no local;
- DNIT 035/2018-ES - Pavimentação Asfáltica – Microrrevestimento asfáltico;
- DNER-ES 385/99 - Pavimentação - Concreto asfáltico com asfalto polímero;
- DNER-ES 386/99 - Pavimentação - Pré- misturado a quente com asfalto polímero – camada porosa de atrito;

- DNER-ES 387/99 - Pavimentação - Areia asfalto a quente com asfalto polímero;
- DNER-ES 388/99 - Pavimentação - Micro pré-misturado a quente com asfalto polímero;
- DNER-ES 390/99 - Pavimentação - Pré-misturado a frio com emulsão modificada por polímero;
- DNER-ES 391/99 - Pavimentação - Tratamento superficial simples com asfalto polímero;
- DNER-ES 392/99 - Pavimentação - Tratamento superficial duplo com asfalto polímero;
- DNER-ES 393/99 - Pavimentação - Tratamento superficial triplo com asfalto polímero;
- DNER-ES 394/99 - Pavimentação - Macadame por penetração com asfalto polímero;
- DNER-ES 395/99 - Pavimentação - Pavimentação - pintura de ligação com asfalto polímero;
- DNIT 047/2004-ES - Pavimento Rígido - Execução de pavimento rígido com equipamento de pequeno porte;
- DNIT 048/2004-ES - Pavimento Rígido - Execução de pavimento rígido com equipamento de fôrma-trilho;
- DNIT 049/2013-ES - Pavimento rígido - Execução de pavimento rígido com equipamento de fôrmas deslizantes;
- DNIT 056/2013-ES - Pavimento rígido - Sub-base de concreto de cimento portland compactada com rolo;
- DNIT 057/2004-ES - Pavimento Rígido - Execução de sub-base melhorada com cimento;
- DNIT 058/2004-ES - Pavimento Rígido - Execução de sub-base de solo-cimento;
- DNIT 059/2004-ES - Pavimento Rígido - Pavimento de concreto de cimento Portland, compactado com rolo;
- DNIT 065/2004-ES - Pavimento Rígido - Sub-base de concreto de cimento Portland adensado por vibração;
- DNIT 066/2004-ES - Pavimento rígido - Construção com peças pré-moldadas de concreto de cimento portland;
- DNIT 067/2004-ES - Pavimento Rígido - Reabilitação;
- DNIT 068/2004-ES - Pavimento Rígido - Execução de camada superposta de concreto do tipo Whitetopping por meio mecânico;
- DNIT 098/2007-ES - Pavimentação – base estabilizada granulometricamente com utilização de solo laterítico;
- DNIT 112/2009-ES - Pavimentos flexíveis - Concreto asfáltico com asfalto-borracha, via úmida, do tipo "Terminal Blending";
- DNIT 114/2009-ES - Pavimentação rodoviária - Sub-base estabilizada granulometricamente com escória de aciaria - ACERITA;
- DNIT 115/2009-ES - Pavimentação rodoviária - Base estabilizada granulometricamente com escória de aciaria - ACERITA;
- DNIT 137/2010-ES: Pavimentação - Regularização do subleito;
- DNIT 138/2010-ES: Pavimentação - Reforço do subleito;
- DNIT 139/2010-ES: Pavimentação - Sub-base estabilizada granulometricamente;
- DNIT 140/2010-ES: Pavimentação - Sub-base de solo melhorado com cimento;
- DNIT 141/2010-ES: Pavimentação - Base estabilizada granulometricamente;
- DNIT 142/2010-ES: Pavimentação - Base de solo melhorado com cimento;
- DNIT 143/2010-ES: Pavimentação - Base de solo-cimento;

- DNIT 144/2014-ES: Pavimentação – Imprimação com ligante asfáltico;
- DNIT 145/2012-ES: Pavimentação - Pintura de ligação com ligante asfáltico;
- DNIT 146/2012-ES: Pavimentação asfáltica - Tratamento superficial simples;
- DNIT 147/2012-ES: Pavimentação asfáltica - Tratamento superficial duplo;
- DNIT 148/2012-ES: Pavimentação asfáltica - Tratamento superficial triplo;
- DNIT 149/2010-ES: Pavimentação asfáltica - Macadame betuminoso com ligante asfáltico convencional por penetração;
- DNIT 150/2010-ES: Pavimentação asfáltica - Lama asfáltica;
- DNIT 151/2010-ES: Pavimentação - Acostamentos;
- DNIT 152/2010-ES: Pavimentação - Macadame hidráulico;
- DNIT 153/2010-ES: Pavimentação asfáltica - Pré- misturado a frio com emulsão catiônica convencional;
- DNIT 154/2010-ES – Pavimentação asfáltica – Recuperação de defeitos em pavimentos asfálticos;
- DNIT 159/2011-ES – Pavimentos asfálticos - Fresagem a frio;
- DNIT 166/2013-ES – Pavimentação - Reciclagem de pavimento a frio "in situ" com adição de espuma de asfalto;
- DNIT 167/2013-ES – Pavimentação - Reciclagem profunda de pavimentos "in situ" com adição de cimento Portland;
- DNIT 169/2014-ES – Pavimentação - Reciclagem de pavimento em usina com espuma de asfalto;
- DNIT 406/2017-ES - Pavimentação rodoviária - Base estabilizada granulometricamente com Açobrita®;
- DNIT 407/2017-ES - Pavimentação rodoviária - Sub-base estabilizada granulometricamente com Açobrita®;
- DNIT 420/2019-ES - Pavimentação – Sol-Cal – Adição de cal para Estabilização de camada de Base;
- DNIT 421/2019-ES - Pavimentação – Solo-Cal – Adição de cal para Estabilização de camada de Sub-base;
- DNIT 422/2019-ES - Pavimentação - Solo-Cal - Adição de cal para Melhoria de Subleito.

Especificações VALEC

- 80-ES-028A-14-8001 Rev1 – Pavimentação e sinalização.

3.13.4.7 DRENAGEM E OBRAS DE ARTE CORRENTES

Esta metodologia estabelece os requisitos que serão observados na execução de abertura, eventuais escoramentos e posterior reaterro, de cavas ou valas para obras de arte correntes, tais como: canaletas de concreto, valetas e sarjetas, descidas d'água de aterro e corte, dissipadores de energia; caixa coletora de sarjeta; bueiro simples, duplo e triplo tubular de concreto

a) Escavação de Valas

Esta metodologia estabelece os requisitos que serão observados na execução de abertura, eventuais escoramentos e posterior reaterro, de cavas ou valas para obras enterradas, tais como: fundações, drenos, tubulações etc.

A escavação das valas e cavas não escoradas será feita mecanicamente ou manualmente, sempre de acordo com o talude específico de cada caso. Será evitado o acesso de equipamentos próximos à borda da escavação bem como a deposição de material escavado em leiras que possam comprometer a estabilidade dos taludes.

Em valas e cavas escoradas, a escavação será realizada de acordo com o tipo de escoramento empregado, utilizando-se o método executivo inerente a cada tipo. Especial atenção será dada ao encunhamento das pranchas e/ou estroncas, bem como à verticalidade das estacas e perfis, cujo desvio máximo admissível em relação à vertical será de 2%.

As estroncas não deverão desviar-se da perpendicular ao plano da pranchada, em nenhuma direção, de ângulo superior a 3°. Da mesma forma, as vigas e treliças horizontais não deverão estar desviadas da horizontalidade em mais de 1%, salvo indicação específica do projeto.

A escavação será executada de acordo com os gabaritos fixados pelo projeto, com dimensões compatíveis com a obra, sem distinção da qualidade do terreno, com a exceção de rocha sã.

Toda a movimentação de retirada de material escavado e descida de material destinados à obra será acompanhada da maior precaução possível, para evitar choques, movimentos e outros fatores que possam comprometer a estabilidade de quaisquer elementos estruturais do escoramento.

O material escavado será selecionado para uso no reaterro, ou transportado para fora da obra quando não satisfizer as especificações.

Nas escavações profundas, com mais de 2,00m (dois metros), serão colocadas escadas nunca espaçadas de mais de 30m, a fim de permitir, em caso de emergência, a saída rápida do pessoal.

Uma vez atingida a cota de projeto, o fundo da vala será limpo e seco, procedendo-se à execução da obra enterrada propriamente dita. O fundo da vala será apiloado ou não, com soquetes manuais ou mecânicos ("sapo"). O fundo das valas será isento de pedras soltas e detritos orgânicos.

O material escavado será total ou parcialmente transportado para áreas de bota-espera, sendo que o material escavado destinado ao futuro reaterro, havendo espaço suficiente, poderá ser depositado nas proximidades do local de trabalho, com distância tal que não comprometa a estabilidade das paredes da cava ou vala.

O fundo das valas/cavas será mantido seco, durante a execução da obra, mediante o rebaixamento do lençol e/ou bombeamento.

b) Reaterro de Valas

Dependendo de cada situação específica, o reaterro poderá ser executado com emprego de material oriundo da própria escavação da vala, argila importada de jazidas previamente escolhidas, areia adensada hidraulicamente, ou ainda com a composição de areia e argila.

Seja qual fora a solução adequada ao reaterro de valas, será sempre necessária a compactação do material empregado, diminuindo-se a possibilidade de futuros recalques. A utilização do

material oriundo da própria escavação estará restrita somente aos casos em que esse material apresentar características adequadas à compactação.

O emprego de areia adensada hidráulica, por sua vez, é indicado nas áreas que apresentem riscos de danos a sistemas subterrâneos devido à compactação mecânica do reaterro, e nos casos em que a umidade natural do solo ou a excessiva presença da água na vala impeçam a adequada compactação da argila.

Conforme Portaria nº 46 do Ministério do Trabalho, será obrigatório o escoramento de valas com profundidade superior a 1.30 metros, para tanto, propõe-se a utilização dos sistemas práticos convencionais descritos em tópicos específicos, cuja aplicação dependerá das características observadas em cada situação em particular.

c) Escoramento

Será providenciado o escoramento adequado, observando as indicações constantes dos desenhos do Projeto Executivo, quando a estabilidade das valas não puder ser garantida através dos taludes nas paredes laterais, sendo os principais os seguintes:

d) Escoramento Contínuo

Este tipo de escoramento é cravado de maneira contínua em espaçamento.

Será utilizado nas valas cuja profundidade situa-se entre 2,00 e 3,00 m, independentemente do tipo de solo.

O escoramento contínuo é constituído dos seguintes elementos: pranchões de 0,03 m x 0,16 m, cravados um ao lado do outro, ao longo de toda a vala, com ficha de 0,15m abaixo da cota da escavação.

Também ao longo da vala, será colocado um par de longarinas a cada 1,50 m de profundidade.

As longarinas serão de peroba de 0,08 m x 0,18 m x 3,50 m. Já as estroncas de eucalipto, serão colocadas, espaçadas de 1,35 m com diâmetro de 0,20 m.

A fim de evitar sobrecarga no escoramento, o material escavado, salvo autorização especial da Fiscalização, em virtude de condições locais, será colocado à distância mínima da vala, igual à profundidade da mesma

O serviço de escoramento de valas deverá acompanhar os serviços de escavação, sendo executado em uma mesma jornada de trabalho. A sua retirada será executada obedecendo-se os seguintes procedimentos:

A remoção da cortina de madeira será executada à medida que avance o aterro e compactação, com a retirada progressiva de cunhas.

Após atingir o nível inferior da última camada de estroncas, serão afrouxadas e removidas as peças de contraventamento (estroncas e longarinas), bem como os elementos auxiliares de fixação, tais como cunhas, consoles e travamentos; da mesma forma, e sucessivamente, serão retiradas as demais camadas de contraventamento).

Serão removidas as estacas e os elementos verticais de escoramento, utilizando-se dispositivos hidráulicos ou mecânicos, com ou sem vibração, sendo retiradas logo que o aterro atinja um nível suficiente, segundo pré-estabelecido no plano de retirada.

Todos os furos deixados no terreno, quando da retirada dos perfis, pontaletes ou estacas serão preenchidos com areia e compactados, por vibração ou percolação de água, dependendo do caso.

Assim, o reaterro das valas será processado até o restabelecimento dos níveis anteriores das superfícies originais.

e) Construção de canaletas de Concreto

As canaletas referem-se a cortes, aterros ou ao terreno natural, marginal ao limite da faixa, que por ação da erosão podem ter sua estabilidade comprometida.

As canaletas revestidas de concreto serão moldadas “in loco”, atendendo ao disposto no projeto.

A execução das canaletas será iniciada após a conclusão de todas as operações de terraplenagem que envolvam atividades na faixa anexa.

O preparo e a regularização da superfície de assentamento são executados com operação manual envolvendo cortes, aterros ou acertos, de forma a atingir a geometria projetada para cada dispositivo.

Os materiais empregados na regularização são os próprios solos existentes no local, ou mesmo material excedente da terraplenagem, no caso de canaletas de corte.

De qualquer modo, a superfície de assentamento deve resultar firme e bem desempenada.

Para marcação da localização das canaletas são implantados gabaritos constituídos de guias de madeira, servindo de referência para concretagem, cuja seção transversal corresponde às dimensões e forma de cada dispositivo, e com a evolução geométrica estabelecida no projeto, espaçando-se estes gabaritos conforme a necessidade.

Especial atenção será dada à uniformidade da escavação entre as guias, de forma a garantir igual espessura do revestimento em qualquer seção.

A concretagem envolve plano executivo, prevendo o lançamento do concreto em panos alternados.

O espalhamento e acabamento do concreto é feito mediante o emprego de ferramentas manuais, em especial de uma régua que, apoiada nas duas guias adjacentes, permita a conformação das canaletas à seção pretendida.

A retirada das guias dos panos concretados é feita logo após constatar-se o início do processo de cura do concreto.

O espalhamento e acabamento do concreto dos panos intermediários é feito com apoio da régua de desempenho no próprio concreto dos panos adjacentes.

A cada segmento com extensão máxima de 12 m, será executada uma junta de dilatação, de modo a se obter a fluidez necessária para a sua aplicação, por escoamento, na junta.

As saídas d'água das canaletas serão executadas de forma idêntica às próprias canaletas, sendo prolongadas em extensão definida no projeto, a partir do final do corte, com deflexão que propicie o seu afastamento do bordo da plataforma (bigodes).

O concreto utilizado será preparado em betoneiras ou nas usinas prevista, conforme o local de aplicação, com fator água/cimento apenas suficiente para alcançar trabalhabilidade, em quantidade compatível para uso imediato, não se permitindo o lançamento após mais de 1 hora do seu preparo, e nem o seu retemperamento.

3.13.4.7.1 ESPECIFICAÇÕES DE SERVIÇOS DE DRENAGEM

A seguir estão apresentadas as especificações básicas que deverão ser atendidas para execução dos serviços de drenagem rodoviária e ferroviária, e que balizaram as definições básicas apresentadas acima:

a) Especificações DNIT

- DNIT 015/2006-ES - Drenagem - Drenos subterrâneos;
- DNIT 016/2006-ES - Drenagem - Drenos sub-superficiais;
- DNIT 017/2006-ES - Drenagem - Drenos sub-horizontais;
- DNIT 018/2006-ES - Drenagem - Sarjetas e valetas - especificação de serviço;
- DNIT 019/2004-ES - Drenagem - Transposição de sarjetas e valetas;
- DNIT 020/2006-ES - Drenagem - Meios-fios e guias;
- DNIT 021/2004-ES - Drenagem - Entradas e descidas d'água;
- DNIT 022/2006-ES - Drenagem - Dissipadores de energia;
- DNIT 023/2006-ES - Drenagem - Bueiros tubulares de concreto;
- DNIT 024/2004-ES - Drenagem - Drenagem - Bueiros metálicos sem interrupção do tráfego;
- DNIT 025/2004-ES - Drenagem - Bueiros celulares de concreto;
- DNIT 026/2004-ES - Drenagem - Caixas coletoras;
- DNIT 027/2004-ES - Drenagem - Demolição de dispositivos de concreto;
- DNIT 028/2004-ES - Drenagem - Limpeza e desobstrução de dispositivos de drenagem;
- DNIT 029/2004-ES - Drenagem - Restauração de dispositivos de drenagem danificados;
- DNIT 030/2004-ES - Drenagem - Dispositivos de drenagem pluvial urbana;
- DNIT 096/2006-ES - Drenagem - Bueiros de concreto tipo mini-túnel sem interrupção do tráfego.

b) Especificações VALEC

- 80-ES-028A-19-8008 Rev.02 – Especificação de serviço de infraestrutura – bueiro em concreto;
- 80-ES-028A-19-8009 Rev.01 – Especificação de serviço de infraestrutura – caixa coletora;
- 80-ES-028A-19-8001 Rev.01 – Especificação de serviço de infraestrutura – colchão drenante;

- 80-ES-028A-19-8003 Rev.00 – Especificação de serviço de infraestrutura – dissipador de energia;
- 80-ES-028A-19-8005 Rev.01 – Especificação de serviço de infraestrutura – dreno longitudinal profundo;
- 80-ES-028A-19-8004 Rev.01– Especificação de serviço de infraestrutura – dreno longitudinal profundo cego;
- 80-ES-028A-19-8000 Rev.01 – Especificação de serviço de infraestrutura – dreno sub-horizontal profundo – DHP;
- 80-ES-028A-19-8002 Rev.01 – Especificação de serviço de infraestrutura – entrada e descida d'água;
- 80-ES-028A-19-8006 Rev.01 – Especificação de serviço de infraestrutura – sarjeta;
- 80-ES-028A-19-8007 Rev.01 – Especificação de serviço de infraestrutura – valeta.

3.13.4.8 FERROVIA

3.13.4.8.1 SERVIÇOS PRELIMINARES

Os serviços preliminares de desmatamento e limpeza do terreno, entre outros necessários para a execução da ferrovia serão executados conforme descrito anteriormente.

3.13.4.8.2 SERVIÇOS DE TERRAPLENAGEM

Os serviços de terraplenagem necessários à execução da ferrovia serão executados conforme descrito anteriormente.

3.13.4.8.3 SUPERESTRUTURA PARA VIA FÉRREA/ VIA DE ROLAMENTO

Aqui também se faz necessário adotar procedimentos específicos para a carga, transporte e descarga de materiais a serem utilizados na construção da ferrovia, conforme segue:

A brita será transportada através de caminhões basculantes e descarregada sobre o sub lastro ao longo do trecho para formação do colchão de brita para lastro.

Os trilhos serão carregados, transportados e descarregados com a utilização de vagões plataforma e guindaste ferroviário.

Simultaneamente, os dormentes serão emplacados em estaleiro a ser montado dentro do canteiro, tão logo sejam recebidos os materiais necessários a esta atividade (dormentes, placas de apoio, tirefonds, arruelas duplas de pressão e trilhos). O gabarito será verificado diariamente, corrigindo-se a bitola sempre que necessário. Será montado um estaleiro com 24 metros de comprimento com a finalidade de serem emplacados 400 dormentes por dia.

a) Carga, Transporte e Descarga de Materiais Ferrosos

As operações de carregamento, transporte e descarregamento dos materiais ferrosos incluem os seguintes materiais: acessórios metálicos de via corrida, placas de apoio comuns e especiais, placas bitoladoras, escoras, punhos, varões, talas, parafusos, porcas, arruelas, tirefões, grampos elásticos, calços etc.

O manuseio destes materiais será executado cuidadosamente, mantendo-se a sua integridade de modo a evitar que sejam danificados ou extraviados, permanecendo, sempre que possível, em suas embalagens originais se forem novos.

b) Carga, Transporte e Descarga de Dormentes

A carga de dormentes de concreto deverá ser executada preferencialmente com uso de equipamentos apropriados. Inclui a operação de carga, arrumação dos dormentes em veículos rodoviários ou ferroviários de modo a facilitar a amarração, proteção e descarga, arrumação e empilhamento em local adequado, mantendo a sua integridade.

No caso de dormentes de concreto serão observadas as normas quanto aos cuidados no manuseio, transporte e empilhamento.

c) Carga, Transporte e Descarga do Lastro Padrão Novo.

Consiste nos serviços de carregamento, transporte e descarga do lastro padrão novos, podendo ser efetuado em veículos rodoviários ou ferroviários com uso de recurso mecanizado, por exemplo, pá carregadeira.

d) Carga, Transporte e Descarga de Trilho.

Consiste nas operações de carregamento, transporte e descarregamento de trilhos no local de estoque e/ou aplicação de forma mecanizada, com equipamentos adequados; em veículos ferroviários; qualquer que seja seu comprimento e perfil;

A ordenação dos trilhos no veículo será efetuada de modo a permitir a sua descarga com segurança. Serão efetuadas as amarrações dos trilhos, julgadas necessárias; garantindo ao veículo carregado condições seguras de transporte.

A descarga será feita em locais adequados, não devendo interferir com o tráfego local, e deverão se encontrar em condições favoráveis de manuseio.

Se possível os trilhos serão descarregados com a sua base voltada para o solo, uma vez que em função do comprimento dos trilhos fornecidos a operação de rotação deles pode ser bastante trabalhosa.

3.13.4.8.4 MONTAGEM DE LINHA (VIA)

Os serviços de assentamento da linha e montagem de aparelhos de mudança de via obedecerão às Normas da CONTRATANTE, da ABNT e quando estas não existirem, poderão ser aplicadas normas utilizadas mundialmente da:

- UIC - *Union Internationale de Chemin de Fer*;
- AREA - *American Railway Engenering Association*;
- ASTM - *American Society for Testing and Materials*;
- DIN - *Deutsche Industrie Normen*.

As linhas serão construídas em bitola larga com emprego de dormentes de concreto, espaçados de 60 cm. Nos AMVs serão empregados dormentes de madeira.

a) Execução dos serviços

As tarefas de construção da linha e montagem de aparelhos de mudança de via serão programadas de modo a ser atacada de uma só vez.

b) Assentamento

Em linhas ferroviárias o assentamento das linhas e a montagem dos aparelhos de mudança de via estão de certa maneira interligados; um depende do outro para permitir o tráfego das composições.

A princípio, quando se planeja o assentamento de uma via, é conveniente planejar também a montagem do AMV onde ela inicia ou onde ela termina.

Os trilhos serão fornecidos em barras de aproximadamente 240 m de comprimento, e serão unidas por talas de junção lisas de 6 furos.

A primeira tarefa para o assentamento de vias ou de AMV é a locação de seus respectivos eixos. Uma equipe de topografia fará a locação do eixo da via e dos pontos característicos do AMV, cravando piquetes de madeira de 20m em 20m nos trechos em tangentes, de 4m em 4 m nos trechos em curva e nos pontos característicos das curvas de concordância, tanto horizontal como vertical (TS, SC, CS, ST, PCV, PTV etc.).

Também serão locados os pontos de cruzamento dos eixos do AMV, à ponta de agulha, o coice da agulha e a ponta de diamante do jacaré simples.

Locado o eixo da via passaremos ao assentamento propriamente dito.

A metodologia de assentamento da linha sobre a camada de brita regularizada ou sobre o sub lastro é idêntica.

Os trilhos em barras de 240 m serão distribuídos ao longo do eixo da via, formando uma fileira de cada lado.

O colchão de brita para lastro será executado após o posicionamento correto das barras nos bordos da plataforma.

Os dormentes serão distribuídos no espaçamento de 60 cm, perpendicularmente ao eixo da via, nas tangentes, ou de forma radial nas curvas horizontais.

Os dormentes serão colocados sobre o lastro, espaçados a cada 60 cm e sobre eles será realizado o lançamento do trilho.

Finalmente será processada a fixação dos trilhos, com utilização de ferramentas adequadas.

Relação de equipamentos utilizados no lançamento da via:

- Máquinas de furar dormentes;
- Tirefonadoras simples de 2 velocidades;
- Tirefonadoras com torquímetro;
- Máquina de furar trilhos;
- Máquina de serrar trilhos;

- Macacos de linha tipo cremalheira, capacidade 15 t.

c) Lastreamento da Via

O lastreamento da via será realizado por pás carregadeiras e consiste na aplicação de pedra britada com a correspondente compactação, com o fim de formar uma camada de lastro com a finalidade de mantê-la na posição correta e melhor absorver e distribuir para o sub lastro, os impactos e esforços decorrentes da circulação de trens.

Compreende a conclusão das operações, o levante, nivelamento, alinhamento e socaria da brita sob os dormentes, com socadoras, niveladoras, alinhadoras automáticas pesadas.

d) Levante, alinhamento, nivelamento e socaria de linha

O levante alinhamento, nivelamento e socaria da linha serão executados pela posteriormente.

e) Montagem de aparelhos de mudança de via

Para a montagem do aparelho de mudança de via, a primeira tarefa é regularizar o sub lastro na área da instalação, ou a camada de lastro, se for o caso.

Em seguida será feita a locação topográfica dos pontos característicos do AMV:

Ponto de cruzamento dos eixos de ambas as bitolas, posição da ponta da agulha, posição do coice da agulha e posição da ponta de diamante do jacaré simples.

Locada a posição do aparelho de mudança de via, será feita a distribuição dos trilhos de ligação ao lado dos eixos das vias.

Em seguida serão distribuídos os dormentes de madeira. Os dormentes serão distribuídos de acordo com o plano de montagem do AMV, segundo os tamanhos determinados e nos espaçamentos previstos.

Sobre os dormentes, serão colocados os componentes metálicos do AMV: agulhas e respectivos trilhos de encosto, jacaré simples e jacarés duplos e os trilhos de ligação.

Serão distribuídas as placas de apoio deslizantes da agulha, as placas do coice, as placas gêmeas da agulha e dos jacarés e as placas de apoio dos contra-trilhos, aplicando-as entre o patim do trilho e os dormentes de madeira.

Isto posto será feita então a montagem do AMV. Os trilhos de encosto das agulhas e os trilhos retos de ligação da linha principal, previamente cortados nos comprimentos corretos são montados e unidos com tala de junção.

Será feita a furação dos dormentes do trilho reto comum às duas bitolas e colocada a fixação, unindo os trilhos aos dormentes. Em seguida será feito o bitolamento das outras pernas dos trilhos, posicionando os jacarés, furando e colocando tirefons a cada quatro dormentes.

Feito o bitolamento, será feita a fixação dos trilhos retos do AMV com a furação dos dormentes e a colocação dos tirefons.

Com gabaritos especiais, será executada a fixação dos trilhos curvos, de modo que, quando introduzidos nos trilhos, a flecha corresponda à posição de cada dormente.

Fixados ambos os trilhos, será marcada a posição dos contra-trilhos e feita sua fixação.

Para a instalação de contra-trilhos é necessário furar os trilhos com 1,5" no local dos calços, o que será executado com máquina especial. Por último será feita a montagem de máquina de chave, a regulagem das agulhas do AMV e o acabamento.

Montada a grade do AMV, e completada a ligação à via, será feita a descarga de pedra britada, diretamente dos vagões/ caminhões ou carregadeiras sobre a grade de dormentes e iniciado o levante e socaria da pedra britada sob os dormentes. Por meio de macacos de linha tipo cremalheira, com 15 ton.de capacidade, serão levantados os trilhos em etapas, efetuando a socaria em cada uma delas, até que a face de rolamento do boleto atinja a cota determinada no projeto. A pedra britada é compactada por meio de conjunto vibratório portátil, formado por um motor gerador e quatro vibradores elétricos com ponteira apropriada para a compactação da brita.

Quando os trilhos do AMV atingirem a cota determinada, é feito o encaixe da brita, a conformação do talude do lastro e o acabamento.

Equipamentos:

- Caminhão carroceria com Munck;
- Máquinas de furar dormentes Tirefonadoras;
- Máquina de furar trilhos;
- Máquina de serrar trilhos;
- Conjunto de socaria portátil com 4 vibradores;
- Macacos de linha.

f) Solda aluminotérmica de trilhos

Para formação do trilho contínuo soldado (TCS), serão unidas duas barras consecutivas de trilhos por meio de solda aluminotérmica executada no campo.

A solda aluminotérmica de trilhos é realizada por meio de uma fusão "in loco" de uma mistura adequada de alumínio com óxido de ferro e elementos liga, para produzir uma reação exotérmica, fundindo o material e derramando-o na folga de aproximadamente 20 mm a 22 mm deixada entre os topos dos trilhos a serem unidos em uma única peça, após a solidificação do material.

A solda aluminotérmica das barras de trilhos para formação do trilho contínuo soldado é executada conjuntamente com a operação de alívio das tensões dos trilhos.

A seguir estão apresentadas as operações de soldagem de barras de trilhos:

- Libertar o trilho de sua fixação, 10 dormentes em cada lado da junta a ser soldada;
- Nivelar e alinhar as extremidades dos trilhos, empregando-se para isso, calços de aço apropriados, conferindo o alinhamento e nivelamento com régua de aço;

- Executar corte com maçarico e guia de corte apropriada, para produzir a folga especificada para o perfil do trilho em função da qualidade do aço;
- Após o corte, aplicar os moldes ou formas, rejuntando-as com areia refratária apropriada. As formas são pré-fabricadas e próprias para o perfil do trilho;
- As formas devem estar secas ou no máximo com pouca umidade;
- Instalar a concha de escória e o bujão de cadinho;
- Montar o cadinho para fusão da porção aluminotérmica, sobre um suporte metálico com giro no plano horizontal;
- Antes de lançar a porção aluminotérmica no cadinho, este será seco, aplicando-se o maçarico em seu interior por alguns segundos;
- O pré-aquecimento é feito com um maçarico próprio, de bico largo, com 22 ou mais furos. Na operação de pré-aquecimento os topos dos dois trilhos serão aquecidos uniformemente até a temperatura de 900°C a 1.000 °C, que o soldador deve identificar pela cor, não devendo ocorrer fusão do topo do trilho;
- Posicionar o cadinho sobre o molde e folga entre os trilhos, acender a porção aluminotérmica no cadinho com fósforo apropriado, esperar a conclusão da fusão aproximadamente 20 a 30 segundos e iniciar o vazamento sobre o molde até que a seção do trilho fique coberta pelo líquido de ferro fundido, escorrendo-se o excesso do óxido de alumínio na concha de escória;
- Aguardar o resfriamento superficial da escória e o parcial endurecimento do aço fundido, iniciando o processo de remoção do molde, destruindo-o.

3.13.4.8.5 ESPECIFICAÇÕES DE SERVIÇOS DE SUPERESTRUTURA

A seguir estão apresentadas as especificações básicas que deverão ser atendidas para execução dos serviços de superestrutura ferroviária, e que balizaram as definições básicas apresentadas acima:

a) Especificações VALEC

- 80-ES-028A-20-8009 Rev.01 – Especificação de serviço de infraestrutura – regularização do sublastro e recomposição da infraestrutura;
- 80-ES-028A-20-8010 Rev.01 – Especificação de serviço de infraestrutura – Sublastro;
- 80-ES-050A-18-8001 Rev.02 – Especificação de serviço de infraestrutura – construção da superestrutura;
- 80-ES-000A-24-8009 Rev.01 – Especificação de serviço de infraestrutura – marco quilométrico;
- 80-ES-000A-24-8008 Rev.01 – Especificação de serviço de infraestrutura – marco de segurança;
- 80-ES-000A-24-8007 Rev.01 – Especificação de serviço de infraestrutura – marco de referência;
- 80-ES-035A-56-8004 Rev.01 – Especificação de serviço de infraestrutura – soldagem de trilho por aluminotermia;
- 80-ES-035A-56-8005 Rev.01 – Especificação de serviço de infraestrutura – soldagem elétrica de trilho por caldeamento;
- 80-EM-031A-58-8014 Rev 5 - Dormente Monobloco de Concreto Protendido;

- 80-EM-000A-58-8002 - Pedra Britada para Lastro de Origem Granítica;
- 80-EM-000A-58-8001 - Norma Técnica de Pedra Britada para Lastro de Origem Calcária;
- - 80-EP-000A-29-8000 - NORMA TÉCNICA DE PEDRA BRITADA PARA LASTRO - Orientações e Estudos para indicação de Pedreiras;
- 80-ES-000A-18-8000 - NORMA TÉCNICA DE PEDRA BRITADA PARA LASTRO - Controle de Qualidade na Produção e Fornecimento;
- 80-EM-000A-58-8000 - Norma Técnica - Pedra Britada para Lastro de Origem Basáltica;
- 80-EM-030A-58-8012 Rev. 2 - NORMA TÉCNICA PARA CALÇO ISOLADOR;
- 80-EM-000A-18-8000 - NORMA TÉCNICA PARA DORMENTE DE AÇO;
- 80-EM-030A-58-8012 Rev2 - Calço isolador;
- 80-EM-032A-58-8001 Rev1 - Trilho de aço carbono UIC-60;
- 80-EM-043A-58-8020 Rev1 - Tala de junção;
- 80-ES-035A-56-8004 Rev1 - Soldagem de trilho por aluminotermia;
- 80-ES-035A-56-8005 Rev1 - Soldagem elétrica de trilho por caldeamento;
- 80-EM-041A-58-8019 Rev1 - Placa de apoio para fixação elástica tipo pandrol;
- 80-EM-033A-58-8006 Rev1 - Pedra britada para lastro;
- 80-EM-046A-58-8017 Rev1 - Parafuso e porca para tala de junção;
- 80-EM-030A-58-8016 Rev1 - Palmilha amortecedora;
- 80-EM-031A-58-8013 Rev1 - Grampo elástico - 80-EM-044A-58-8014 Rev1 Dormente de madeira para AMV;
- 80-EM-045A-58-8002 Rev1 - Arruela simples de pressão;
- 80-EM-045A-58-8003 Rev1 - Arruela dupla de pressão;
- 80-EM-047A-58-8011 Rev1 - AMV nº 14 otimizado para bitola singela;
- 80-EM-047A-58-8003 Rev1 - AMV nº 14 para bitola mista;
- 80-EM-042A-58-8018 Rev1 - Tirefão;
- 80-EM-047A-58-8002 Rev1 - AMV nº 8 para bitola mista;
- 80-EM-047A-58-8010 Rev1 - AMV nº 8 para bitola simples.

3.13.5 LOGÍSTICA E APOIO

A disponibilidade de materiais, equipamentos e mão-de-obra, nas quantidades e prazos necessários à execução dos serviços, de modo a permitir o cumprimento dos programas de produção, constitui um item fundamental do planejamento executivo de uma obra.

Neste item, estão indicadas as providências necessárias para garantir esse fluxo de insumos, com base nos dados fornecidos, no conhecimento das condições e recursos locais e na experiência da empresa. Estão também apresentadas as políticas destinadas a assegurar fixação e qualidade de vida adequada à mão-de-obra.

A abordagem compreende procedimentos relativos a:

- a) Canteiro de Serviços;
- b) Fornecimento de Refeições;
- c) Abastecimento de Energia Elétrica;
- d) Abastecimento de água potável;
- e) Abastecimento de Água Bruta;

-
- f) Suprimento de materiais de obra;
 - g) Transporte de materiais;
 - h) Transporte de Equipamentos e Ferramentas;
 - i) Transporte de Pessoal;
 - j) Estoque de Materiais;
 - k) Captação de Pessoal;
 - l) Recrutamento e Seleção;
 - m) Treinamento;
 - n) Benefícios;
 - o) Saúde e Segurança pessoal;
 - p) Banheiros Químicos;
 - q) Tratamento para esgoto;
 - r) Tratamento para o lixo gerado;
 - s) Meios de comunicações previstos;
 - t) Forma de abastecimento de combustíveis;
 - u) Manutenção de Equipamentos;
 - v) EPI (Equipamentos de Proteção Individual);
 - w) Acessos aos Canteiros de Serviço;
 - x) Segurança nos Acessos Urbanos.

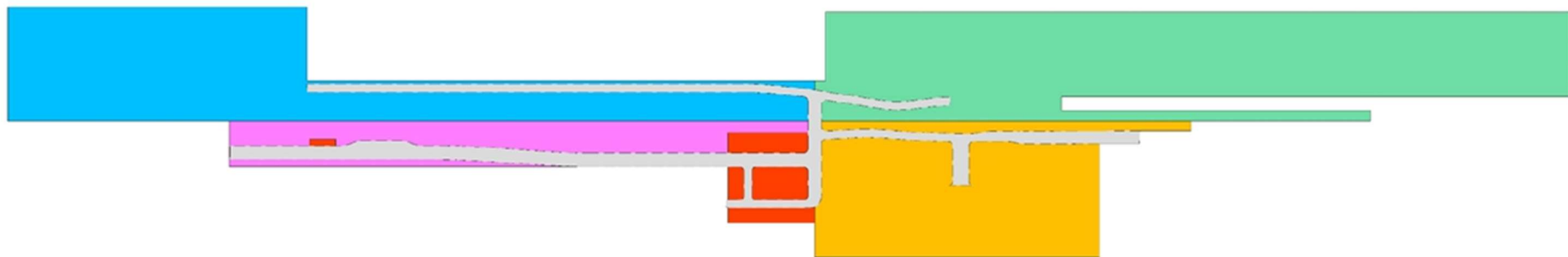
3.13.6 CANTEIRO DE SERVIÇOS

A localização dos canteiros principais propostos está apresentada em item anterior. O layout do canteiro poderá seguir os padrões apresentados na página 236 do Volume 7 dos Manuais de Custos Referenciais Ferroviários do SICFER, que apresenta um exemplo de canteiro de superestrutura de grande porte.

Figura 23 – Exemplo de canteiro se superestrutura de grande porte.

**EXEMPLO DO CANTEIRO DE
SUPERESTRUTURA DE GRANDE PORTE**

DISPOSIÇÃO GERAL



LEGENDA:

PÁTIO DE DORMENTES: 21.630 m ²	MECANIZAÇÃO: 17.700 m ²
PÁTIO DE BARRAS DE TRILHO: 29.260 m ²	VIVÊNCIA: 4.300 m ²
PÁTIO DE BRITA PARA LASTRO: 39.300 m ²	ACESSOS: 10.750 m ²

ÁREA TOTAL: 122.940 m²

Fonte: SICFER.

Deverão ser previstos nos canteiros e áreas de apoio:

- Distribuição e consumo de água potável e industrial, energia elétrica e telefonia;
- Limpeza de toda a área delimitada dos canteiros e frentes de trabalho, inclusive a área interna das edificações, manutenção dos acessos aos canteiros e frentes de trabalho;
- Manutenção de caixas d'água, dispositivos de drenagem, dispositivos do sistema de esgoto, manutenção de cercas e ruas internas;
- Manutenção das redes de água, energia elétrica, esgoto, comunicações e combate a incêndio nos canteiros e edificações;
- Limpezas, faxinas, coleta seletiva de lixo e remoção de resíduos do canteiro de obras;
- Utilização de rádios de comunicação e banheiros químicos;
- Disponibilização de ferramentas (inclusive de uso pessoal), equipamentos e dispositivos necessários para a realização de todos os serviços.

3.13.6.1 FORNECIMENTO DE REFEIÇÕES

Todos os Canteiros de Serviços contarão com refeitórios com área e mobiliário suficiente para o atendimento de todos os funcionários, os quais poderão ser atendidos em até 02 (dois) turnos de refeições.

Nos refeitórios instalados nos canteiros de serviços será fornecida a alimentação aos empregados, seguindo as seguintes normas e procedimentos no que diz respeito à qualidade do alimento, forma de fornecimento, e condições do refeitório etc.

As refeições serão fornecidas para o pessoal que estiver em horário de trabalho (café da manhã e almoço). Serão preparadas nas cozinhas do canteiro, sendo servida no refeitório dele. As refeições poderão também ser obtidas de fornecedores das localidades próximas à obra e elas serão transportadas em embalagens térmicas e servidas imediatamente.

Os resíduos das refeições bem como limpeza dos vasilhames utilizados, serão tratados conforme preveem as normas de meio ambiente e procedimentos estabelecidos pelas Prefeituras de cidades vizinhas por onde será feita implantação da ferrovia.

3.13.6.2 ABASTECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA

Tanto na fase de implantação dos canteiros quanto na fase de operação, não havendo disponibilidade de fornecimento de energia elétrica pela concessionária local, deverão ser fornecidos geradores elétricos movidos a diesel. Os geradores a serem utilizados deverão ser adequadamente dimensionados para suprir todas as demandas do canteiro.

No que diz respeito aos sistemas de controle ambiental, os geradores deverão:

- Ser implantados a uma distância razoável de outras edificações;
- Ser implantados em superfície regularizada, dentro de bacias de contenção contra vazamentos;
- Ser devidamente sinalizados;
- Sofrer manutenção periódica (sendo substituídos por equipamentos similares durante as manutenções);

- Dispor de kits de emergência ambiental (materiais absorventes em caso de vazamentos);
- Dispor de FISPQ (Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico);
- Dispor de reservatório de diesel rotulado conforme diamante de Hommel.

3.13.6.3 ABASTECIMENTO DE ÁGUA POTÁVEL

Para o consumo humano, deverá considerar-se o fornecimento de água mineral em galões de 20 litros, ou a instalação de filtros que garantam o atendimento aos parâmetros de potabilidade indicados na Portaria 518 do Ministério da Saúde.

3.13.6.4 ABASTECIMENTO DE ÁGUA BRUTA

O suprimento de água nos canteiros de serviço deverá ser feito através caminhões pipa. A água a ser fornecida deverá ser obtida de fornecedores devidamente licenciados nos municípios próximos às obras.

No que diz respeito ao recebimento, acumulação e distribuição de água, é necessário:

- A utilização de caminhões pipa para transporte da água;
- O fornecimento e a instalação de dispositivos de recebimento da água de caminhões pipa;
- A instalação, a operação e a manutenção de reservatórios enterrados (cisternas) bombas em cada poço tubular;
- A instalação, operação e a manutenção de bombas para alimentação dos reservatórios elevados;
- A implantação de redes de distribuição de água nos canteiros.

No que diz respeito aos serviços de aspersão de vias e umectação e compactação de aterros, a água deverá ser obtida nos pontos com Outorga de Captação Superficial.

3.13.6.5 SUPRIMENTO DE MATERIAIS DA OBRA

Faz-se necessária uma cuidadosa seleção dos fornecedores. Para poder dispor de alternativas tecnicamente satisfatórias, será feito um levantamento preliminar das fontes de insumos existentes na região, selecionando-se os fornecedores pela qualidade dos produtos e pela pontualidade na entrega.

Esse cadastro será complementado com informações sobre o desempenho desses fornecedores e com novas alternativas que venham a ser identificadas.

De um modo geral, a administração dos suprimentos deverá viabilizar:

- O cumprimento dos prazos programados;
- A compra de materiais de qualidade;
- Preços compatíveis com os orçados e coerentes com o mercado, em condições que evitem picos de desembolso;
- Valores baixos de imobilização em estoques.

As compras serão executadas pela seção de suprimentos da obra, que seguirá as rotinas usuais da empresa. Disporá de um sistema de controle de estoques que permitirá a administração dos níveis

adequados a cada item, em função de sua movimentação, tempo de reposição e grau de urgência no atendimento.

A seguir estão abordadas as premissas de fornecimento dos principais insumos:

- Brita, agregados mais graúdos e areia – Serão adquiridos pelo CONTRATADO junto a fornecedores locais, o mais próximo possível da obra, a partir de jazidas devidamente licenciadas pelo órgão ambiental.
- Cimento – Será adquirido das Indústrias de Cimento localizadas na região mais próxima da obra, ou conforme condições comerciais. Será adquirido a granel e em sacos / bolsas.
- Aço – Será adquirido de Siderúrgicas conforme condições comerciais.
- Formas Metálicas – Serão utilizadas formas prontas de empresas fornecedoras.
- Tubos de Concreto – Serão adquiridos de fornecedores instalados na região das obras, conforme condições comerciais. Opcionalmente esse insumo poderá ser fabricado no canteiro da obra.
- Combustíveis – O combustível será entregue nos postos de abastecimento situados nos Canteiros de Obras através de distribuidores.
- Peças Metálicas – Serão adquiridas de fornecedores consagrados no mercado.
- Peças Pré-moldadas - Serão fabricadas no Canteiro de Obras, mas poderão ser adquiridas de fornecedores consagrados no mercado, conforme condições comerciais.
- Sinalização e Complementos – Serão adquiridos através de fornecedores especializados locados em grandes centros conforme condições comerciais.

3.13.6.6 TRANSPORTE DE MATERIAIS

O transporte dos materiais até o local da obra será feito através da malha urbana das cidades próximas, onde, a partir desta, se acessa os canteiros, seja diretamente, seja pelos acessos existentes e/ou a serem abertos.

O transporte de materiais será feito, sempre que possível, pelos próprios fornecedores.

Quando for possível, serão utilizados veículos próprios, que retirarão os materiais nos fornecedores e entregarão os mesmos nos canteiros e/ou nas frentes de serviço.

3.13.6.7 TRANSPORTE DE EQUIPAMENTOS/ FERRAMENTAS

O fornecimento poderá ser feito através de remanejamento de equipamentos já pertencentes ao parque de máquinas da empresa, que estejam disponíveis em condições mecânicas satisfatórias ou possam ser revisados em tempo hábil. Caso essa alternativa não seja viável ou conveniente, serão utilizados equipamentos de terceiros, alugados ou subcontratados.

A mobilização dos equipamentos será feita por meios rodoviários desde os locais onde se encontram até os locais onde serão utilizados através dos acessos existentes ou a serem implantados. Serão utilizados acessos compatíveis com a capacidade de carga necessária.

Para o transporte dos equipamentos serão utilizadas carretas prancha e os materiais e equipamentos de menor porte serão transportados em caminhões carroceria com capacidade adequada.

3.13.6.8 TRANSPORTE DE PESSOAL

O transporte de pessoal será realizado através de ônibus ou microônibus próprios ou fretados ou veículos de passageiros.

Os ônibus ou microônibus ou veículos de passageiros destinados ao transporte de pessoal, deverão ter as condições mínimas de conservação e manutenção. Todos os motoristas possuirão curso de direção defensiva e carteira de trânsito assinada pelo coordenador administrativo e/ou segurança.

3.13.6.9 ESTOCAGEM DE MATERIAIS

Os materiais transportados serão estocados em áreas especialmente reservadas para este fim.

Os agregados para construção civil serão descarregados e estocados no canteiro em área apropriada.

Os agregados serão estocados em baias próprias, conforme as suas características e granulometria, sendo descarregados sobre lonas plásticas de forma a isolá-los do solo.

O cimento será armazenado em depósito instalado no canteiro de serviços.

Os materiais miúdos, EPIs e outros que não puderem ser estocados ao tempo serão estocados em prateleiras no almoxarifado.

3.13.6.10 RECRUTAMENTO E SELEÇÃO

As regiões onde serão desenvolvidas as atividades poderão suprir as necessidades de mão de obra não qualificada e o pessoal qualificado para a execução do empreendimento.

Por outro lado, a transferência de pessoal alocado em outras obras do quadro de funcionários deverá suprir as necessidades de pessoal qualificado e de pessoal técnico e de administração, completando os quadros necessários.

A seleção de pessoal disponível para transferência e o recrutamento na região serão de responsabilidade da seção de pessoal da obra, que utilizará os meios de comunicação mais eficientes para cada tipo de profissional que necessitar (anúncios em jornais de grande circulação na macrorregião, particularmente nas camadas sociais a que pertencem os profissionais procurados, e entidades comunitárias) e encaminhará os candidatos ao processo de seleção, que será feita por pessoal especializado, através de entrevistas, testes práticos, análise da experiência anterior e exames médicos pré-admissionais, além de testes psicológicos para os candidatos a funções que apresentarem risco de acidentes.

Os elementos aprovados em todas as fases serão contratados e encaminhados para treinamento inicial.

3.13.6.11 TRATAMENTO DE ESGOTO

Os canteiros contarão com Estações Compactas de Tratamento de Efluentes. As ETE's a serem implantadas devem atender, pelo menos, as seguintes exigências:

- ETE compacta e equipamentos periféricos exclusivos para tratamento de esgoto sanitário;

- Modelo deve atender aos seguintes padrões e normas técnicas: NBR 7.229/93; NBR 13.969/97; NBR 12.209/92;
- Capacidade de tratamento adequada para a demanda do canteiro (dimensionada para o pico de mão de obra);
- Deverá contar com etapa preliminar, tratamento primário, secundário e terciário (desinfecção)
- Área disponível para instalação;
- Remoção de DBO 5,20 superior a 90%;
- Remoção de DQO superior a 90%;
- Remoção de nitrogênio amoniacal superior a 30%.

3.13.6.12 TRATAMENTO DO LIXO GERADO

Os resíduos sólidos a serem gerados nas diversas atividades da fase de implantação do empreendimento corresponderão às seguintes classes, principais fontes de geração e tipologias de resíduos mais significativos:

- Classe I: resíduos perigosos, como borras oleosas, embalagens contaminadas e resíduos de serviços de saúde provenientes dos canteiros de obras;
- Classe II-A: predominância de resíduos domésticos constituídos por restos de alimentos, resíduos de higiene pessoal e sanitário provenientes dos canteiros de obras, resíduos vegetais (poda) provenientes das atividades de limpeza do terreno;
- Classe II-B: entulhos de obras (resíduos sólidos da construção civil e inertes), solo, rocha, areia e brita, sucatas metálicas, papéis, papelões, plásticos, embalagens de peças, restos de madeira, resíduos gerados nas atividades de limpeza do terreno, terraplenagem, escavações, mobilização e desmobilização dos canteiros de obras, obras civis (obras de arte especiais, correntes e complementares) e nas obras de execução de toda a superestrutura (sucatas de trilhos, parafusos e presilhas).

O gerenciamento de resíduos sólidos configura-se como uma importante atribuição do CONTRATADO no que diz respeito às questões de meio ambiente da obra. Neste contexto, compõe seu escopo:

- Treinar e orientar todos os colaboradores quanto a importância da realização da coleta seletiva e adequada destinação de resíduos sólidos;
- Fornecer e sinalizar contenedores de coleta seletiva (conforme cores estabelecidas na resolução CONAMA 275/2001) em todas as estruturas do canteiro;
- Administrar e executar a coleta dos resíduos gerados em todas as estruturas relacionadas às obras;
- Executar o inventário de resíduos (Segregação, Coleta Seletiva e Estocagem Temporária de Resíduos – Procedimentos Gerais) e (Definição e Classificação de Resíduos);
- Acondicionar provisoriamente os resíduos nos Depósitos Intermediários de Resíduos;
- Dar destinação final aos resíduos gerados nos canteiros e frentes de serviço.

3.13.6.13 FORMA DE ABASTECIMENTO DE COMBUSTÍVEIS

O abastecimento de veículos será feito através de bombas de abastecimento no Canteiro de Obra ou pelo caminhão comboio, quando este estiver posicionado nas Frentes de Trabalho.

O estoque de combustível será feito através de tanques situados no Canteiro de Obras.

3.13.6.14 MANUTENÇÃO DOS EQUIPAMENTOS

A política de equipamentos para o empreendimento deverá buscar atender às necessidades das frentes de trabalho e, ao mesmo tempo, manter os equipamentos no estado em que foram recebidos, preservando suas condições operacionais, garantindo sua produtividade e evitando sua deterioração prematura.

Para atingir esses objetivos, será necessário dispor de:

- Uma frota em condições que permitam manter as produtividades tomadas como base para o planejamento;
- Uma equipe consciente e capacitada de operação e manutenção;
- Uma área para executar reparos nos equipamentos;
- Oficina, em condições de atender com rapidez e eficiência à execução de reparos dos equipamentos e máquinas a serem alocados à obra, inclusive no que se refere à manutenção preventiva.

A manutenção deverá ficar sob responsabilidade da seção de manutenção, que fará parte do setor de produção. Essa seção também fará o acompanhamento das mobilizações que serão feitas pela administração central da empresa, de modo a garantir a chegada dos equipamentos na obra em condições adequadas e em tempo hábil.

3.13.6.15 EPI (EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL)

Conforme Norma Regulamentadora nº6, Equipamento de Proteção Individual – EPI é todo dispositivo de uso individual utilizado pelo empregado, destinado à proteção de riscos suscetíveis de ameaçar a segurança e a saúde no trabalho.

3.13.6.16 ACESSOS AOS CANTEIROS DE SERVIÇOS

Os principais acessos para as obras serão realizados conforme já mencionado em item anterior.

3.14 ORÇAMENTO

3.14.1 METODOLOGIA

A metodologia adotada para determinação dos custos unitários dos serviços de engenharia previstos neste estudo está de acordo com o Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes, 1ª Edição – Brasília, 2017, Publicação DNIT, Volume 01: Metodologia e Conceitos.

Os custos unitários foram compostos conforme os sistemas de orçamentação SICRO, publicado pelo DNIT; SICFER, publicado pela ANTT; SINAPI, publicado pela CEF, a tabela de custos unitários do DER/PR, o boletim referencial de custos da CPOS, a tabela de referência de preços da EMBASA e a base de preços do sistema ORSE da CEHOP (Companhia Estadual de Habitação e Obras Públicas do Estado de Sergipe). A cada composição de preços, foi acrescida a parcela referente aos transportes dos materiais constituintes, conforme as distâncias estudadas e que serão apresentadas na seção correspondente.

3.14.2 DATA-BASE E REAJUSTAMENTO

Os custos dos insumos utilizados tiveram origem nas seguintes tabelas:

Tabela 29 – Tabelas de referência para os custos dos insumos.

REFERÊNCIA	ESTADO	DATA-BASE
SICRO	PR	jan/21
SICRO	SC	jan/21
SICFER	SP	jan/21
SINAPI	PR	jan/21
SINAPI	SC	jan/21
DER	PR	jan/21
CPOS	SP	jan/21
EMABASA	BA	jan/21
ORSE	SE	jan/21

Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

Os custos de equipamentos e serviços para os quais não foram encontradas correspondência nos sistemas e tabelas de preços mencionadas, foram obtidos em orçamentos para obras similares. A seguir, apresenta-se uma lista desses itens, bem como a referência utilizada e o critério para reajuste dos preços.

Tabela 30 – Planilha de custos da Ferrovia Norte Sul: Trecho Panorama/SP – Chapecó/SC – data-base: maio/14.

ITEM	UNID.	PREÇO UNITÁRIO (R\$) MAIO/14	ÍNDICE UTILIZADO	FATOR	PREÇO UNITÁRIO (R\$) JAN/21
CIRCUITO DE VIA	UN	R\$ 96.534,00	Rede de Energia Elétrica e Sinalização Ferroviária	1,673625805	R\$ 161.561,79
INTERTRAVAMENTO (HARDWARE E SOFTWARE)	UN	R\$ 2.254.865,00	Rede de Energia Elétrica e Sinalização Ferroviária	1,673625805	R\$ 3.773.800,25
POSTES, CHAVES DESLIGADORAS, PÁRA RAIOS, TRANSFORMADOR, CABOS DE COBRE OU ALUMÍNIO ISOLADOS (REDE PROTEGIDA), EM MÉDIA TENSÃO, COM REDE SECUNDÁRIA, SEM ILUMINAÇÃO VIÁRIA	KM	R\$ 25.742,00	Rede de Energia Elétrica e Sinalização Ferroviária	1,673625805	R\$ 43.082,48
TRANSFORMADOR DE FORÇA DE MÉDIA TENSÃO - 2000 KVA	UN	R\$ 230.610,00	Máquinas e Equipamentos Industriais	1,72727744	R\$ 398.327,45
GRUPO MOTOR-GERADOR 2000KVA	UN	R\$ 1.002.888,00	Máquinas e Equipamentos Industriais	1,72727744	R\$ 1.732.265,82
HOUSE	UN	R\$ 69.346,00	Máquinas e Equipamentos Industriais	1,72727744	R\$ 119.779,78
RÁDIO MICROONDAS	UN	R\$ 91.171,00	Rede de Energia Elétrica e Sinalização Ferroviária	1,673625805	R\$ 152.586,14
ANTENA	UN	R\$ 1.608,00	Rede de Energia Elétrica e Sinalização Ferroviária	1,673625805	R\$ 2.691,19
CABO COAXIAL	M	R\$ 21,00	Rede de Energia Elétrica e Sinalização Ferroviária	1,673625805	R\$ 35,15
TORRE METÁLICA (30M DE ALTURA MÉDIA)	UN	R\$ 93.531,00	Rede de Energia Elétrica e Sinalização Ferroviária	1,673625805	R\$ 156.535,90
CCO (HARDWARE E SOFTWARE)	UN	R\$ 7.418.934,80	Rede de Energia Elétrica e Sinalização Ferroviária	1,673625805	R\$ 12.416.520,72

Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

Tabela 31 – Índices de Reajustamento de Obras Portuárias.

ÍNDICES DE REAJUSTAMENTO DE OBRAS PORTUÁRIAS	maio/14	jan/21	REAJUSTE
Rede de Energia Elétrica e Sinalização Ferroviária	809,583	1354,939	1,673625805
Máquinas e Equipamentos Industriais	366,541	633,118	1,72727744

Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

Tabela 32 – Planilha de custos do Corredor Ferroviário de Santa Catarina – data-base: abr/19.

PROJETO DE REFERÊNCIA: CORREDOR FERROVIÁRIO DE SANTA CATARINA				
ITEM	QUANTIDADE	UNID.	VALOR UNIT. (R\$)/M²	VALOR TOTAL (R\$)
ADMINISTRAÇÃO LOCAL COM GUARITA	260	m²	1851,79	481.465,40
ADMINISTRAÇÃO DA FERROVIA E CCO	650	m²	1851,79	1.203.663,50
PÁTIO DE ESTOCAGEM E ESTALEIRO DE SOLDA	1000	m²	1851,79	1.851.790,00
RESIDÊNCIA DE VIA	100	m²	1851,79	185.179,00
OFICINA DE LOCOMOTIVAS	3168	m²	3703,58	11.732.941,44
MATERIAL OFICINA DE LOCOMOTIVAS	60%	% do valor da oficina	-	7.039.764,86
OFICINA DE VAGÕES	10736	m²	1851,79	19.880.817,44
MATERIAL OFICINA DE VAGÕES	15%	% do valor da oficina	-	2.982.122,62
POSTO DE REVISTA E ABASTECIMENTO	200	m²	12269,76	2.453.952,00
CASTELO D'ÁGUA DE 15.000 L	200	m²	920	184.000,00

Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

Tabela 33 – Índices de Reajustamento de Obras Rodoviárias.

ÍNDICES DE REAJUSTAMENTO DE OBRAS RODOVIÁRIAS	abr/19	jan/21	REAJUSTE
ÍNDICE NACIONAL DE CUSTO DA CONSTRUÇÃO	755,373	852,809	1,128990578

Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

3.14.3 BONIFICAÇÃO POR DESPESAS INDIRETAS - BDI

Aos custos unitários dos serviços de engenharia, foi acrescida a parcela correspondente ao Benefício por Despesas Indireta – BDI, calculada para as condições desonerada e sem desoneração, conforme demonstrado:

Tabela 34 – Cálculo do BDI conforme OFÍCIO-CIRCULAR Nº 4746/2019/ACE – DPP/DPP/DNIT SEDE.

BDI - COM DESONERAÇÃO			
Desmonstrativo de Acordo com a Tabela 62 do Volume 01 - Metodologia e Conceitos do Manual de Custos de Infraestrutura de Transporte do DNIT			
Discriminação das Parcelas		Construção Ferroviária	
Despesas Indiretas		% sobre PV	% sobre CD
Administração Central	Variável - f (CD)	4,67%	6,00%
Despesas Financeiras	0,19% sobre (PV - Lucro)	0,18%	0,23%
Seguros e Garantias Contratuais	0,25% do PV	0,25%	0,32%
Riscos	0,50% do PV	0,50%	0,64%
	Sub-Total 1	5,60%	7,20%
Benefícios		% sobre PV	% sobre CD
Lucro	Variável - f (CD)	5,45%	7,01%
	Sub-Total 2	5,45%	7,01%
Tributos		% sobre PV	% sobre CD
PIS		0,65%	0,84%
COFINS		3,00%	3,86%
ISSQN		3,00%	3,86%
Contribuição Previdenciária sobre a Receita Bruta		4,50%	5,78%
	Sub-Total 3	11,15%	14,33%
BDI (%)		22,20%	28,54%

BDI - SEM DESONERAÇÃO			
Desmonstrativo de Acordo com a Tabela 62 do Volume 01 - Metodologia e Conceitos do Manual de Custos de Infraestrutura de Transporte do DNIT			
Discriminação das Parcelas		Construção Ferroviária	
Despesas Indiretas		% sobre PV	% sobre CD
Administração Central	Variável - f (CD)	4,91%	6,00%
Despesas Financeiras	0,19% sobre (PV - Lucro)	0,18%	0,22%
Seguros e Garantias Contratuais	0,25% do PV	0,25%	0,31%
Riscos	0,50% do PV	0,50%	0,61%
	Sub-Total 1	5,84%	7,14%
Benefícios		% sobre PV	% sobre CD
Lucro	Variável - f (CD)	5,73%	7,00%
	Sub-Total 2	5,73%	7,00%
Tributos		% sobre PV	% sobre CD
PIS		0,65%	0,79%
COFINS		3,00%	3,67%
ISSQN		3,00%	3,67%
Contribuição Previdenciária sobre a Receita Bruta			0,00%
	Sub-Total 3	6,65%	8,13%
BDI (%)		18,22%	22,27%

Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

Os insumos listados a seguir são parte dos serviços para execução da via permanente. Como estratégia para otimizar os custos da obra, estes foram destacados dos serviços correspondentes e sobre seus preços não há incidência de taxas de BDI.

Tabela 35 – Insumos que integram os serviços para execução da via permanente.

COD.	DESCRIÇÃO	UNID.
M2198	TRILHO UIC60 EM AÇO-CARBONO - C = 12 M	T
M2214	GRAMPO ELÁSTICO PANDROL PARA FIXAÇÃO ELÁSTICA	UN
M2234	TALA DE JUNÇÃO TJ 60 NÃO ISOLADA COM 6 FUROS	PAR
M2358	PALMILHA DE BORRACHA PARA DORMENTE DE CONCRETO	UN
M2233	PARAFUSO DE CABEÇA ABAULADA EM AÇO INOX COM PORCA E ARRUELA DE PRESSÃO PARA TALA DE JUNÇÃO - D = 25,4 MM	UN
M2356	BRITA PADRÃO PARA LASTRO FERROVIÁRIO	M ³
MT0332	Pedra britada para lastro ferroviário	m ³
M2363	KIT PARA SOLDA ALUMINOTÉRMICA DE TRILHO UIC 60	CJ
M2359	PORÇÃO DE SOLDA ALUMINOTÉRMICA PARA TRILHO UIC 60	UN
M2370	DORMENTES DE MADEIRA PARA AMV	M ³
M2268	AMV TIPO TR57, ABERTURA 1:8, BITOLA MISTA	UN
M2300	AMV TIPO UIC60, ABERTURA 1:14, BITOLA MISTA	UN
M2254	AMV TIPO TR57, ABERTURA 1:8, BITOLA LARGA	UN
M2314	AMV TIPO UIC60, ABERTURA 1:14, BITOLA LARGA	UN
MT1006	Trilho UIC60 de aço-carbono com comprimento de até 24 m	t
MT2484	Kit de junta isolada colada para UIC60	un
MT1154	Disco de corte para trilho - D = 350 mm (14")	un

Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

3.14.4 DISTÂNCIAS MÉDIAS DE TRANSPORTES

A seguir estão apresentados os quadros com indicação de origem de materiais e DMTs para cada segmento de implantação. Considerando que os preços utilizados para os principais insumos como areia e brita são comerciais, adotou-se como premissa que os materiais para a construção dos elementos de drenagem, contenções e OAEs seriam transportados para o referido trecho a partir dos municípios mais próximos.

Já os materiais necessários para a execução da via permanente estão sendo transportados desde Curitiba/PR para o referido trecho, uma vez que a pesquisa de preços do SICRO considera os preços nas capitais, e entre Curitiba/PR e Florianópolis/SC, Curitiba encontra-se mais próxima do trecho.

Tabela 36 – DMTs para o Trecho Cascavel – Chapecó.

SERVIÇO	MATERIAL	PERCURSO		TRANSPORTE				OBSERVAÇÃO	DETERMINAÇÃO DMT
		ORIGEM	DESTINO	LN	RP	P	TOTAL (KM)		
DRENAGEM	CIMENTO	CASCÁVEL / PR	PISTA			170	170		ESTACA MÉDIA DO TRECHO
	AREIA	CASCÁVEL / PR	PISTA			170	170		ESTACA MÉDIA DO TRECHO
	MATERIAIS PÉTREOS	CASCÁVEL / PR	PISTA			170	170		ESTACA MÉDIA DO TRECHO
	AÇO	CASCÁVEL / PR	PISTA			170	170		ESTACA MÉDIA DO TRECHO
	MADEIRA	CASCÁVEL / PR	PISTA			170	170		ESTACA MÉDIA DO TRECHO
	CONCRETO USINADO	CASCÁVEL / PR	PISTA			170	170		ESTACA MÉDIA DO TRECHO
	PRÉ-MOLDADOS	CASCÁVEL / PR	PISTA			170	170		ESTACA MÉDIA DO TRECHO
SUPERESTRUTURA FERROVIÁRIA	LASTROS	CASCÁVEL / PR	PISTA			170	170		
	DORMENTES	CASCÁVEL / PR	PISTA			170	170		
	AMV's	CURITIBA / PR	CANTEIRO CASCÁVEL			470	470		DISTÂNCIA DA CAPITAL MAIS PRÓXIMA ATÉ A ESTACA MÉDIA DO TRECHO
	TRILHOS	CURITIBA / PR	CANTEIRO CASCÁVEL			470	470		DISTÂNCIA DA CAPITAL MAIS PRÓXIMA ATÉ A ESTACA MÉDIA DO TRECHO
	FIXAÇÕES	CURITIBA / PR	CANTEIRO CASCÁVEL			470	470		DISTÂNCIA DA CAPITAL MAIS PRÓXIMA ATÉ A ESTACA MÉDIA DO TRECHO
	MATERIAIS FERROVIÁRIOS	CANTEIRO CASCÁVEL / PR	PISTA			120	120	TRANSPORTE EM VAGÃO	DISTÂNCIA DO CANTEIRO ATÉ A ESTACA MÉDIA DO TRECHO
	CIMENTO	CASCÁVEL / PR	PISTA			170	170		ESTACA MÉDIA DO TRECHO
TÚNEIS/CONTENÇÕES OAES	AREIA	CASCÁVEL / PR	PISTA			170	170		ESTACA MÉDIA DO TRECHO
	MATERIAIS PÉTREOS	CASCÁVEL / PR	PISTA			170	170		ESTACA MÉDIA DO TRECHO
	AÇO	CASCÁVEL / PR	PISTA			170	170		ESTACA MÉDIA DO TRECHO
	MADEIRA	CASCÁVEL / PR	PISTA			170	170		ESTACA MÉDIA DO TRECHO
	CONCRETO USINADO	CASCÁVEL / PR	PISTA			170	170		ESTACA MÉDIA DO TRECHO
	PRÉ-MOLDADOS	CASCÁVEL / PR	PISTA			170	170		ESTACA MÉDIA DO TRECHO
		LN - LEITO NATURAL	RP - REVESTIMENTO PRIMÁRIO	P - REVESTIMENTO PAVIMENTADO					

Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

3.14.5 CONDIÇÕES DESONERADA E SEM DESONERAÇÃO

Consoante à necessidade de garantir ao presente orçamento a condição mais vantajosa a Administração Pública, elaboramos o orçamento na condição desonerada e na condição sem desoneração, sendo que a **condição sem desoneração** resultou na mais viável economicamente, conforme demonstrado no Resumo Comparativo a seguir:

Tabela 37 – Resumo Comparativo.

RESUMO COMPARATIVO		
CONDIÇÃO	DESONERADA	SEM DESONERAÇÃO
TOTAL	6.950.281.663,56	6.760.488.672,44
1.1 PR - RAMAL CASCÁVEL - CHAPECÓ	5.954.469.933,56	5.764.676.942,44
1.1.1 VIA PERMANENTE - TRECHO PARANÁ	4.379.362.153,71	4.258.673.195,92
1.1.2 VIA PERMANENTE - TRECHO SANTA CATARINA	1.540.366.367,56	1.472.271.978,29
1.1.3 TERMINAL CHAPECÓ	34.741.412,28	33.731.768,22
2 MATERIAL RODANTE	995.811.730,00	995.811.730,00
2.1 MATERIAL RODANTE	995.811.730,00	995.811.730,00

Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

As condições sem desoneração e desonerada consistem em:

- **Condição sem desoneração:** Aplicação de parcela de INSS e suas reincidências nos encargos sociais da mão de obra ordinária e de operação dos equipamentos e exclusão de qualquer parcela de CPRB (Contribuição Previdenciária sobre a Renda Bruta) da taxa de BDI;
- **Condição desonerada:** Exclusão de qualquer parcela de INSS dos encargos sociais e inclusão da parcela de CPRB no BDI com alíquota de 4,5% sobre o preço de venda.

3.14.6 ORÇAMENTO

A partir dos preços unitários compostos segundo a metodologia proposta e das quantidades de serviços aferidas nos estudos e projetos de engenharia desenvolvidos, elaborou-se o orçamento para a implantação do lote compreendido entre Cascavel e Chapecó, sendo o orçamento de implantação do terminal de Cascavel já previsto anteriormente no EVTEA-J da Nova FERROESTE. Nesse sentido, os custos de implantação desse terminal não são propostos neste EVTE, a fim de evitar duplicidade deles com o EVTEA-J que fomentou o início dos estudos aqui apresentados.

Para o referido lote, foram calculados os custos de transporte de materiais, conforme a localização e foram atribuídos os custos correspondentes à Unidade Federativa onde cada trecho se encontra.

A planilha de orçamento gerada, para a condição **sem desoneração**, que resultou na mais viável economicamente, pode ser consultada na tabela a seguir.

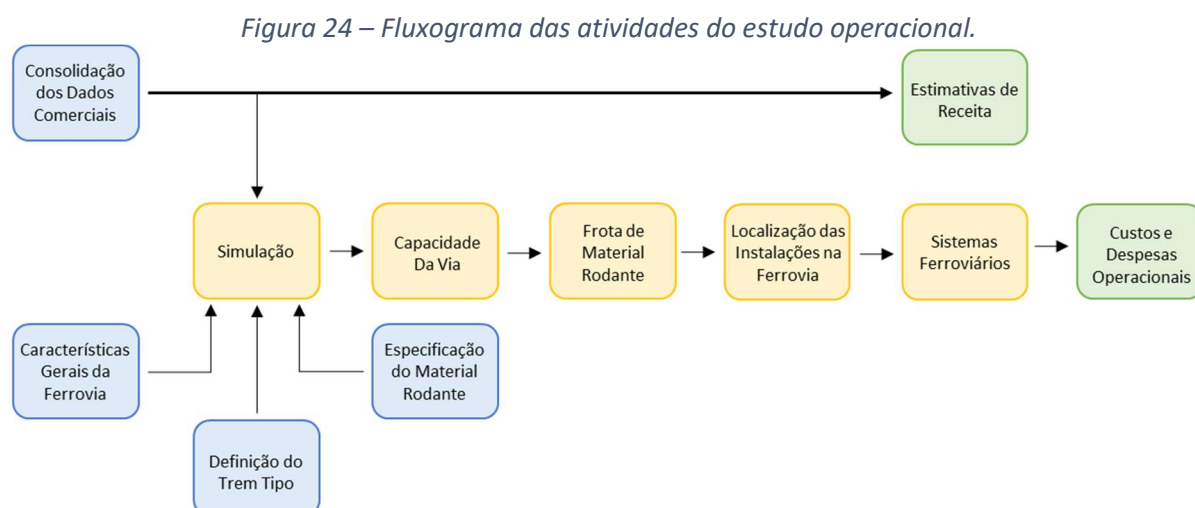
4 RELATÓRIO DE ESTUDOS OPERACIONAIS

4.1 INTRODUÇÃO

O capítulo em questão apresenta, através de simulações de desempenho de trens e do projeto conceitual dos sistemas de segurança e licenciamento deles, todos os fatores relevantes aos estudos operacionais.

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 referente ao Estudo Operacional. 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 4.6. Essas informações foram *inputs* para quantificar a necessidade de material rodante e o consumo total de combustível necessários para atender à demanda. A *Figura 24* apresenta o fluxograma das atividades do estudo operacional.



Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

Resumidamente, dimensionou-se e apresenta-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;
- Determinação do material rodante da frota comercial;
- 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, o desempenho e o consumo de combustível das locomotivas;
- Cálculo da capacidade de tráfego (vazão) da via em número de trens/dia.

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

Este estudo será estruturado em **12 subcapítulos**, a contar com a introdução.

O subcapítulo **4.2** contempla a **análise da demanda**, apresentando informações referentes a demanda prevista, a matriz de distâncias e produção prevista.

O subcapítulo **4.3** apresenta a **receita operacional**, contendo a receita de frete e direito de passagem, demais receitas e, por fim, a receita total, referente ao traçado.

O subcapítulo **4.4** contempla as informações referentes à **caracterização física e operacional da ferrovia**, como característica geométrica da via, características geométricas limitantes, características básicas do material rodante, trens-tipos propostos e verificação dos trens tipos.

Já os subcapítulos **4.5** e **4.6** trazem o **plano de vias** e a **simulação** desenvolvida no estudo, respectivamente. Ademais, o 4.6 apresenta detalhe das considerações gerais sobre o processo de simulação operacional e o desenvolvimento do processo de simulação.

Os subcapítulos **4.7** e **4.8** apresentam, respectivamente, a **capacidade da via**, com enfoque na premissa de cálculo e nos resultados obtidos, e a **frota de material rodante**, também com a sua premissa de cálculo.

O subcapítulo **4.9** contém informações do **sistema ferroviário**, com enfoque no sistema de licenciamento, sinalização, telecomunicação, energia e centro de controle operacional.

O subcapítulo **4.10** contempla os **custos de investimentos**, com informações referentes ao material rodante e sistema ferroviário.

Já o subcapítulo **4.11** contém os **custos de despesas e operacionais**, apresentando os custos operacionais fixos e variáveis, demais custos, despesas administrativas e resumo dos custos.

Por fim, no subcapítulo **4.12** é apresentado a consolidação dos cenários analisados.

4.2 ANÁLISE DA DEMANDA

4.2.1 DEMANDAS PREVISTAS

A análise de 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 o Ramal Cascavel-Chapecó.

Apresentou-se nos Estudos de Demanda a demanda de transporte para os seguintes produtos:

- Milho;
- Soja;
- Farelo de Soja;
- Aves;
- Peixes;
- Suínos.

Para cada um dos produtos supracitados foi projetado, no horizonte de tempo (2044-2087), o volume a ser transportado pela ferrovia, em função das respectivas origens e destinos.

Ao quantitativo proveniente dos Estudos de Demanda, já estão aplicadas as seguintes premissas operacionais:

- *Ramp-up* de 50% e 80% nos anos 2054 e 2055, respectivamente, para as cargas com origem e destino em Foz do Iguaçu (uma vez que, segundo a estratégia de implantação definida, a operação do Ramal Cascavel – Foz do Iguaçu só será iniciada em 2054);
- Corte de cargas com origem e destino em Foz do Iguaçu nos anos anteriores ao início da operação desse Ramal (como dito anteriormente, prevista para 2054).

A síntese dos resultados está disposta na *Tabela 38*. As tabelas completas, com os volumes de carga transportados por trecho, constam no **Tomo II - Planilhas dos Estudos Operacionais**.

4.2.2 MATRIZ DE DISTÂNCIAS

Para operacionalizar a movimentação de cargas, tomou-se como base as distâncias entre os pátios de carga transcritos na *Tabela 39*.

4.2.3 PRODUÇÃO PREVISTA

A partir da demanda constante na *Tabela 38* e da matriz de distâncias (*Tabela 39*), calculou-se a produção da ferrovia em TKU de todos os produtos (*Tabela 40*).

Tabela 38 – Demanda total por produto em TU.

PRODUTO	TIPO DE CARGA	DEMANDA POR ANO (TU)						
		2044	2050	2054	2060	2070	2080	2087
MILHO	GSA ¹	4.134.449,34	4.539.367,32	4.790.882,76	5.125.083,38	5.569.573,73	5.907.610,28	6.091.659,51
SOJA	GSA ¹	2.525.408,90	2.589.420,37	2.629.837,65	2.678.983,75	2.735.318,24	2.779.283,11	2.805.273,18
FARELO DE SOJA	GSA ¹	1.623.529,90	1.665.306,10	1.691.180,46	1.722.544,02	1.758.614,04	1.786.657,65	1.803.227,20
AVES	CONT ²	316.949,88	338.368,93	354.546,88	374.119,51	393.613,58	407.472,11	414.706,94
PEIXES	CONT ²	66.084,06	68.142,59	69.072,87	69.985,29	70.721,66	71.026,34	71.124,94
SUÍNOS	CONT ²	185.418,48	193.833,22	199.913,15	206.471,90	211.083,99	213.460,94	214.396,48
TOTAL POR ANO		8.851.840,56	9.394.438,53	9.735.433,77	10.177.187,86	10.738.925,25	11.165.510,44	11.400.388,25

Legenda: GSA¹: granel sólido agrícola; CONT²: contêiner.

Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

Tabela 39 – Distância entre pátios de carga.

DISTÂNCIA (m)									
EXP / IMP		ORIGEM							
		Maracaju	Amambai	Guaíra	Cascavel	Foz do Iguaçu	Chapecó	Guarapuava	Paranaguá
DESTINO	Maracaju		172.425,00	334.625,00	508.890,00	675.349,00	771.735,00	740.874,27	1.122.831,77
	Amambai	172.425,00		162.200,00	336.465,00	502.924,00	599.310,00	568.449,27	950.406,77
	Guaíra	334.625,00	162.200,00		174.265,00	340.724,00	437.110,00	406.249,27	788.206,77
	Cascavel	508.890,00	336.465,00	174.265,00		166.459,00	262.845,00	231.984,27	613.941,77
	Foz do Iguaçu	675.349,00	502.924,00	340.724,00	166.459,00		429.304,00	398.443,27	780.400,77
	Chapecó	771.735,00	599.310,00	437.110,00	262.845,00	429.304,00		494.829,27	876.786,77
	Guarapuava	740.874,27	568.449,27	406.249,27	231.984,27	398.443,27	494.829,27		381.957,50
	Paranaguá	1.122.831,77	950.406,77	788.206,77	613.941,77	780.400,77	876.786,77	381.957,50	

Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

Tabela 40 – Demanda total por produto em TKU.

PRODUTO	TIPO DE CARGA	DEMANDA POR ANO (TKU)						
		2044	2050	2054	2060	2070	2080	2087
MILHO	GSA ¹	2.336.721.865,19	2.576.325.454,45	2.723.577.277,09	2.919.460.563,32	3.182.151.360,82	3.382.817.104,81	3.492.637.474,78
SOJA	GSA ¹	1.387.161.751,39	1.423.465.625,16	1.445.100.280,53	1.471.068.025,28	1.500.994.404,36	1.524.204.234,10	1.538.016.574,71
FARELO DE SOJA	GSA ¹	916.909.960,12	941.331.251,22	955.603.926,86	972.679.777,90	992.430.897,54	1.007.672.221,82	1.016.727.161,28
AVES	CONT ²	195.750.124,77	209.315.609,07	218.973.029,89	231.100.460,44	244.707.098,88	254.718.854,52	260.046.381,63
PEIXES	CONT ²	55.203.773,41	56.995.174,62	57.788.625,60	58.567.324,18	59.211.068,78	59.477.528,31	59.563.763,86
SUÍNOS	CONT ²	133.819.723,72	139.880.720,40	143.717.736,43	147.904.987,98	151.296.024,19	153.066.199,59	153.769.335,63
TOTAL POR ANO		5.025.567.198,60	5.347.313.834,93	5.544.760.876,40	5.800.781.139,11	6.130.790.854,56	6.381.956.143,15	6.520.760.691,89

Legenda: GSA¹: granel sólido agrícola; CONT²: contêiner.

Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

4.3 RECEITA OPERACIONAL

De acordo com os valores adotados na produção prevista para cada produto, apresentados no item 4.2 ANÁLISE DA DEMANDA, estimou-se a receita por produto e por ano do projeto.

4.3.1 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 pelo Ramal Cascavel-Chapecó, 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.

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. 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 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 pelo Ramal estão abaixo dos outros modais, em especial o rodoviário.

A *Tabela 41* apresenta as tarifas de referência utilizadas, enquanto a *Tabela 42* exhibe as tarifas utilizadas após a conversão de unidades mencionadas e a redução de 10% em relação à tarifa de deliberação.

Tabela 41 – 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
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
FARELO DE SOJA	FARELO DE SOJA	14,92	R\$/t	0,1488	0,1376	0,1265	0,1151	R\$/t.km
AVES	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
PEIXES	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
SUÍNOS	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: Elaborado pela TPF Engenharia.

Tabela 42 – Frete ferroviário a preço de mercado – Valores ajustados em função da conversão de unidades e do desconto de 10%.

MERCADORIA	DESCRIÇÃO ADOTADA DA DELIBERAÇÃO	PARCELA FIXA		PARCELA VARIÁVEL				
		VALOR	UNIDADE	0 – 300 km	301 – 600 km	601 – 900 km	acima 900 km	UNIDADE
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
FARELO DE SOJA	FARELO DE SOJA	13,43	R\$/t	0,1339	0,1238	0,1139	0,1036	R\$/t.km
AVES	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***
PEIXES	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***
SUÍNOS	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\$/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: Elaborado pela TPF Engenharia.

4.3.2 OUTRAS RECEITA

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).

4.3.3 RECEITA TOTAL

A soma das receitas de frete e de outras receitas foi consolidada conforme apresentado nas *Tabela 43* e *Tabela 44*.

Tabela 43 – Receita Total do Ramal Cascavel Chapecó (considerando valor 2021 da ANTT com 10% de desconto para o frete ferroviário) – RESUMO

PRODUTO	TIPO DE CARGA	TIPO DE VAGÃO	RECEITA TOTAL POR ANO							
			2044	2050	2054	2060	2070	2080	2087	
Milho	GSA	HTT	R\$ 358.685.915,15	R\$ 395.151.980,15	R\$ 417.613.631,58	R\$ 447.489.280,78	R\$ 487.493.346,61	R\$ 518.031.483,42	R\$ 534.730.262,70	
Soja	GSA	HTT	R\$ 230.057.999,04	R\$ 236.048.425,57	R\$ 239.647.500,16	R\$ 243.974.831,20	R\$ 248.956.706,71	R\$ 252.825.000,32	R\$ 255.125.746,02	
Farelo de Soja	GSA	HTT	R\$ 139.219.404,99	R\$ 142.898.739,19	R\$ 145.075.617,15	R\$ 147.687.101,72	R\$ 150.703.386,05	R\$ 153.035.294,26	R\$ 154.419.504,17	
Aves	CONT	PRT	R\$ 55.719.346,55	R\$ 59.553.986,07	R\$ 62.336.848,60	R\$ 65.792.680,78	R\$ 69.538.485,29	R\$ 72.269.940,86	R\$ 73.716.279,81	
Peixes	CONT	PRT	R\$ 14.497.809,58	R\$ 14.963.842,62	R\$ 15.171.265,45	R\$ 15.374.804,55	R\$ 15.542.101,36	R\$ 15.611.343,11	R\$ 15.633.751,66	
Suínos	CONT	PRT	R\$ 36.489.303,75	R\$ 38.143.145,82	R\$ 39.231.101,97	R\$ 40.414.328,92	R\$ 41.334.769,11	R\$ 41.813.669,47	R\$ 42.003.449,91	
RECEITA COM FRETE:			R\$ 834.669.779,07	R\$ 886.760.119,41	R\$ 919.075.964,91	R\$ 960.733.027,95	R\$ 1.013.568.795,13	R\$ 1.053.586.731,44	R\$ 1.075.628.994,27	
OUTRAS RECEITAS (5%):			R\$ 41.733.488,95	R\$ 44.338.005,97	R\$ 45.953.798,25	R\$ 48.036.651,40	R\$ 50.678.439,76	R\$ 52.679.336,57	R\$ 53.781.449,71	
RECEITA TOTAL:			R\$ 876.403.268,02	R\$ 931.098.125,38	R\$ 965.029.763,15	R\$ 1.008.769.679,35	R\$ 1.064.247.234,89	R\$ 1.106.266.068,02	R\$ 1.129.410.443,98	

Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

Tabela 44 – Receita do Ramal Cascavel-Chapecó com o frete ferroviário por Tipo de carga/Vagão proveniente dos fluxos cativos - RESUMO

TIPO DE CARGA	TIPO DE VAGÃO	RECEITA COM CARGAS CATIVAS POR TIPO DE CARGA/VAGÃO						
		2044	2050	2054	2060	2070	2080	2087
GSA	HTT	R\$ 727.963.319,18	R\$ 774.099.144,91	R\$ 802.336.748,88	R\$ 839.151.213,70	R\$ 887.153.439,38	R\$ 923.891.778,00	R\$ 944.275.512,88
CONT	PRT	R\$ 106.706.459,88	R\$ 112.660.974,51	R\$ 116.739.216,02	R\$ 121.581.814,25	R\$ 126.415.355,76	R\$ 129.694.953,44	R\$ 131.353.481,38

Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

4.4 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E OPERACIONAL DA FERROVIA

4.4.1 CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DA VIA

As características geométricas da via foram identificadas a partir do traçado desenvolvido no estudo geométrico e estão sintetizadas na *Tabela 45*.

Tabela 45 – Características técnicas da via permanente.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DA VIA PERMANENTE	
ITEM	ESPECIFICAÇÃO
Bitola da Via	Larga (1,60 m)
Objeto de Transporte	Carga
Local de Origem/Destino	Cascavel (PR) – Chapecó (SC)
ALTIMETRIA	
Rampa Máxima Compensada (Exportação)	1,45%
Rampa Máxima Compensada (Importação)	1,45%
Rampa Máxima em Pátios e Desvios	0,25%
Compensação em Curva	0,06% por grau de curva horizontal
Curva Vertical	Parábolas do 2º grau entre rampas ²
Distância entre PIVs	Sempre que possível 2.000 m
Comprimento de Curva Vertical	$y = 606,06(i_1 - i_2)$ [mín. de 60m]
Ponto de Aplicação do Greide	Topo do Sublastro
PLANIMETRIA	
Raio Mínimo	343,823 m
Raio Mínimo para Curvas sem Transição	2292 m
Tangente mínima entre curvas	30 m
Curva de Transição	Em espiral (clotóide)
Comprimento da Transição	1 m para cada grau de curva ou 0,5 m ¹
Superelevação Máxima	160 mm ³
Superelevação Mínima	25 mm
VELOCIDADES	
Velocidade Máxima de Projeto	80 km/h
Velocidade Mínima de Operação	15 km/h
Velocidade Operacional nos Pátios	40 km/h
INFRAESTRUTURA	
Largura da Plataforma de Corte	8,40 m
Largura da Plataforma de Aterro	8,40 m
Declividade Transversal da Plataforma	3,00%
Inclinação de talude em corte em solo	1V : 1H com banquetas a cada 8 m
Inclinação de talude em corte em rocha	1V : 0,2H com banquetas a cada 8 m

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DA VIA PERMANENTE	
ITEM	ESPECIFICAÇÃO
Inclinação de talude em corte aterro	1V : 1,5H com banquetas a cada 8 m
Faixa de Domínio	20 m para cada lado do eixo de projeto. Quando o off-set ultrapassar a largura da faixa de domínio deverá ser adotado afastamento mínimo de 10 m do pé do aterro e 10 m da crista de corte

¹ Em casos específicos, quando não houver distância suficiente entre curvas;

² Quando a diferença algébrica das rampas for igual ou superior a 0,20%;

³ Superelevação nula para raios acima de 1.700 m.

Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

4.4.2 CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS LIMITANTES

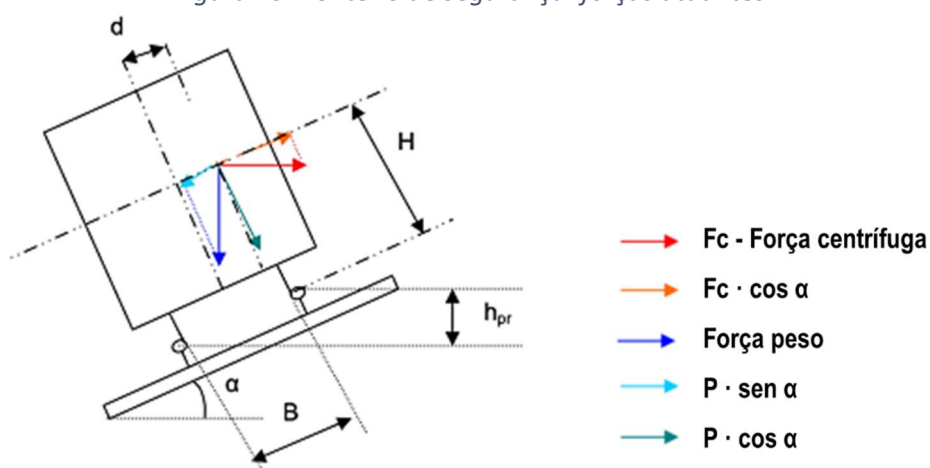
As características geométricas limitantes restringem a velocidade da composição. O menor valor de velocidade é obtido entre dois critérios: segurança e conforto, os quais têm sua definição apresentada a seguir.

4.4.2.1 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.

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

Figura 25 – Critério de segurança: forças atuantes.



Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

onde:

$V_{m\acute{a}x}$: velocidade máxima com segurança (km/h);

B : bitola e boleto ($\approx 1,67$ m);

R : raio da curva (m);

α : ângulo da superelevação;

h_{pr} : superelevação prática máxima ($\approx 0,14$ m);

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

d : deslocamento do centro de gravidade ($\approx 0,10$ m);

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

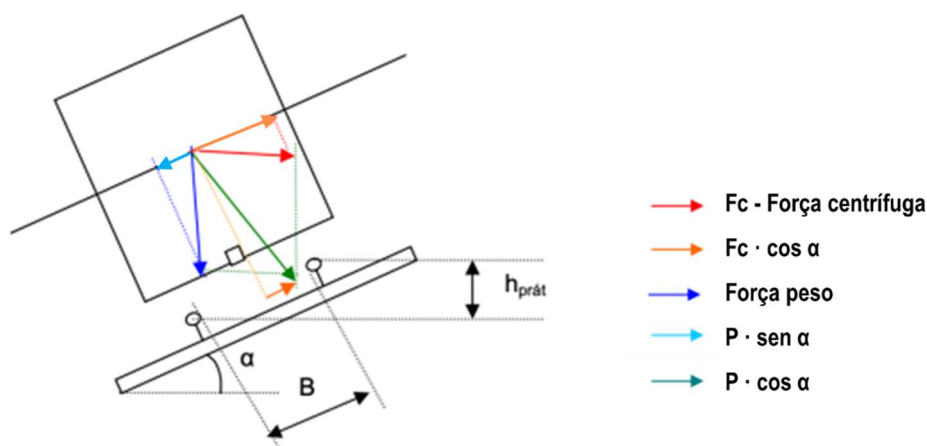
O resultado do menor raio apresentado na geometria foi de 404,48 metros, correspondendo a uma velocidade máxima de 87,97 km/h.

4.4.2.2 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:

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

Figura 26 – Critério de conforto: forças atuantes.



Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

onde:

$V_{m\acute{a}x}$: velocidade máxima com conforto (km/h);

B : bitola e boleto ($\approx 1,67$ m);

R : raio da curva (m);

α : ângulo da superelevação;

h_{pr} : superelevação prática máxima ($\approx 0,14$ m);

η : componente da aceleração centrífuga não compensada ($\approx 0,497 \text{ m/s}^2$);

g : aceleração da gravidade ($\approx 9,81 \text{ m/s}^2$).

O resultado do menor raio apresentado na geometria foi de 404,48 metros, correspondendo a uma velocidade máxima de 83,12 km/h.

Dessa forma, adotou-se, de forma conservadora no estudo, a velocidade máxima autorizada (VMA) e operacional na via correspondente a 80 km/h e 40 km/h no aparelho de mudança de via (AMV) dentro do pátio de cruzamento.

4.4.3 CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DO MATERIAL RODANTE

No que tange à frota de material rodante, foi prevista a utilização das premissas apresentadas a seguir para a simulação operacional.

4.4.3.1 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 da locomotiva supracitada e suas principais dimensões são apresentadas na *Tabela 46* a seguir, e os dados de consumo de combustível referentes à locomotiva, disponibilizado pelo fabricante, podem ser observados na *Tabela 47*.

Tabela 46 – 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 m ²
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

ITEM	ESPECIFICAÇÃO
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 pela TPF Engenharia.

Tabela 47 – 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.

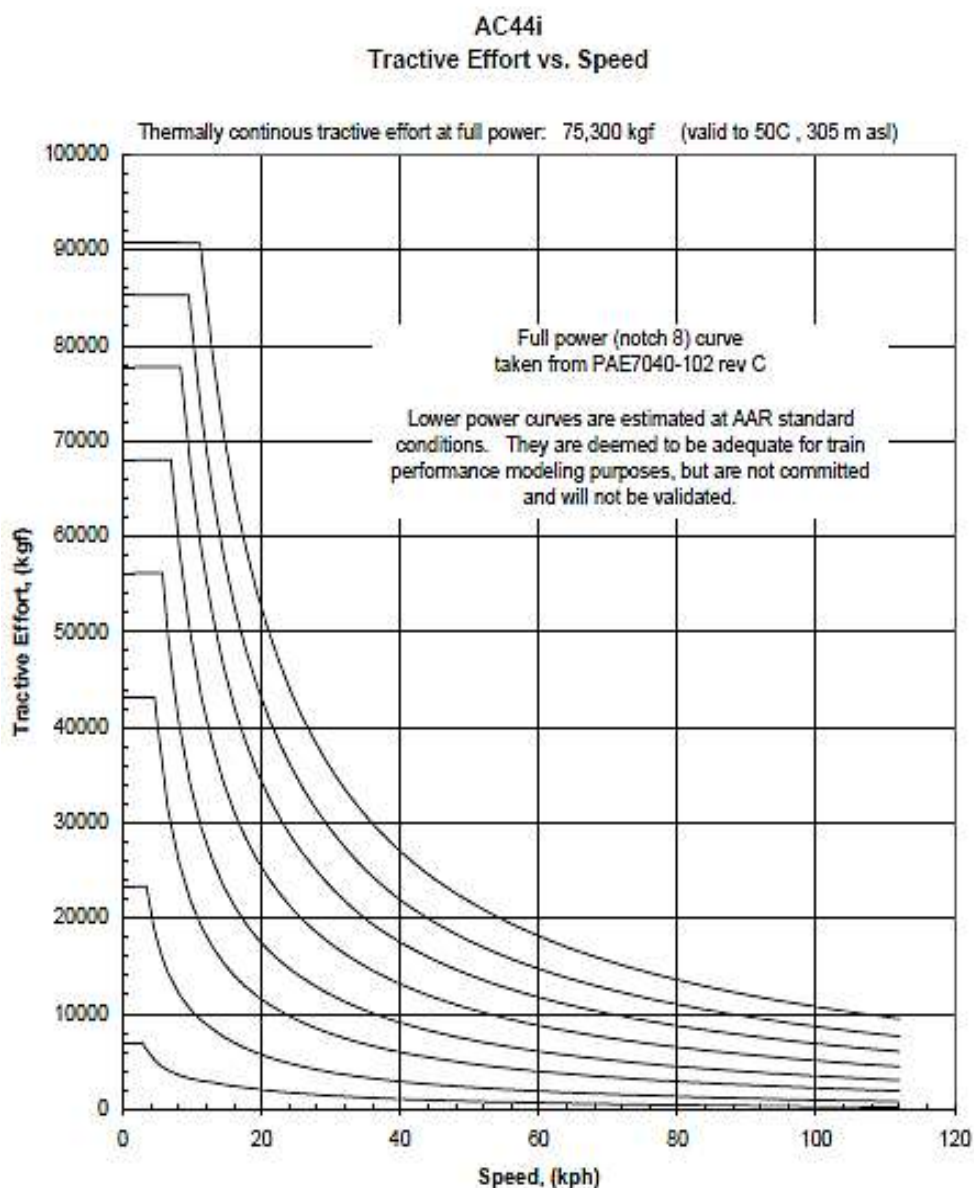
Na *Figura 27* e *Figura 28* a seguir, apresentam-se as curvas de esforço de tração e de frenagem dinâmica para a locomotiva AC44i, extraídas do manual do fabricante. Ressalta-se que no software de simulação em marcha utilizado, o *Simula FFCC*, foram considerados pontos a cada 10 km/h para análise operacional – ou seja, uma simplificação da curva de potência e frenagem da locomotiva.

Figura 27 – Curva do esforço de tração.

12/18/2009 1:35 PM nicolussi
Schulz_EA_N1-N8_mln3c.xls TE_A9

General Electric Company

PAE9021-200
sheet 1/1 rev 0

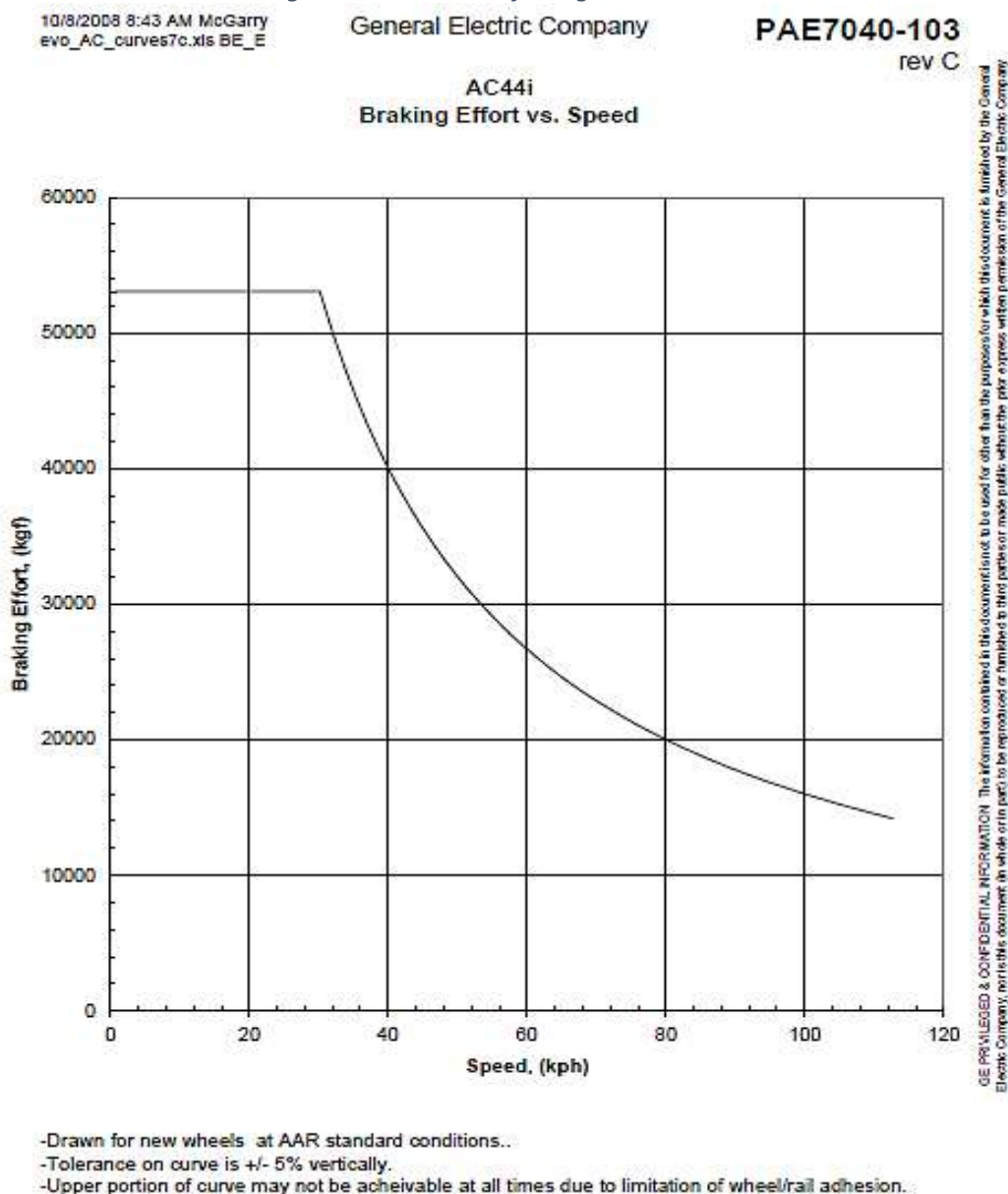


GE PROPRIETARY & CONFIDENTIAL INFORMATION. The information contained in this document is not to be used for other than the purposes for which this document is furnished by the General Electric Company, nor is this information to be reproduced or furnished to third parties or made public without the prior express written permission of the General Electric Company.

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

Fonte: Wabtec.

Figura 28 – Curva de frenagem dinâmica.



Fonte: Wabtec.

4.4.3.2 VAGÕES

Definiu-se um tipo de vagão para cada produto a ser transportado pela nova ferrovia. Essa relação é apresentada na *Tabela 48*. Na sequência, a *Tabela 49* apresenta as características básicas desses vagões.

Tabela 48 – Vagões utilizados por tipo de carga.

PRODUTO	TIPO DE CARGA	TIPO DE VAGÃO	CLASSIFICAÇÃO
Milho	GSA	Graneleiro	HTT
Soja	GSA	Graneleiro	HTT
Farelo de Soja	GSA	Graneleiro	HTT
Aves	CONT	Vagão <i>double stack</i>	PRT
Peixes	CONT	Vagão <i>double stack</i>	PRT
Suínos	CONT	Vagão <i>double stack</i>	PRT

Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

Tabela 49 - Características básicas dos vagões considerados.

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

Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

4.4.3.3 CONTÊINER

Para efeito da simulação dos Estudos Operacionais, a *Tabela 50* apresenta as características básicas do tipo de vagão adotado, de acordo com a natureza das cargas a serem transportadas:

Tabela 50 – 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 m ³
Peso máximo	30.480 kg
Tara	4.150 kg
Carga útil	26.330 kg

Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

4.4.4 TRENS-TIPO PROPOSTOS

A partir dos Estudos de Demanda e dos materiais rodantes definidos, foi possível determinar os trens-tipo médios que circularão no Ramal Cascavel - Chapecó. 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 situação do carregamento (vagões carregados ou vazios), conforme *Tabela 51*.

Tabela 51 – Trens-tipo adotados para a simulação operacional.

CÓDIGO	NOME DO TREM-TIPO	TIPO DE VAGÃO
TREM-TIPO 1A	Granelheiro de Importação Carregado	HTT
TREM-TIPO 1B	Granelheiro de Importação Vazio	HTT
TREM-TIPO 1C	Granelheiro de Exportação Carregado	HTT
TREM-TIPO 1D	Granelheiro de Exportação Vazio	HTT
TREM-TIPO 2A	Contêiner de Importação Carregado	PRT
TREM-TIPO 2B	Contêiner de Importação Vazio	PRT
TREM-TIPO 2C	Contêiner de Exportação Carregado	PRT
TREM-TIPO 2D	Contêiner de Exportação Vazio	PRT

Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

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, 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.

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 do ramal ferroviário em estudo.

4.4.4.1 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:

- Milho;
- Soja;
- Farelo de Soja.

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 52*:

Tabela 52 – 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
2044	212.771,14	8.070.616,99	3%	97%
2050	221.666,33	8.572.427,46	3%	97%
2054	238.866,07	8.873.034,79	3%	97%
2060	258.514,30	9.268.096,86	3%	97%
2070	268.811,12	9.794.694,90	3%	97%
2080	276.354,53	10.197.196,51	3%	97%
2087	280.332,56	10.419.827,33	3%	97%

Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

Em função dos grupos de carga a serem transportados (exportação ou importação) e da situação do carregamento (vagões carregados ou vazios), subdividiu-se este trem-tipo em outros quatro:

- Trem-Tipo 01A – Graneleiro de Importação Carregado;
- Trem-Tipo 01B – Graneleiro de Importação Vazio;
- Trem-Tipo 01C – Graneleiro de Exportação Carregado;
- Trem-Tipo 01D – Graneleiro de Exportação Vazio.

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 105 vagões HTT e 5 (cinco) locomotivas no sentido exportação e no sentido importação (ambos com rampa máxima de 1,45%). Portanto:

- Trem-tipo 01A e 01C: 05 locomotivas AC44i e 105 vagões HTT (carregados);
- Trem-tipo 01B e 01D: 05 locomotivas AC44i (sendo três em reboque) e 105 vagões HTT (vazios).

Verificação da extensão do desvio de cruzamento:

- Comprimento total dos 105 vagões HTT: 1.659,00 m;
- Comprimento das 05 locomotivas: 111,50 m;
- Comprimento total: 1.770,50 m;
- Extensão para frenagem: 80,00 m;
- Extensão dos AMVs: 127,00 m;
- Comprimento total útil: 1.977,50 m.

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

4.4.4.2 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:

- Aves;
- Peixes;
- Suínos.

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 52*:

Tabela 53 – 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
2044	402.866,22	165.586,21	71%	29%
2050	424.622,27	175.722,48	71%	29%
2054	438.312,11	185.220,79	70%	30%
2060	455.003,25	195.573,45	70%	30%
2070	473.524,16	201.895,07	70%	30%
2080	486.358,29	205.601,10	70%	30%
2087	492.939,86	207.288,50	70%	30%

Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

Em função dos grupos de carga a serem transportados (exportação ou importação) e da situação do carregamento (vagões carregados ou vazios), subdividiu-se este trem-tipo em outros quatro:

- Trem-Tipo 02A – Contêiner de Importação Carregado;
- Trem-Tipo 02B – Contêiner de Importação Vazio;
- Trem-Tipo 02C – Contêiner de Exportação Carregado;
- Trem-Tipo 02D – Contêiner de Exportação Vazio.

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 120 vagões PRT e 4 (quatro) locomotivas no sentido exportação e no sentido importação (ambos com rampa máxima de 1,45%). Portanto:

- Trem-tipo 02A e 02C: 04 locomotivas AC44i e 120 vagões PRT (carregados);
- Trem-tipo 02B e 02D: 04 locomotivas AC44i (sendo duas em reboque) e 120 vagões PRT (vazios).

Verificação da extensão do desvio de cruzamento:

- Comprimento total dos 120 vagões PRT: 2.348,40 m;
- Comprimento das 04 locomotivas: 89,20 m;
- Comprimento total: 2.437,60 m;
- Extensão para frenagem: 80,00 m;
- Extensão dos AMVs: 127,00 m;
- Comprimento total útil: 2.644,60 m.

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

4.4.4.3 RESUMO DOS TRENS-TIPO CONSIDERADOS

A Tabela 54 apresenta o resumo dos trens-tipo considerados.

Tabela 54 – Resumo dos trens-tipo considerados.

ESPECIFICAÇÃO	TREM-TIPO 1	TREM-TIPO 2
Nome do Trem-tipo	Graneleiro de Importação e de Exportação	Contêiner de Importação e de Exportação
Produtos	Milho, Soja e Farelo de Soja	Aves, Peixes e Suínos
Tipo de Vagão	HTT	PRT
Comp. Vagão (m)	15,80	19,57
Nº de Vagões	105	120
Carga útil (t)	10.678,50	6.319,20
Comp. Locomotivas (m)	22,30	22,30
Rampa máxima (%)	1,45%	1,45%
Nº de Locomotivas	5	4
Comp. Total (m)	1.770,50	2.437,60
Extensão para frenagem (m)	80,00	80,00
Extensão dos AMVs (m)	127,00	127,00
Comp. Total Útil (m)	1.977,50	2.644,60

Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

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).

4.4.5 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;

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

$R_{T,vag}$: 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.

4.4.5.1 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.

4.4.5.1.1 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 46*);

V : Velocidade adotada (15 km/h);

A_{loc} : Área frontal da locomotiva (13,98 m², conforme *Tabela 46*);

N_{loc} : Número de eixos da locomotiva (06, conforme *Tabela 46*).

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

4.4.5.1.2 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.

4.4.5.1.2.1 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 49*);

V : Velocidade adotada (15 km/h);

A_{vagHTT} : Área frontal do vagão HTT (15,01 m², conforme *Tabela 49*);

N_{vagHTT} : Número de eixos do vagão HTT (04, conforme *Tabela 49*).

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

4.4.5.1.2.2 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 49*);

V : Velocidade adotada (15 km/h);

A_{vagHTT} : Área frontal do vagão HTT (15,01 m², conforme *Tabela 49*);

N_{vagHTT} : Número de eixos do vagão HTT (04, conforme *Tabela 49*).

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

4.4.5.1.2.3 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 49*);

V : Velocidade adotada (15 km/h);

A_{vagPRT} : Área frontal do vagão PRT (14,65 m², conforme *Tabela 49*);

N_{vagPRT} : Número de eixos do vagão PRT (04, conforme *Tabela 49*).

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

4.4.5.1.2.4 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 49*);

V : Velocidade adotada (15 km/h);

A_{vagPRT} : Área frontal do vagão PRT (14,65 m², conforme *Tabela 49*);

N_{vagPRT} : Número de eixos do vagão PRT (04, conforme *Tabela 49*).

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

4.4.5.1.3 RESISTÊNCIA ACIDENTAL

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

4.4.5.1.3.1 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 (404,48m, conforme *Tabela 45*);

B : Base rígida da locomotiva (4,06 m, conforme *Tabela 46*);

b : Bitola da via (1,60 m, conforme *Tabela 45*).

Substituindo os valores na fórmula, o resultado equivale a: $R_{c,loc} = 2,54 \text{ kgf/t}$

- 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 (404,48 m, conforme *Tabela 45*);

b : Bitola da via (1,60 m, conforme *Tabela 45*).

Substituindo os valores na fórmula, o resultado equivale a: $R_{c,vag} = 1,98 \text{ kgf/t}$

4.4.5.1.3.2 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 importação e exportação (1,45%), tem-se: $R_g = 14,50 \text{ kgf/t}$.

4.4.5.1.4 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 4.4.5.1.2);

R_g : Taxa de resistência da rampa (kgf/t, conforme item 4.4.5.1.3.2).

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 49*).

Assim, a *Tabela 55* e a *Tabela 56* apresentam os resultados da taxa de resistência e da resistência total de cada vagão, respectivamente.

Tabela 55 – Taxa de resistência de cada vagão.

RAMPA COMPENSADA MÁXIMA: 1,45%		
TAXA DE RESISTÊNCIA	CARREGADO	VAZIO
R_{vagHTT} (kgf/t)	15,79	17,34
R_{vagPRT} (kgf/t)	16,02	17,09

Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

Tabela 56 – Resistência total de cada vagão.

RAMPA COMPENSADA MÁXIMA: 1,45%		
RESISTÊNCIA TOTAL	CARREGADO	VAZIO
$R_{T,vagHTT}$ (kgf)	2.052,69	490,65
$R_{T,vagPRT}$ (kgf)	1.360,83	410,17

Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

4.4.5.1.5 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 4.4.5.1.2);

R_g : Taxa de resistência da rampa (kgf/t, conforme item 4.4.5.1.3.2).

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 46).

Assim, a Tabela 57 apresenta os resultados da taxa de resistência e da resistência total da locomotiva.

Tabela 57 – Taxa de resistência da locomotiva.

RESISTÊNCIA	RAMPA COMPENSADA MÁXIMA: 1,45%
R_{loc} (kgf/t)	15,77
$R_{T,loc}$ (kgf)	2.838,4

Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

4.4.5.1.6 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:

$$R_{T_{1A}} = (5 \times 2.838,40) + (105 \times 2.052,69)$$

$$R_{T_{1A}} = 229.724,43 \text{ kgf}$$

- Resistência Total do Trem-Tipo 1B:

$$R_{T_{1B}} = (5 \times 2.838,40) + (102 \times 490,65)$$

$$R_{T_{1B}} = 57.195,49 \text{ kgf}$$

- Resistência Total do Trem-Tipo 1C:

$$R_{T_{1C}} = (5 \times 2.838,40) + (105 \times 2.052,69)$$

$$R_{T_{1C}} = 229.724,43 \text{ kgf}$$

- Resistência Total do Trem-Tipo 1D:

$$R_{T_{1D}} = (5 \times 2.838,40) + (102 \times 490,65)$$

$$R_{T_{1D}} = 57.195,49 \text{ kgf}$$

- Resistência Total do Trem-Tipo 2A:

$$R_{T_{2A}} = (4 \times 2.838,40) + (120 \times 1.360,83)$$

$$R_{T_{2A}} = 174.653,62 \text{ kgf}$$

- Resistência Total do Trem-Tipo 2B:

$$R_{T_{2B}} = (2 \times 2.838,40) + (120 \times 410,17)$$

$$R_{T_{2B}} = 54.896,75 \text{ kgf}$$

- Resistência Total do Trem-Tipo 2C:

$$R_{T_{2C}} = (4 \times 2.838,40) + (120 \times 1.360,83)$$

$$R_{T_{2C}} = 174.653,62 \text{ kgf}$$

- Resistência Total do Trem-Tipo 2D:

$$R_{T_{2D}} = (2 \times 2.838,40) + (120 \times 410,17)$$

$$R_{T_{2D}} = 54.896,75 \text{ kgf}$$

4.4.5.2 CARACTERÍSTICAS DO MATERIAL DE TRAÇÃO E CARGA REBOCADA

4.4.5.2.1 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.

4.4.5.2.1.1 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 isotensão 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 46*).

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

4.4.5.2.1.2 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 46*);

P_a : Peso aderente da locomotiva (180 tf, conforme *Tabela 46*).

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

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

4.4.5.2.2 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 4.4.5.2.1.2, para evitar patinação);

$R_{T,loc}$: Resistência total da locomotiva (kgf, conforme item 4.4.5.1.5).

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

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

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

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

4.4.5.3 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 4.4.5.1.6);

E_T : Esforço trator (kgf, conforme item 4.4.5.2.2).

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.

4.4.5.3.1 TREM-TIPO 01 – GRANELEIROS – VAGÕES HTT

- Trem-tipo 1A – Graneleiro de Importação Carregado (na rampa crítica):

$$n_{loc_{1A}} = \frac{R_{T_{1A}}}{E_T} = \frac{229.724,43}{63.000,00}$$

$$\therefore n_{loc_{1A}} = 3,65$$

*Valor adotado = 5 locomotivas**

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

$$n_{loc_{1B}} = \frac{R_{T_{1B}}}{E_T} = \frac{57.195,49}{63.000,00}$$

$$\therefore n_{loc_{1B}} = 0,91$$

*Valor adotado = 2 locomotivas***

- Trem-tipo 1C – Graneleiro de Exportação Carregado (na rampa crítica):

$$n_{loc_{1A}} = \frac{R_{T_{1A}}}{E_T} = \frac{229.724,43}{63.000,00}$$

$$\therefore n_{loc_{1A}} = 3,65$$

*Valor adotado = 5 locomotivas**

- Trem-tipo 1D – Graneleiro de Exportação Vazio (na rampa crítica):

$$n_{loc_{1B}} = \frac{R_{T_{1B}}}{E_T} = \frac{57.195,49}{63.000,00}$$

$$\therefore n_{loc_{1B}} = 0,91$$

*Valor adotado = 2 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 considerados.

**De acordo com o calculado, o valor adotado seria 2 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 considerados.

4.4.5.3.2 TREM-TIPO 02 – CONTÊINERES – VAGÕES PRT

- Trem-tipo 2A – Contêiner de Importação Carregado (na rampa crítica):

$$n_{loc_{2A}} = \frac{R_{T_{2A}}}{E_T} = \frac{174.653,62}{63.000,00}$$

$$\therefore n_{loc_{2A}} = 2,77$$

*Valor adotado = 4 locomotivas****

- Trem-tipo 2A – Contêiner de Importação Vazio (na rampa crítica):

$$n_{loc_{2B}} = \frac{R_{T_{2B}}}{E_T} = \frac{54.896,75}{63.000,00}$$

$$\therefore n_{loc_{2B}} = 0,87$$

*Valor adotado = 2 locomotivas***

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

$$n_{loc_{2A}} = \frac{R_{T_{2A}}}{E_T} = \frac{174.653,62}{63.000,00}$$

$$\therefore n_{loc_{2A}} = 2,77$$

*Valor adotado = 4 locomotivas****

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

$$n_{loc_{2B}} = \frac{R_{T_{2B}}}{E_T} = \frac{54.896,75}{63.000,00}$$

$$\therefore n_{loc_{2B}} = 0,87$$

*Valor adotado = 2 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.

**De acordo com o calculado, o valor adotado seria 2 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 considerados.

4.5 PLANO DE VIAS

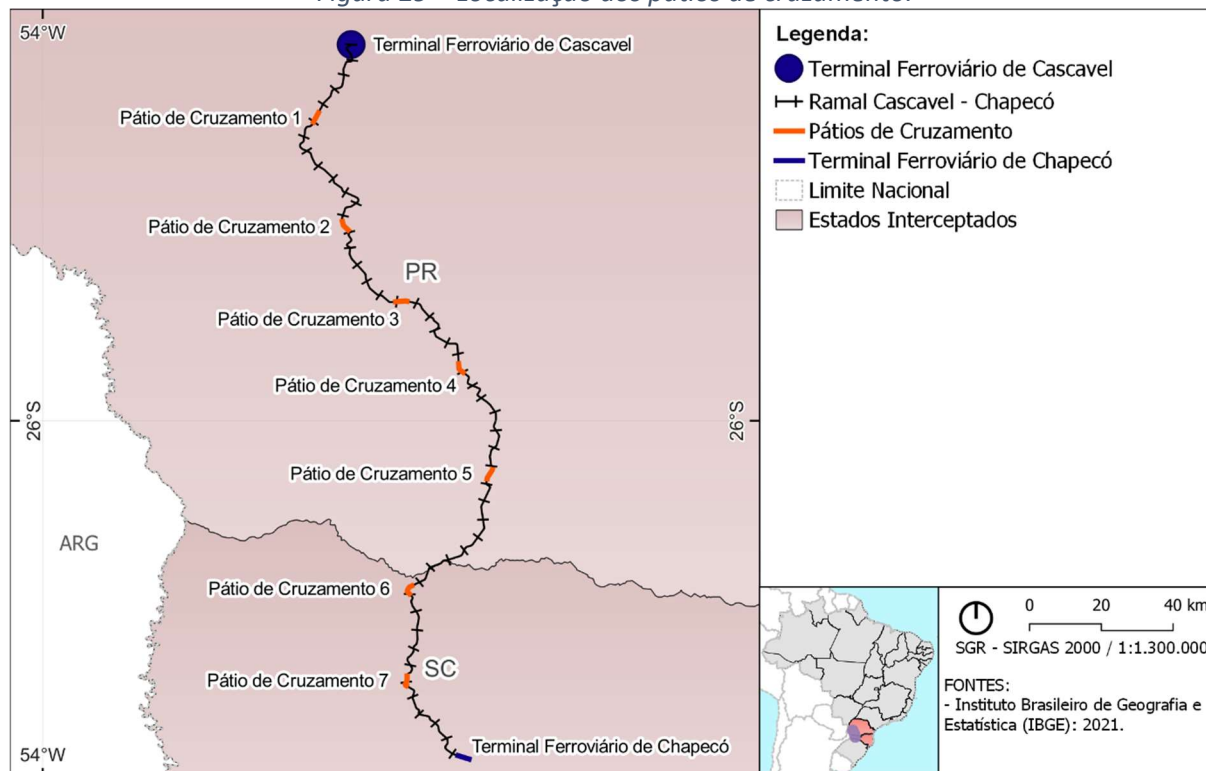
O plano de vias para o ramal ferroviário Cascavel - Chapecó é apresentado na *Tabela 58*. O plano contém as referências quilométricas e as localizações dos desvios de cruzamentos e terminais ferroviários. Essa localização também é apresentada na *Figura 29*.

Tabela 58 – Plano de vias.

TERMINAL / PÁTIO	TIPO	KM INICIAL (m)	KM INTERME- DIÁRIO (m)	KM FINAL (m)	DIST. ENTRE PÁTIOS (m)	DIST. ENTRE TERMINAIS (m)
Terminal Ferroviário de Cascavel	Carregamento	-	-	-	-	
Pátio 1	Cruzamento	23.855,00	25.280,00	26.705,00	23.855,00	262.845,00
Pátio 2	Cruzamento	65.000,00	66.425,00	67.850,00	38.295,00	
Pátio 3	Cruzamento	94.650,00	96.075,00	97.500,00	26.800,00	
Pátio 4	Cruzamento	123.500,00	124.925,00	126.350,00	26.000,00	
Pátio 5	Cruzamento	159.140,00	160.565,00	161.990,00	32.790,00	
Pátio 6	Cruzamento	202.380,00	203.805,00	205.230,00	40.390,00	
Pátio 7	Cruzamento	230.515,00	231.940,00	233.365,00	25.285,00	
Terminal Ferroviário de Chapecó	Carregamento	259.995,00	261.420,00	262.845,00	26.630,00	

Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

Figura 29 – Localização dos pátios de cruzamento.



Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

4.6 SIMULAÇÃO

4.6.1 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 e 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;
- 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 (80 km/h, conforme conclusões expostas no item 4.4.2 *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.

4.6.2 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 para cada um dos trens-tipo dimensionados, tanto carregados quanto vazios. Inicialmente foram realizadas as 8 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 30 - Tela do software SimulaFFCC (1)

SimulaFFCC - C:\Users\Thiago Dantas\tpfe.com.br\FERROESTE - General\Memória\3. FASE 03\6. Operacional\5. Planilhas do Estudo Operacional_SimulaFFCC_Simulações\NovaFerroeste_Tre... ? X

Nome	Tren	Hora salida (seg)	Pk inicial (m)	Velocidad inicial (km/h)	Pk final (m)	Velocidad final (km/h)	Margen Regularidad (%)
1. Simulação_gran_exp0	1. Simulação...	0	0	0	1137628	0	5
2. Simulação_gran_imp_car0	2. Simulação...	0	1043961,774	0	0	0	5
3. Simulação_cont_exp_car0	3. Simulação...	0	0	0	1137628	0	5
4. Simulação_tan_exp_car0	4. Simulação...	0	0	0	1137628	0	5
5. Simulação_tan_imp_car0	5. Simulação...	0	1043961,774	0	0	0	5
2. Simulação_gran_imp_car(helper)	2. Simulação...	0	1137628	0	1043961,77	0	5
5. Simulação_tan_imp_car(helper)	5. Simulação...	0	1137628	0	1043961,77	0	5

Editor de línea

Pk inicial: 0
Pk final: 1137628
Velocidad máxima (km/h): 75
Ancho de vía (mm): 1600
Ancho cabeza rail (mm): 74,61
Aceleración no compensada (m/s²): 0,497
Margen regularidad min/100 km: 4,5

Resistencia al avance en curva

Parámetro A: 800
Parámetro B: 0

Plantas
Alzado
Peraltes
Estaciones
Limites velocidad
Zonas Neutras
Tuneles
Importar
Aceptar

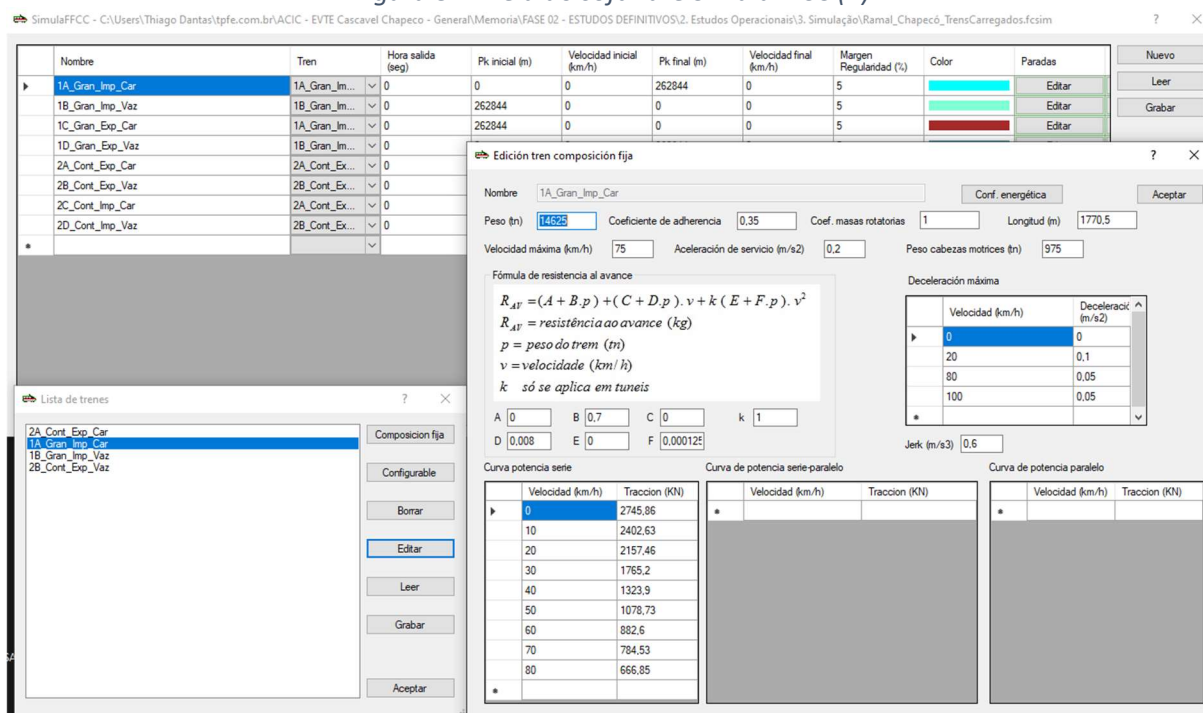
Editor de estaciones y puntos de control

Pk (m)	Nombre
0	INICIO
22400	P2
48200	P3
74400	P4
91800	P5
117600	P6
139200	P7
156400	P8
171000	POLO_AMAMBAI
183650	P10
207000	P11
222400	P12
242000	P13
262500	P14
284500	P15
298000	P16
316550	P17
333200	POLO_GUAIRA
351000	P19

Gráficas
Planos
Fichero

Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

Figura 31 - Tela do software SimulaFFCC (2)



The screenshot displays the SimulaFFCC software interface. The main window shows a table of train compositions with columns for Name, Train, Start Time, Initial PK, Initial Velocity, Final PK, Final Velocity, Margin, Color, and Stops. A pop-up window titled 'Edición tren composición fija' is open, showing detailed parameters for a specific train (1A_Gran_Imp_Car). This window includes fields for weight, adhesion coefficient, rotational mass coefficient, length, maximum velocity, service acceleration, and maximum deceleration. It also features a formula for resistance to advance and three graphs: 'Curva potencia serie', 'Curva de potencia serie-paralelo', and 'Curva de potencia paralelo'.

Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

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 80km/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 quádrupla com 120 vagões tipo plataforma, totalizando uma capacidade de carga útil de 6.319,20 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);
 - 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;
 - O valor considera a preferência que os trens de importação terão sobre os trens de exportação devido à carga escoar majoritariamente na direção de importação.
 - 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;
 - 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 46*);

V : velocidade considerada (km/h).

Os resultados são apresentados na *Tabela 59*.

O esforço trator aderente, ou força de aderência, conforme apresentado no item 4.4.5.2.1.2, 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 32*, 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 59 – 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

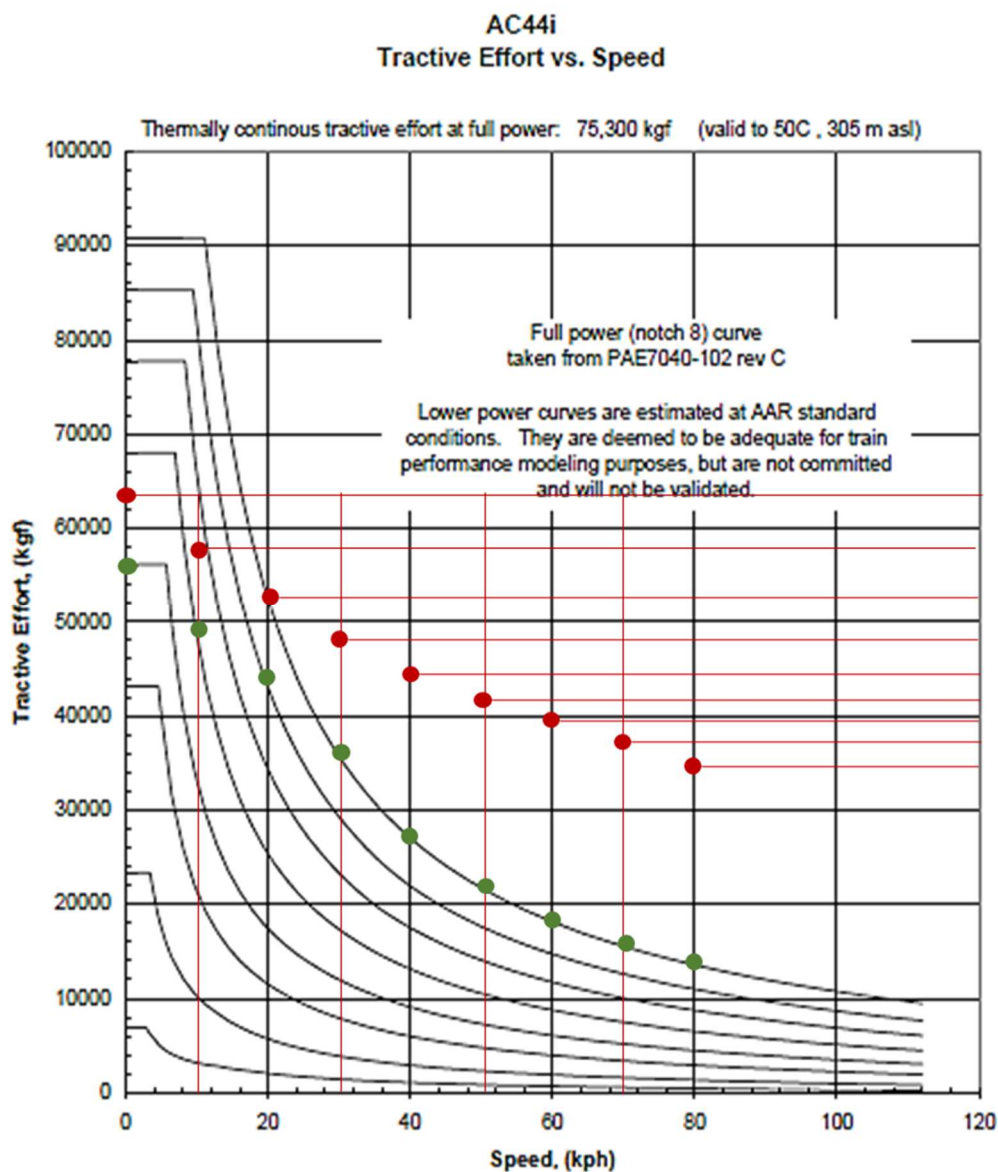
Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

Figura 32 – Interpretação da curva do esforço de tração.

12/18/2009 1:35 PM nicolussi
Schulz_EA_N1-N8_min30c.xls TE_A9

General Electric Company

PAE9021-200
sheet 1/1 rev 0



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

- Esforço Trator Aderente (kgf)
- Esforço Trator Simula FFCC (kgf)

Fonte: Wabtec. Adaptado pela TPF Engenharia.

4.7 CAPACIDADE DA VIA

A capacidade da via foi calculada pela fórmula de Colson. Essa fórmula permite o cálculo da capacidade de uma linha singla 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).

4.7.1 PREMISSA 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: 1 par de trem / 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 – 11,4 Mi de toneladas em 2087;
- ✓ Implantação de 7 pátios de cruzamento entre os 2 terminais ferroviários;
- ✓ Distância média entre pátios de 30 km;
- ✓ Taxa de ocupação na linha inferior a 70% em todo o horizonte de projeto.

4.7.2 RESULTADOS OBTIDOS

Assim sendo, a capacidade instalada da via foi calculada e apresentada na *Tabela 60* para o ano 2087 da operação ferroviária e é expressa na unidade de número de pares de trens por dia. No **Tomo II – Planilhas dos Estudos Operacionais** é possível consultar todos os anos do projeto.

Tabela 60 – Capacidade da via no ano 2087 (expressa em nº de pares de trens por dia).

TRECHO	MINUTOS POR DIA (23 Horas) (min)	COEFICIENTE DE COLSON	TEMPO DE LICENCIAMENTO (min)	QTD PARES DE TRENS	TREM DE SERVIÇO	TOTAL DE TREM POR DIA	CAP. DA VIA: GRANELEIRO DE IMPORTAÇÃO	CAP. DA VIA: GRANELEIRO DE EXPORTAÇÃO	CAP. DA VIA: CONTÊINER DE IMPORTAÇÃO	CAP. DA VIA: CONTÊINER DE EXPORTAÇÃO	MENOR CAPACIDADE	TAXA DE OCUPAÇÃO
Terminal de Cascavel												
Pátio 1	1380,00	0,77	5,00	3,78	1,00	4,78	16,29	15,92	16,68	16,40	15,92	30%
Pátio 2	1380,00	0,77	5,00	3,78	1,00	4,78	11,15	9,89	11,40	10,31	9,89	48%
Pátio 3	1380,00	0,77	5,00	3,78	1,00	4,78	15,23	15,42	15,56	15,79	15,23	31%
Pátio 4	1380,00	0,77	5,00	3,78	1,00	4,78	16,15	16,38	16,47	16,58	16,15	30%
Pátio 5	1380,00	0,77	5,00	3,78	1,00	4,78	12,63	13,27	13,00	13,48	12,63	38%
Pátio 6	1380,00	0,77	5,00	3,78	1,00	4,78	10,61	11,16	10,80	11,34	10,61	45%
Pátio 7	1380,00	0,77	5,00	3,78	1,00	4,78	16,71	14,77	17,04	15,29	14,77	32%
Terminal de Chapecó	1380,00	0,77	5,00	3,78	1,00	4,78	15,43	13,85	15,76	14,30	13,85	35%

Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

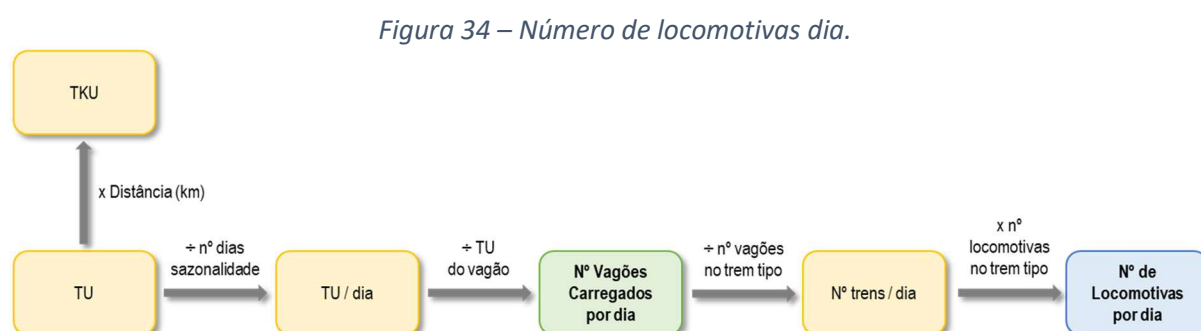
4.8 FROTA DE MATERIAL RODANTE

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 4.8.1.

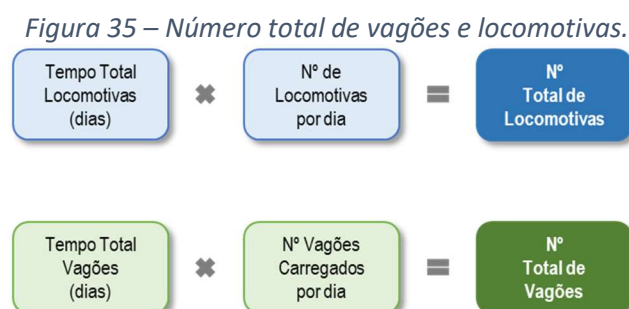
A Figura 33, a Figura 34 e a Figura 35 apresentam a metodologia de cálculo para a estimativa do material rodante.



Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.



Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.



Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

4.8.1 PREMISSA DE CÁLCULO

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

Tabela 61 – Sazonalidade por produto.

PRODUTO	TIPO DE VAGÃO	Nº DE VAGÕES	Nº DE LOCOMOTIVAS	SAZONALIDADE
Milho	HTT	105	5	304
Soja	HTT	105	5	270
Farelo de Soja	HTT	105	5	270
Aves	PRT	120	4	365
Peixes	PRT	120	4	365
Suínos	PRT	120	4	365

Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

Tabela 62 – 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

Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

Tabela 63 – 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 pela TPF Engenharia.

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 situação do carregamento (vagões carregados ou vazios), conforme Tabela 51.

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.

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 4.6.2);
- 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 64* apresenta o resumo da frota comercial dimensionada por ano de operação em bitola larga. No **Tomo II – Planilhas dos Estudos Operacionais** é possível consultar as tabelas de dimensionamento de todos os anos do projeto.

Tabela 64 – 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)	Locomotivas em Operação	Frota de Locomotivas	Incremento Vagões	Incremento Vagão (HTT)	Incremento Vagão (PRT)	Incremento Frota de Locomotivas
2044	30.524,01	314,40	438,42	394,95	43,47	14,55	22,17	438,42	394,95	43,47	22,17
2045	30.845,85	317,71	444,16	400,24	43,92	14,70	22,41	5,74	5,29	0,45	0,24
2046	31.159,50	320,94	449,78	405,42	44,36	14,85	22,65	5,62	5,18	0,44	0,24
2047	31.465,11	324,08	455,27	410,49	44,78	15,00	22,88	5,49	5,07	0,42	0,23
2048	31.762,81	327,14	460,64	415,45	45,18	15,14	23,10	5,37	4,96	0,40	0,22
2049	32.052,77	330,11	465,88	420,31	45,57	15,28	23,32	5,25	4,86	0,39	0,22
2050	32.335,16	333,01	471,01	425,06	45,94	15,41	23,53	5,13	4,75	0,37	0,21
2051	32.610,14	335,83	476,02	429,72	46,30	15,54	23,74	5,01	4,65	0,36	0,21
2052	32.877,88	338,57	480,91	434,26	46,64	15,67	23,94	4,89	4,55	0,34	0,20
2053	33.138,57	341,23	485,69	438,71	46,97	15,79	24,14	4,78	4,45	0,33	0,20
2054	33.471,56	344,76	491,21	443,63	47,58	15,95	24,37	5,53	4,92	0,61	0,24
2055	33.766,87	347,86	496,30	448,23	48,07	16,10	24,59	5,08	4,60	0,48	0,21
2056	34.040,12	350,70	501,11	452,62	48,48	16,23	24,79	4,81	4,39	0,41	0,20
2057	34.275,10	353,10	505,46	456,70	48,76	16,34	24,96	4,35	4,07	0,28	0,18
2058	34.503,83	355,43	509,71	460,67	49,04	16,45	25,13	4,25	3,98	0,27	0,17
2059	34.726,47	357,70	513,86	464,56	49,30	16,55	25,30	4,15	3,89	0,26	0,17
2060	34.943,18	359,91	517,91	468,36	49,55	16,66	25,46	4,05	3,80	0,25	0,16
2061	35.154,11	362,06	521,87	472,07	49,79	16,76	25,62	3,95	3,71	0,24	0,16
2062	35.359,41	364,15	525,73	475,70	50,03	16,85	25,77	3,86	3,63	0,23	0,15
2063	35.559,22	366,18	529,49	479,24	50,25	16,95	25,92	3,77	3,54	0,22	0,15
2064	35.753,69	368,16	533,17	482,70	50,47	17,04	26,07	3,68	3,46	0,22	0,14
2065	35.942,94	370,09	536,75	486,08	50,67	17,13	26,21	3,59	3,38	0,21	0,14
2066	36.127,12	371,96	540,25	489,38	50,87	17,22	26,34	3,50	3,30	0,20	0,14
2067	36.306,35	373,78	543,67	492,60	51,07	17,30	26,48	3,41	3,22	0,19	0,13
2068	36.480,77	375,55	547,00	495,75	51,25	17,38	26,61	3,33	3,15	0,18	0,13
2069	36.650,48	377,27	550,25	498,82	51,43	17,46	26,73	3,25	3,07	0,18	0,13
2070	36.815,62	378,95	553,41	501,81	51,60	17,54	26,86	3,17	3,00	0,17	0,12
2071	36.976,30	380,58	556,50	504,74	51,77	17,62	26,98	3,09	2,92	0,17	0,12
2072	37.132,63	382,16	559,52	507,59	51,92	17,69	27,09	3,01	2,85	0,16	0,12
2073	37.284,73	383,70	562,45	510,38	52,08	17,77	27,21	2,94	2,78	0,15	0,11
2074	37.432,70	385,20	565,32	513,09	52,22	17,84	27,32	2,86	2,72	0,15	0,11
2075	37.576,65	386,66	568,11	515,74	52,37	17,90	27,42	2,79	2,65	0,14	0,11
2076	37.716,68	388,07	570,83	518,32	52,50	17,97	27,53	2,72	2,58	0,14	0,10
2077	37.852,89	389,45	573,48	520,84	52,64	18,03	27,63	2,65	2,52	0,13	0,10
2078	37.985,38	390,79	576,06	523,30	52,76	18,10	27,73	2,58	2,46	0,13	0,10
2079	38.114,25	392,10	578,58	525,69	52,88	18,16	27,82	2,52	2,39	0,12	0,10
2080	38.239,60	393,36	581,03	528,03	53,00	18,22	27,92	2,45	2,33	0,12	0,09
2081	38.361,51	394,60	583,42	530,30	53,12	18,27	28,01	2,39	2,28	0,11	0,09
2082	38.480,08	395,79	585,75	532,52	53,23	18,33	28,10	2,33	2,22	0,11	0,09
2083	38.595,39	396,96	588,01	534,68	53,33	18,39	28,18	2,27	2,16	0,11	0,09

Ano	Carga Transportada	Vagões em Operação	Frota de Vagões	Frota de Vagões (HTT)	Frota de Vagões (PRT)	Locomotivas em Operação	Frota de Locomotivas	Incremento Vagões	Incremento Vagão (HTT)	Incremento Vagão (PRT)	Incremento Frota de Locomotivas
2084	38.707,53	398,09	590,22	536,79	53,43	18,44	28,27	2,21	2,11	0,10	0,08
2085	38.816,59	399,19	592,37	538,84	53,53	18,49	28,35	2,15	2,05	0,10	0,08
2086	38.922,65	400,26	594,46	540,84	53,63	18,54	28,43	2,09	2,00	0,09	0,08
2087	39.025,31	401,30	596,49	542,77	53,72	18,59	28,50	2,03	1,94	0,09	0,08
TOTAIS:								596,49	542,77	53,72	28,50

Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

4.9 SISTEMAS FERROVIÁRIOS

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.

4.9.1 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 263 km, abrangendo o trecho entre Cascavel/PR e Chapecó/SC, sendo todo o trecho em bitola larga (1,60 m), e geometria com raio mínimo igual a 404,48 metros.
- Operação – foi estabelecido, em princípio, para o espaçamento entre os desvios de cruzamento, uma distância média de aproximadamente 30 km.

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).

4.9.2 SISTEMAS DE SINALIZAÇÃO

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 *sinai externo*, instalado ao lado da via férrea, e *sinai 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 *Tabela 25* apresenta os quantitativos previstos dos equipamentos dos sistemas de controle e sinalização da via.

Tabela 65 – 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	48,00
INSTALAÇÃO ELÉTRICA DE SINAL ALTO EM MASTRO, TIPO COLOUR LIGHT (MULTIFOCAL), COM 3 ASPECTOS (CORES) LED - EXCLUINDO O FORNECIMENTO DO SINAL	UN	48,00
INSTALAÇÃO ELÉTRICA DE SINAL ANÃO, TIPO COLOUR LIGHT (MULTIFOCAL), COM 2 ASPECTOS (CORES) LED - EXCLUINDO O FORNECIMENTO DO SINAL	UN	24,00
SINAL ANÃO, TIPO COLOUR LIGHT (MULTIFOCAL), COM 2 ASPECTOS (CORES), EM BASE DE CONCRETO - FORNECIMENTO E MONTAGEM MECÂNICA	UN	24,00

ITEM	UND.	QUANTIDADE
CIRCUITO DE VIA	UN	30,00
INTERTRAVAMENTO (HARDWARE E SOFTWARE)	UN	12,00
DETECTOR DE DESCARRILAMENTO COM MODEM EMBARCADO, EM POSTE GALVANIZADO, ENERGIA CONCESSIONÁRIA, BITOLA MISTA, 2 LINHAS - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO	UN	24,00
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	24,00

Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

4.9.3 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; Os serviços devem estar outorgados e as estações (fixas e móveis) devem estar licenciadas pela ANATEL; Escolha adequada das faixas de frequências dos equipamentos de radiocomunicação, de acordo com regulamentação da ANATEL vigente e parâmetros de padronização estabelecidos pela ANTT; Parâmetros de disponibilidade, confiabilidade e desempenho, de acordo com o 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)², em princípio, situadas nos pátios de cruzamento e nos terminais ferroviários. No caso de falha no cabo de fibras ópticas, o

² Estações necessárias para a telecomunicação e sinalização ao longo da linha.

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 26 apresenta os quantitativos dos equipamentos do sistema de telecomunicações.

Tabela 66 – Quantitativos dos equipamentos do sistema de telecomunicações

ITEM	UND.	QUANTIDADE
FORNECIMENTO DE EQUIPAMENTOS DE TELECOMUNICAÇÕES		
RÁDIO MICROONDAS	UN	12,00
ANTENA	UN	12,00
CABO COAXIAL	M	1.205,00
TORRE METÁLICA (30M DE ALTURA MÉDIA)	UN	12,00
FIBRA ÓPTICA		
LANÇAMENTO AÉREO E TRACIONAMENTO DE CABO DE FIBRA ÓPTICA AUTOSSUSTENTÁVEL 36 FIBRAS, TRECHO EM CURVA OU DESNIVELADO - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO	M	262.842,42

Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

4.9.4 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.

O sistema elétrico será alimentado por linhas de transmissão de 13,8 kV que serão derivadas de 1 (uma) subestação (SE), localizada no estado do Paraná, SE Cascavel.

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 Tabela 27 apresenta um resumo das potências demandadas dessa subestação.

Tabela 67 – Potência demandada da subestação.

ESTADO	SUBESTAÇÃO	POTÊNCIA DEMANDADA (kVA)
PR	SE Cascavel	2855
Total		2855

Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia

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.

4.9.5 CENTRO DE CONTROLE OPERACIONAL (CCO)

O Centro de Controle Operacional (CCO) é a estrutura responsável por determinar o ritmo da circulação dos trens. Diante da execução do Ramal Cascavel – Chapecó, como sendo um ramal derivado da Nova Ferroeste, optou-se com base nos Estudos Operacionais, que o CCO desse empreendimento estaria localizado em Curitiba-PR e seu custo encontra-se dentro do custo geral da Nova Ferroeste. Todavia faz-se necessário deliberar sobre as suas características e funcionamento, visto a sua funcionalidade para a operação do Ramal.

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).

4.10 CUSTOS DE INVESTIMENTOS

4.10.1 MATERIAL RODANTE

Ao término do dimensionamento das necessidades diárias da via férrea, foram efetuados cálculos de vagões e locomotivas necessários em função da demanda. A *Tabela 68* apresenta os quantitativos de material rodante, tanto para as locomotivas, quanto para os vagões, incluindo a frota de serviço interno, que dispõe de 2 vagões tipo HNT 2 vagões tipo PNT. Os valores de custos unitários advêm do estudo SICFER de São Paulo e são referentes à data-base de janeiro de 2021.

Tabela 68 – Custo de aquisição de material rodante – sem reinvestimento.

MATERIAL RODANTE	QTD.	CUSTO UNIT. (R\$)	CUSTO TOTAL. (R\$)
Locomotiva diesel-elétrica CC, bitola larga - 3281 kW / 4400 hp	29	14.518.000,00	421.022.000,00
Vagão hopper fechado dotado de escotilha e tremonha, com descarga rápida, tipo HPT, com capacidade de 101 t / 149 m ³ - bitola larga	543	404.350,00	219.562.050,00
Vagão plataforma para transporte de contêineres, tipo PET, com capacidade de 106,5 t - bitola larga	54	365.550,00	19.739.700,00
Vagão hopper aberto com descarga automática, tipo HNT, com capacidade de 103 t / 63 m ³ - bitola larga	2	436.670,00	873.340,00
Vagão plataforma para transporte de materiais de via permanente, tipo PNT, com capacidade de 98 t - bitola larga	2	350.320,00	700.640,00
TOTAL			661.897.730,00

Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

Os custos com a reposição do material rodante devido a depreciação serão considerados na avaliação financeira.

4.10.2 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 69*.

Tabela 69 – Custos dos Sistemas Ferroviários.

ITEM	UND.	QTD.	CUSTO UNIT. (R\$)	CUSTO TOTAL. (R\$)
EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS E REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA				16.852.177,14
POSTES, CHAVES DESLIGADORAS, PÁRA RAIOS, TRANSFORMADOR, CABOS DE COBRE OU ALUMÍNIO ISOLADOS (REDE PROTEGIDA), EM MÉDIA TENSÃO, COM REDE SECUNDÁRIA, SEM ILUMINAÇÃO VIÁRIA	KM	262,84	52.676,94	13.845.734,44
TRANSFORMADOR TRIFÁSICO 750 KVA, 380/220V, A SECO	UN	1	54.181,49	54.181,49
TRANSFORMADOR DE 15 KVA, 15 KV, 60 HZ, AT 13,8KV, BT 220/127V	UN	11	5.861,60	64.477,60
MONTAGEM DE ACESSÓRIOS PARA SUBESTAÇÃO TRANSFORMADORA EM POSTE	UN	12	5.588,36	67.060,32
MONTAGEM DE INFRAESTRUTURA ELÉTRICA E MECÂNICA PARA GRUPO MOTOR GERADOR - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO	UN	12	9.637,32	115.647,84
GERADOR TRIFÁSICO SILENCIOSO 15/13KVA (INTERMITENTE/CONTINUO) IMPEDANCIA SINCRONA 18% 380/220V COM QTA	UN	11	26.777,13	294.548,43
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	2	326.535,07	653.070,14
HOUSE	UN	12	146.454,74	1.757.456,88
SISTEMAS DE CONTROLE E SINALIZAÇÃO DA VIA				68.289.586,04
SINAL ALTO, EM MASTRO, TIPO COLOUR LIGHT (MULTIFOCAL), COM 3 ASPECTOS (CORES) EM BASE DE CONCRETO - FORNECIMENTO E MONTAGEM MECÂNICA	UN	48	48.003,45	2.304.165,60
INSTALAÇÃO ELÉTRICA DE SINAL ALTO EM MASTRO, TIPO COLOUR LIGHT (MULTIFOCAL), COM 3 ASPECTOS (CORES) LED - EXCLUINDO O FORNECIMENTO DO SINAL	UN	48	2.119,21	101.722,08
INSTALAÇÃO ELÉTRICA DE SINAL ANÃO, TIPO COLOUR LIGHT (MULTIFOCAL), COM 2 ASPECTOS (CORES) LED - EXCLUINDO O FORNECIMENTO DO SINAL	UN	24	1.288,02	30.912,48
SINAL ANÃO, TIPO COLOUR LIGHT (MULTIFOCAL), COM 2 ASPECTOS (CORES), EM BASE DE CONCRETO - FORNECIMENTO E MONTAGEM MECÂNICA	UN	24	7.167,83	172.027,92
CIRCUITO DE VIA	UN	30	197.541,60	5.926.248,00
INTERTRAVAMENTO (HARDWARE E SOFTWARE)	UN	12	4.614.225,57	55.370.706,84
DETECTOR DE DESCARRILAMENTO COM MODEM EMBARCADO, EM POSTE GALVANIZADO, ENERGIA CONCESSIONÁRIA, BITOLA MISTA, 2 LINHAS - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO	UN	24	37.005,59	888.134,16
MONTAGEM MECÂNICA DA MÁQUINA DE CHAVE MODELO 5A EM AMV DE BITOLA LARGA EM VIA	UN	24	145.668,04	3.495.668,96

ITEM	UND.	QTD.	CUSTO UNIT. (R\$)	CUSTO TOTAL. (R\$)
SINALIZADA COM CIRCUITOS DE VIA AC OU CC – FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO				
FORNECIMENTO DE EQUIPAMENTOS DE TELECOMUNICAÇÕES				4.626.840,76
RÁDIO MICROONDAS	UN	12	186.567,07	2.238.804,84
ANTENA	UN	12	3.290,52	39.486,24
CABO COAXIAL	M	1.205,32	42,97	51.792,40
TORRE METÁLICA (30M DE ALTURA MÉDIA)	UN	12	191.396,44	2.296.757,28
FIBRA ÓPTICA				3.737.619,23
LANÇAMENTO AÉREO E TRACIONAMENTO DE CABO DE FIBRA ÓPTICA AUTOSSUSTENTÁVEL 36 FIBRAS, TRECHO EM CURVA OU DESNIVELADO - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO	M	262.842,42	14,22	3.737.619,23
TOTAL				93.506.223,17

Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

4.11 CUSTOS DE DESPESAS E OPERACIONAIS

4.11.1 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.

4.11.1.1 CUSTO COM PESSOAL

Este item dos custos operacionais inclui os custos despendidos com os responsáveis pela manutenção da superestrutura e infraestrutura da via permanente e manutenção dos sistemas ferroviários. Incluem também atividades de operação e manutenção do material rodante (de operação e de serviço interno) e atividades relacionadas a tração e movimento de trens, exclusive do CCO, cujos custos estão sendo considerados nos estudos operacionais da Nova FERROESTE.

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 70* e *Tabela 73*.

Tabela 70 – 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 pela TPF Engenharia.

Tabela 71 – Quadro de pessoal operacional (resumo).

Premissas de Custos Operacionais (Ramal Cascavel - Chapecó)					IMPLANTAÇÃO:										
					Ramal Cascavel - Chapecó										
					OPERAÇÃO:			Ramal Cascavel - Chapecó							
					ANO:			19	20	21	22	28	32	38	48
Custo por unidade da atividade			Quantidade / Frequência de cada atividade		2.041	2.042	2.043	2.044	2.050	2.054	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	
Supervisor Superestrutura	R\$ '000 /func. / por ano	318,30	# de funcionários	N/A				1	1	1	1	1	1	1	
Encarregado de Via Superestrutura	R\$ '000 /func. / por ano	220,49	# de funcionários	N/A				10	10	10	10	10	10	10	
Mantenedor de Superestrutura	R\$ '000 /func. / por ano	43,89	# de funcionários	N/A				34	34	34	34	34	34	34	
Analista PCM Superestrutura	R\$ '000 /func. / por ano	200,44	# de funcionários	N/A				1	1	1	1	1	1	1	
Supervisor Infraestrutura e Meio Ambiente	R\$ '000 /func. / por ano	316,90	# de funcionários	N/A				1	1	1	1	1	1	1	
Encarregado de Via Infraestrutura e Meio Ambiente	R\$ '000 /func. / por ano	220,49	# de funcionários	N/A				5	5	5	5	5	5	5	
Mantenedor de Infraestrutura e Meio Ambiente	R\$ '000 /func. / por ano	43,89	# de funcionários	N/A				8	8	8	8	8	8	8	
Analista PCM Infraestrutura e Meio Ambiente	R\$ '000 /func. / por ano	200,44	# de funcionários	N/A				1	1	1	1	1	1	1	
Supervisor de Manutenção Eletroeletrônica	R\$ '000 /func. / por ano	316,90	# de funcionários	N/A				1	1	1	1	1	1	1	
Técnico Eletroeletrônica / Sinalização	R\$ '000 /func. / por ano	123,19	# de funcionários	N/A				5	5	5	5	5	5	5	
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	
Supervisor Manutenção Mecânica	R\$ '000 /func. / por ano	318,30	# de funcionários	N/A				2	2	2	2	3	3	3	
Engenheiro	R\$ '000 /func. / por ano	247,03	# de funcionários	N/A				2	2	2	2	2	2	2	
Operador Help Desk	R\$ '000 /func. / por ano	220,49	# de funcionários	N/A				1	1	1	1	1	1	1	
Mecânico Locomotivas	R\$ '000 /func. / por ano	96,46	# de funcionários	N/A				19	20	20	21	23	23	24	
Mecânico Vagões	R\$ '000 /func. / por ano	96,46	# de funcionários	N/A				23	25	26	27	29	31	32	
Analista PCM Material Rodante	R\$ '000 /func. / por ano	200,44	# de funcionários	N/A				2	2	2	2	2	2	2	
Caldreiro/Soldador/Torneiro	R\$ '000 /func. / por ano	94,76	# de funcionários	N/A				2	2	2	2	3	3	3	
Analista de Qualidade	R\$ '000 /func. / por ano	200,44	# de funcionários	N/A				1	1	1	1	1	1	1	
Analista de Contratos	R\$ '000 /func. / por ano	200,44	# de funcionários	N/A				1	1	1	1	1	1	1	
Assistente Administrativo	R\$ '000 /func. / por ano	220,49	# de funcionários	N/A				1	1	1	1	1	1	1	
Eletricista	R\$ '000 /func. / por ano	123,19	# de funcionários	N/A				8	9	9	10	10	11	11	
Mecânico Maquinas Leves	R\$ '000 /func. / por ano	96,46	# de funcionários	N/A				1	1	1	1	1	1	1	
Abastecedor de Locomotiva	R\$ '000 /func. / por ano	94,76	# de funcionários	N/A				8	8	8	8	8	8	8	
Gerência Operações															
Gerente de Operação	R\$ '000 /func. / por ano	544,85	# de funcionários	N/A				1	1	1	1	1	1	1	
Supervisor de Operação	R\$ '000 /func. / por ano	316,90	# de funcionários	N/A				1	1	1	1	1	1	1	
Inspetor de Operação	R\$ '000 /func. / por ano	388,80	# de funcionários	N/A				2	2	2	2	2	2	2	
Maquinista	R\$ '000 /func. / por ano	220,49	# de funcionários	N/A				8	8	9	9	10	10	10	
Manobrador	R\$ '000 /func. / por ano	43,11	# de funcionários	N/A				4	4	4	4	4	4	4	
Diversos															
Diretor Operação	R\$ '000 /func. / por ano	789,05	# de funcionários	N/A				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	

Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

Tabela 72 – Custos com pessoal operacional.

Custos Operacionais (Ramal Cascavel - Chapecó)	IMPLANTAÇÃO:										
		Ramal Cascavel - Chapecó									
	OPERAÇÃO:	-	-	-	Ramal Cascavel - Chapecó						
	ANO:	19	20	21	22	28	32	38	48	58	65
VALORES REAIS	Unidade	2.041	2.042	2.043	2.044	2.050	2.054	2.060	2.070	2.080	2.087
CUSTOS OPERACIONAIS FIXOS											
PESSOAL	R\$ '000.000	-	-	-	21,82	22,23	22,55	22,86	23,88	24,20	24,39
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
Supervisor Superestrutura	R\$ '000.000				0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
Encarregado de Via Superestrutura	R\$ '000.000				2,20	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20
Mantenedor de Superestrutura	R\$ '000.000				1,49	1,49	1,49	1,49	1,49	1,49	1,49
Analista PCM Superestrutura	R\$ '000.000				0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Supervisor Infraestrutura e Meio Ambiente	R\$ '000.000				0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
Encarregado de Via Infraestrutura e Meio Ambiente	R\$ '000.000				1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10
Mantenedor de Infraestrutura e Meio Ambiente	R\$ '000.000				0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Analista PCM Infraestrutura e Meio Ambiente	R\$ '000.000				0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Supervisor de Manutenção Eletroeletrônica	R\$ '000.000				0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
Técnico Eletroeletrônica / Sinalização	R\$ '000.000				0,62	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62
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
Supervisor Manutenção Mecânica	R\$ '000.000				0,64	0,64	0,64	0,64	0,95	0,95	0,95
Engenheiro	R\$ '000.000				0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49
Operador Help Desk	R\$ '000.000				0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
Mecânico Locomotivas	R\$ '000.000				1,83	1,93	1,93	2,03	2,22	2,22	2,32
Mecânico Vagões	R\$ '000.000				2,22	2,41	2,51	2,60	2,80	2,99	3,09
Analista PCM Material Rodante	R\$ '000.000				0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Caldereiro/Soldador/Torneiro	R\$ '000.000				0,19	0,19	0,19	0,19	0,28	0,28	0,28
Analista de Qualidade	R\$ '000.000				0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Analista de Contratos	R\$ '000.000				0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Assistente Administrativo	R\$ '000.000				0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
Eletricista	R\$ '000.000				0,99	1,11	1,11	1,23	1,23	1,36	1,36
Mecânico Maquinas Leves	R\$ '000.000				0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Abastecedor de Locomotiva	R\$ '000.000				0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76
Gerência Operações											
Gerente de Operação	R\$ '000.000				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	0,32	0,32	0,32	0,32
Inspetor de Operação	R\$ '000.000				0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78
Maquinista	R\$ '000.000				1,76	1,76	1,98	1,98	2,20	2,20	2,20
Manobrador	R\$ '000.000				0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
Diversos	R\$ '000.000										
Diretor Operação	R\$ '000.000				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

Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

Tabela 73 – 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 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 pela TPF Engenharia.

4.11.1.2 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.
- Manutenção dos sistemas de sinalização e comunicação;
- 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 74 – 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 Química	R\$ '000 / frequência.km	2,25	Frequência	4,00
Conservação do Meio Ambiente	R\$ '000 / extensão total (km)	0,28	N/A	N/A
Manutenção de equipamentos e instalações físicas				
Manutenção dos sistemas de sinalização e comunicação	% sobre Capex dos sistemas de sinalização	1,50%	N/A	N/A
Energia elétrica				
Energia elétrica	R\$ '000 / KWH	0,00065159	MM KWH	16,50

Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

Tabela 75 – Custos fixos de manutenção (resumo).

Custos Operacionais (Ramal Cascavel - Chapecó)	IMPLANTAÇÃO: OPERAÇÃO: ANO:	Ramal Cascavel - Chapecó									
		Ramal Cascavel - Chapecó									
		19	20	21	22	28	32	38	48	58	65
		2.041	2.042	2.043	2.044	2.050	2.054	2.060	2.070	2.080	2.087
VALORES REAIS	Unidade										
OUTROS CUSTOS FIXOS	R\$ '000.000	-	-	-	25,40	25,40	25,40	25,40	25,40	25,40	25,40
Manutenção da superestrutura da via											
Desguarnecimento	R\$ '000.000				0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19
Manutenção da infraestrutura da via											
Roçada na faixa	R\$ '000.000				8,71	8,71	8,71	8,71	8,71	8,71	8,71
Limpeza de canaleta	R\$ '000.000				1,87	1,87	1,87	1,87	1,87	1,87	1,87
Capina Química	R\$ '000.000				2,41	2,41	2,41	2,41	2,41	2,41	2,41
Conservação do Meio Ambiente	R\$ '000.000				0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Manutenção de equipamentos e instalações físicas											
Manutenção dos sistemas de sinalização e energia	R\$ '000.000				1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40
Energia elétrica											
Energia elétrica	R\$ '000.000				10,75	10,75	10,75	10,75	10,75	10,75	10,75

Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

4.11.2 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, 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:
 - 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 nos estaleiros de solda:
 - Solda Elétrica / Aluminotérmica.
- Manutenção do Material Rodante:
 - Manutenção – Locomotiva;
 - Manutenção – Vagão.
 - Combustível³, 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.

³ Para a estimativa de custo do diesel utilizou-se como referência o valor informado pela FERROESTE: R\$ 4,06/litro.

Tabela 76 – 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 substituídos	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 ultrassom	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
Substituição 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
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 pela TPF Engenharia.

Tabela 77 – Custos operacionais variáveis.

Custos Operacionais (Ramal Cascavel - Chapecó)	IMPLANTAÇÃO:										
		Ramal Cascavel - Chapecó									
	OPERAÇÃO:	-	-	-	Ramal Cascavel - Chapecó						
	ANO:	19	20	21	22	28	32	38	48	58	65
VALORES REAIS	Unidade	2.041	2.042	2.043	2.044	2.050	2.054	2.060	2.070	2.080	2.087
CUSTOS OPERACIONAIS VARIÁVEIS	R\$ '000.000	-	-	-	167,73	178,73	185,43	194,34	205,65	214,23	218,96
Manutenção da superestrutura da via											
Substituição de dormentes	R\$ '000.000				5,21	5,53	5,73	5,99	6,32	6,57	6,70
Socaria, Nivelamento e Alinhamento	R\$ '000.000				0,27	0,29	0,30	0,31	0,33	0,34	0,35
Substituição dos trilhos	R\$ '000.000				4,73	5,03	5,22	5,46	5,77	6,00	6,13
Limpeza de lastro	R\$ '000.000				0,22	0,23	0,24	0,25	0,27	0,28	0,28
Esmerilhamento de trilho	R\$ '000.000				1,92	2,04	2,12	2,21	2,34	2,43	2,49
Teste de ultrassom	R\$ '000.000				0,41	0,44	0,46	0,48	0,51	0,53	0,54
Substituição de britas	R\$ '000.000				0,21	0,22	0,23	0,24	0,25	0,26	0,27
Substituição Chave de AMV	R\$ '000.000				0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Susbstituição Jacaré	R\$ '000.000				0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Substituição AMV	R\$ '000.000				0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,19	0,20
Operação dos estaleiros de solda											
Solda Elétrica / Aluminotérmica	R\$ '000.000				0,83	0,88	0,91	0,95	1,01	1,05	1,07
Manutenção do Material Rodante											
Manutenção - Locomotiva	R\$ '000.000				20,89	22,17	22,97	23,99	25,30	26,30	26,86
Manutenção - Vagão	R\$ '000.000				10,45	11,22	11,70	12,34	13,18	13,83	14,20
Combustível e Lubrificantes											
Combustíveis da frota de locomotivas	R\$ '000.000				121,2	129,1	134,0	140,5	148,6	154,8	158,2
Lubrificantes	R\$ '000.000				1,25	1,33	1,38	1,44	1,52	1,58	1,62

Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

4.11.3 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 *Tabela 78*.

Tabela 78 – 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 pela TPF Engenharia.

Tabela 79 – Outros custos operacionais.

Custos Operacionais (Ramal Cascavel - Chapecó)	IMPLANTAÇÃO:										
	OPERAÇÃO:	Ramal Cascavel - Chapecó			Ramal Cascavel - Chapecó						
	ANO:	19	20	21	22	28	32	38	48	58	65
VALORES REAIS	Unidade	2.041	2.042	2.043	2.044	2.050	2.054	2.060	2.070	2.080	2.087
OUTROS CUSTOS	R\$ '000.000	-	-	-	9,67	10,19	10,50	10,92	11,47	11,87	12,09
Seguros	R\$ '000.000										
Seguro Patrimonial e das Cargas das Operadoras	R\$ '000.000	-	-	-	9,67	10,19	10,50	10,92	11,47	11,87	12,09

Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

4.11.4 DESPESAS ADMINISTRATIVAS

As despesas administrativas para o referido ramal são abrangidas pelos custos dimensionados nos estudos operacionais da Nova FERROESTE.

4.11.5 RESUMO DOS CUSTOS

A *Tabela 80* apresenta o resumo dos custos operacionais do Ramal Cascavel – Chapecó ao longo dos principais anos do projeto.

Tabela 80 – Custos operacionais do Ramal Cascavel – Chapecó (Resumo).

Custos Operacionais (Ramal Cascavel - Chapecó)	IMPLANTAÇÃO:	Ramal Cascavel - Chapecó									
		-			Ramal Cascavel - Chapecó						
	OPERAÇÃO:	-	-	-							
	ANO:	19	20	21	22	28	32	38	48	58	65
VALORES REAIS	Unidade	2.041	2.042	2.043	2.044	2.050	2.054	2.060	2.070	2.080	2.087
Custos Fixos	R\$ '000.000	-	-	-	47,22	47,63	47,95	48,26	49,28	49,60	49,79
Custos Variáveis	R\$ '000.000	-	-	-	167,73	178,73	185,43	194,34	205,65	214,23	218,96
Outros Custos	R\$ '000.000	-	-	-	9,67	10,19	10,50	10,92	11,47	11,87	12,09
Total	R\$ '000.000	-	-	-	224,63	236,55	243,88	253,53	266,40	275,71	280,85

Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

4.12 CONSOLIDAÇÃO DOS CENÁRIOS ANALISADOS

Este capítulo apresenta os principais resultados operacionais dos três cenários estudados, considerando-se a operação integrada do Ramal Chapecó e Nova FERROESTE.

O projeto da Nova FERROESTE tem como premissa ligar o Porto de Paranaguá até Maracaju no Mato Grosso do Sul, com o objetivo de oferecer um modal adequado e eficiente para o escoamento de produtos e mercadorias provenientes do Oeste do Paraná, Mato Grosso do Sul e Paraguai e possui uma extensão aproximada de 1.304 km. Conforme o seu plano de faseamentos dos investimentos, a extensão total do empreendimento foi dividida em 6 (seis) lotes a serem executados em 4 (quatro) fases. A *Tabela 28* apresenta as fases e lotes de implantação da Nova FERROESTE.

Tabela 81 – Correlação entre as fases e lotes de implantação da Nova FERROESTE.

FASE	LOTE	TRECHO	PREVISÃO DE IMPLANTAÇÃO	COMPRIMENTO (km)	PRINCIPAIS MUNICÍPIOS
FASE 01	LOTE 01	Balsa Nova - Paranaguá	2025 a 2029 (60 meses)	183,98	Balsa Nova (PR), Curitiba (PR) e Paranaguá (PR)
	LOTE 02	Guarapuava - Balsa Nova	2027 a 2029 (36 meses)	222,90	Guarapuava (PR) e Balsa Nova (PR)
	LOTE 03	Cascavel - Guarapuava	2027 a 2029 (36 meses)	223,34	Cascavel (PR) e Guarapuava (PR)
FASE 02	LOTE 04	Guaíra - Cascavel	2030 a 2031 (18 meses)	174,27	Guaíra (PR) e Cascavel (PR)
FASE 03	LOTE 05	Maracaju - Guaíra	2031 a 2032 (24 meses)	333,20	Maracaju (MS), Amambai (MS) e Guaíra (PR)
FASE 04	LOTE 06	Cascavel - Foz do Iguaçu	2042 a 2043 (24 meses)	166,46	Cascavel (PR) e Foz do Iguaçu (PR)

Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

Os cenários estudados consideraram os objetivos também vislumbrados pelo projeto da Nova FERROESTE: a 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. Dessa forma, na estruturação dos cenários, foram mantidos os anos de previsão de implantação dos LOTES 01 a 05 da Nova FERROESTE. Por sua vez, a previsão de implantação do LOTE 06 e do Ramal Chapecó varia em cada um dos três cenários estudados. A *Tabela 82* e a *Tabela 83* apresentam a composição desses cenários.

Tabela 82 – Cenários analisados.

CENÁRIO	TRECHO	PREVISÃO DE IMPLANTAÇÃO	INÍCIO DA OPERAÇÃO
CENÁRIO 1	Cascavel - Chapecó	2033 a 2035	2036
	Cascavel – Foz do Iguaçu	2042 a 2043	2044
CENÁRIO 2	Cascavel - Chapecó	2041 a 2043	2044
	Cascavel – Foz do Iguaçu	2052 a 2053	2054
CENÁRIO 3	Cascavel - Chapecó	2051 a 2053	2054
	Cascavel – Foz do Iguaçu	2042 a 2043	2044

Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

Tabela 83 – Cronograma de implantação dos três cenários avaliados.

CENÁRIO 1	2033	2034	2035	...	2041	2042	2043	...	2051	2052	2053
	ANO 11	ANO 12	ANO 13	...	ANO 19	ANO 20	ANO 21	...	ANO 29	ANO 30	ANO 31
NOVA FERROESTE - FASE 04											
Lote 06: Cascavel - Foz do Iguaçu											
RAMAL CASCAVEL - CHAPECÓ											
Cascavel - Chapecó											
CENÁRIO 2	2033	2034	2035	...	2041	2042	2043	...	2051	2052	2053
	ANO 11	ANO 12	ANO 13	...	ANO 19	ANO 20	ANO 21	...	ANO 29	ANO 30	ANO 31
NOVA FERROESTE - FASE 04											
Lote 06: Cascavel - Foz do Iguaçu											
RAMAL CASCAVEL - CHAPECÓ											
Cascavel - Chapecó											
CENÁRIO 3	2033	2034	2035	...	2041	2042	2043	...	2051	2052	2053
	ANO 11	ANO 12	ANO 13	...	ANO 19	ANO 20	ANO 21	...	ANO 29	ANO 30	ANO 31
NOVA FERROESTE - FASE 04											
Lote 06: Cascavel - Foz do Iguaçu											
RAMAL CASCAVEL - CHAPECÓ											
Cascavel - Chapecó											

Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

Os cenários foram desenvolvidos com o objetivo de subsidiar a avaliação financeira do empreendimento com os dados necessários para a realização de uma análise de sensibilidade do prazo de implantação do Ramal Chapecó no projeto da Nova FERROESTE. Dessa forma, com base nos resultados apresentados no Relatório de Avaliação Financeira, Socioeconômica e de Riscos, poderá ser escolhido o melhor cenário de implantação e início da operação do Ramal Chapecó.

Dessa forma, o OPEX para cada um dos três cenários é apresentado nas *Tabelas 84, 85 e 86*. A *Tabela 87* e a *Figura 36* apresentam o OPEX total (Nova FERROESTE + Ramal Chapecó) para os três cenários avaliados.

A Receita Operacional para cada um dos três cenários é apresentada nas *Tabelas 88, 89 e 90*. A *Tabela 91* e a *Figura 37* apresentam a Receita Total (Nova FERROESTE + Ramal Chapecó) para os três cenários avaliados.

Salienta-se que este relatório detalhou nos tópicos anteriores o Cenário 2: início da operação do Ramal Chapecó prevista para 2044.

Tabela 84 – OPEX – Cenário 1.

OPEX - CENÁRIO 1		ANO 8	ANO 14	ANO 18	ANO 22	ANO 28	ANO 32	ANO 38	ANO 48	ANO 58	ANO 65
VALORES REAIS	Unidade	2030	2036	2040	2044	2050	2054	2060	2070	2080	2087
Ramal Chapecó											
Custos Fixos	R\$ '000.000	-	41,75	46,81	47,22	48,27	48,68	48,90	49,92	50,23	49,79
Custos Variáveis	R\$ '000.000	-	43,79	159,39	168,10	179,49	185,92	194,34	205,65	214,23	218,96
Outros Custos	R\$ '000.000	-	3,85	9,28	9,69	10,25	10,56	10,95	11,50	11,90	12,09
Despesas Gerais e Administrativas	R\$ '000.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total (Ramal Chapecó)	R\$ '000.000	-	89,39	215,47	225,00	238,01	245,16	254,19	267,07	276,37	280,85
Nova FERROESTE											
Custos Fixos	R\$ '000.000	125,96	226,94	233,55	259,09	266,11	268,05	272,02	274,25	277,92	278,94
Custos Variáveis	R\$ '000.000	244,68	1.394,27	1.530,92	1.638,47	1.791,16	1.838,86	1.907,09	1.977,37	2.028,24	2.056,27
Outros Custos	R\$ '000.000	16,68	72,95	79,40	85,39	92,58	94,81	98,06	101,32	103,78	105,08
Despesas Gerais e Administrativas	R\$ '000.000	24,76	29,57	29,57	29,57	29,57	29,57	29,57	29,57	29,57	29,57
Total (Nova FERROESTE)	R\$ '000.000	412,09	1.723,73	1.873,44	2.012,52	2.179,42	2.231,29	2.306,74	2.382,51	2.439,51	2.469,86
TOTAL											
Custos Fixos	R\$ '000.000	125,96	268,69	280,35	306,31	314,38	316,73	320,92	324,16	328,16	328,73
Custos Variáveis	R\$ '000.000	244,68	1.438,06	1.690,31	1.806,56	1.970,66	2.024,78	2.101,44	2.183,02	2.242,48	2.275,23
Outros Custos	R\$ '000.000	16,68	76,80	88,68	95,08	102,83	105,37	109,01	112,82	115,68	117,18
Despesas Gerais e Administrativas	R\$ '000.000	24,76	29,57	29,57	29,57	29,57	29,57	29,57	29,57	29,57	29,57
Total (Nova FERROESTE + Ramal Chapecó)	R\$ '000.000	412,09	1.813,12	2.088,91	2.237,52	2.417,43	2.476,44	2.560,92	2.649,57	2.715,88	2.750,71

Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

Tabela 85 – OPEX – Cenário 2.

OPEX - CENÁRIO 2		ANO 8	ANO 14	ANO 18	ANO 22	ANO 28	ANO 32	ANO 38	ANO 48	ANO 58	ANO 65
VALORES REAIS	Unidade	2030	2036	2040	2044	2050	2054	2060	2070	2080	2087
Ramal Chapecó											
Custos Fixos	R\$ '000.000	-	-	-	47,22	48,27	48,58	48,90	49,92	50,23	49,79
Custos Variáveis	R\$ '000.000	-	-	-	167,73	178,73	185,43	194,34	205,65	214,23	218,96
Outros Custos	R\$ '000.000	-	-	-	9,67	10,21	10,53	10,95	11,50	11,90	12,09
Despesas Gerais e Administrativas	R\$ '000.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total (Ramal Chapecó)	R\$ '000.000	-	-	-	224,63	237,21	244,54	254,19	267,07	276,37	280,85
Nova FERROESTE											
Custos Fixos	R\$ '000.000	125,96	226,94	233,55	238,12	243,18	268,05	272,02	274,25	277,92	278,94
Custos Variáveis	R\$ '000.000	244,68	1.394,27	1.530,92	1.612,35	1.722,59	1.798,36	1.907,09	1.977,37	2.028,24	2.056,27
Outros Custos	R\$ '000.000	16,68	72,95	79,40	83,27	88,46	92,99	98,06	101,32	103,78	105,08
Despesas Gerais e Administrativas	R\$ '000.000	24,76	29,57	29,57	29,57	29,57	29,57	29,57	29,57	29,57	29,57
Total (Nova FERROESTE)	R\$ '000.000	412,09	1.723,73	1.873,44	1.963,30	2.083,80	2.188,97	2.306,74	2.382,51	2.439,51	2.469,86
TOTAL											
Custos Fixos	R\$ '000.000	125,96	226,94	233,55	285,34	291,45	316,63	320,92	324,16	328,16	328,73
Custos Variáveis	R\$ '000.000	244,68	1.394,27	1.530,92	1.780,08	1.901,32	1.983,79	2.101,44	2.183,02	2.242,48	2.275,23
Outros Custos	R\$ '000.000	16,68	72,95	79,40	92,94	98,67	103,52	109,01	112,82	115,68	117,18
Despesas Gerais e Administrativas	R\$ '000.000	24,76	29,57	29,57	29,57	29,57	29,57	29,57	29,57	29,57	29,57
Total (Nova FERROESTE + Ramal Chapecó)	R\$ '000.000	412,09	1.723,73	1.873,44	2.187,93	2.321,01	2.433,51	2.560,92	2.649,57	2.715,88	2.750,71

Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

Tabela 86 – OPEX – Cenário 3.

OPEX - CENÁRIO 3		ANO 8	ANO 14	ANO 18	ANO 22	ANO 28	ANO 32	ANO 38	ANO 48	ANO 58	ANO 65
VALORES REAIS	Unidade	2030	2036	2040	2044	2050	2054	2060	2070	2080	2087
Ramal Chapecó											
Custos Fixos	R\$ '000.000	-	-	-	-	-	48,05	48,26	49,28	49,60	49,79
Custos Variáveis	R\$ '000.000	-	-	-	-	-	185,92	194,34	205,65	214,23	218,96
Outros Custos	R\$ '000.000	-	-	-	-	-	10,53	10,92	11,47	11,87	12,09
Despesas Gerais e Administrativas	R\$ '000.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total (Ramal Chapecó)	R\$ '000.000	-	-	-	-	-	244,50	253,53	266,40	275,71	280,85
Nova FERROESTE											
Custos Fixos	R\$ '000.000	125,96	226,94	233,55	259,09	266,11	268,05	272,02	274,25	277,92	278,94
Custos Variáveis	R\$ '000.000	244,68	1.394,27	1.530,92	1.638,47	1.791,16	1.838,86	1.907,09	1.977,37	2.028,24	2.056,27
Outros Custos	R\$ '000.000	16,68	72,95	79,40	85,39	92,58	94,81	98,06	101,32	103,78	105,08
Despesas Gerais e Administrativas	R\$ '000.000	24,76	29,57	29,57	29,57	29,57	29,57	29,57	29,57	29,57	29,57
Total (Nova FERROESTE)	R\$ '000.000	412,09	1.723,73	1.873,44	2.012,52	2.179,42	2.231,29	2.306,74	2.382,51	2.439,51	2.469,86
TOTAL											
Custos Fixos	R\$ '000.000	125,96	226,94	233,55	259,09	266,11	316,10	320,28	323,53	327,52	328,73
Custos Variáveis	R\$ '000.000	244,68	1.394,27	1.530,92	1.638,47	1.791,16	2.024,78	2.101,44	2.183,02	2.242,48	2.275,23
Outros Custos	R\$ '000.000	16,68	72,95	79,40	85,39	92,58	105,34	108,98	112,79	115,65	117,18
Despesas Gerais e Administrativas	R\$ '000.000	24,76	29,57	29,57	29,57	29,57	29,57	29,57	29,57	29,57	29,57
Total (Nova FERROESTE + Ramal Chapecó)	R\$ '000.000	412,09	1.723,73	1.873,44	2.012,52	2.179,42	2.475,78	2.560,26	2.648,91	2.715,22	2.750,71

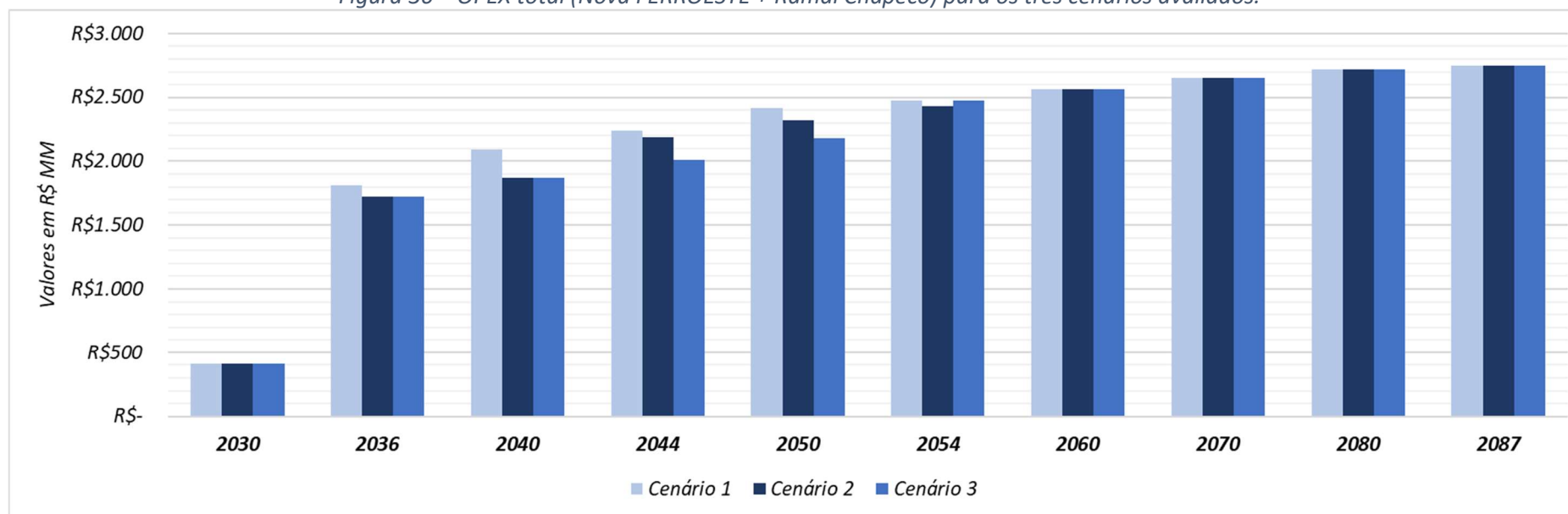
Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

Tabela 87 – OPEX total (Nova FERROESTE + Ramal Chapecó) para os três cenários avaliados.

OPEX		ANO 8	ANO 14	ANO 18	ANO 22	ANO 28	ANO 32	ANO 38	ANO 48	ANO 58	ANO 65
VALORES REAIS	Unidade	2030	2036	2040	2044	2050	2054	2060	2070	2080	2087
Total (Nova FERROESTE + Ramal Chapecó)											
Cenário 1	R\$ '000.000	412,09	1.813,12	2.088,91	2.237,52	2.417,43	2.476,44	2.560,92	2.649,57	2.715,88	2.750,71
Cenário 2	R\$ '000.000	412,09	1.723,73	1.873,44	2.187,93	2.321,01	2.433,51	2.560,92	2.649,57	2.715,88	2.750,71
Cenário 3	R\$ '000.000	412,09	1.723,73	1.873,44	2.012,52	2.179,42	2.475,78	2.560,26	2.648,91	2.715,22	2.750,71

Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

Figura 36 – OPEX total (Nova FERROESTE + Ramal Chapecó) para os três cenários avaliados.



Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

Tabela 88 – Receita – Cenário 1.

RECEITA - CENÁRIO 1		ANO 8	ANO 14	ANO 18	ANO 22	ANO 28	ANO 32	ANO 38	ANO 48	ANO 58	ANO 65
VALORES REAIS	Unidade	2030	2036	2040	2044	2050	2054	2060	2070	2080	2087
Ramal Chapecó											
Receita com Frete Ferroviário	R\$	-	219.158.863,42	794.901.772,16	836.647.634,87	890.909.716,34	921.203.728,83	960.733.027,95	1.013.568.795,13	1.053.586.731,44	1.075.628.994,27
Receitas Acessórias (5%)	R\$	-	10.957.943,17	39.745.088,61	41.832.381,74	44.545.485,82	46.060.186,44	48.036.651,40	50.678.439,76	52.679.336,57	53.781.449,71
Total (Ramal Chapecó)	R\$	-	230.116.806,59	834.646.860,77	878.480.016,61	935.455.202,16	967.263.915,27	1.008.769.679,35	1.064.247.234,89	1.106.266.068,02	1.129.410.443,98
Nova FERROESTE											
Receita com Frete Ferroviário	R\$	1.155.683.904,12	6.620.937.815,66	7.265.021.988,77	7.724.611.627,73	8.422.536.525,33	8.643.647.978,34	8.961.377.451,98	9.290.615.587,44	9.530.509.551,21	9.663.208.801,25
Receitas Acessórias (5%)	R\$	57.784.195,21	331.046.890,78	363.251.099,44	386.230.581,39	421.126.826,27	432.182.398,92	448.068.872,60	464.530.779,37	476.525.477,56	483.160.440,06
Receita com Direito de Passagem	R\$	67.533.073,12	70.840.188,08	73.134.422,10	74.608.117,32	76.874.526,11	78.423.586,29	80.805.899,52	83.679.068,56	86.654.397,22	88.799.852,29
Total (Nova FERROESTE)	R\$	1.281.001.172,44	7.022.824.894,52	7.701.407.510,31	8.185.450.326,44	8.920.537.877,70	9.154.253.963,54	9.490.252.224,10	9.838.825.435,37	10.093.689.425,99	10.235.169.093,60
TOTAL											
Receita com Frete Ferroviário	R\$	1.155.683.904,12	6.840.096.679,08	8.059.923.760,93	8.561.259.262,60	9.313.446.241,66	9.564.851.707,17	9.922.110.479,93	10.304.184.382,58	10.584.096.282,65	10.738.837.795,51
Receitas Acessórias (5%)	R\$	57.784.195,21	342.004.833,95	402.996.188,05	428.062.963,13	465.672.312,08	478.242.585,36	496.105.524,00	515.209.219,13	529.204.814,13	536.941.889,78
Receita com Direito de Passagem	R\$	67.533.073,12	70.840.188,08	73.134.422,10	74.608.117,32	76.874.526,11	78.423.586,29	80.805.899,52	83.679.068,56	86.654.397,22	88.799.852,29
Total (Nova FERROESTE + Ramal Chapecó)	R\$	1.281.001.172,44	7.252.941.701,11	8.536.054.371,08	9.063.930.343,05	9.855.993.079,85	10.121.517.878,82	10.499.021.903,45	10.903.072.670,26	11.199.955.494,01	11.364.579.537,58

Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

Tabela 89 – Receita – Cenário 2.

RECEITA - CENÁRIO 2		ANO 8	ANO 14	ANO 18	ANO 22	ANO 28	ANO 32	ANO 38	ANO 48	ANO 58	ANO 65
VALORES REAIS	Unidade	2030	2036	2040	2044	2050	2054	2060	2070	2080	2087
Ramal Chapecó											
Receita com Frete Ferroviário	R\$	-	-	-	834.669.779,07	886.760.119,41	919.075.964,91	960.733.027,95	1.013.568.795,13	1.053.586.731,44	1.075.628.994,27
Receitas Acessórias (5%)	R\$	-	-	-	41.733.488,95	44.338.005,97	45.953.798,25	48.036.651,40	50.678.439,76	52.679.336,57	53.781.449,71
Total (Ramal Chapecó)	R\$	-	-	-	876.403.268,02	931.098.125,38	965.029.763,15	1.008.769.679,35	1.064.247.234,89	1.106.266.068,02	1.129.410.443,98
Nova FERROESTE											
Receita com Frete Ferroviário	R\$	1.155.683.904,12	6.620.937.815,66	7.265.021.988,77	7.625.346.792,61	8.090.071.172,09	8.410.510.019,41	8.961.377.451,98	9.290.615.587,44	9.530.509.551,21	9.663.208.801,25
Receitas Acessórias (5%)	R\$	57.784.195,21	331.046.890,78	363.251.099,44	381.267.339,63	404.503.558,60	420.525.500,97	448.068.872,60	464.530.779,37	476.525.477,56	483.160.440,06
Receita com Direito de Passagem	R\$	67.533.073,12	70.840.188,08	73.134.422,10	74.608.117,32	76.874.526,11	78.423.586,29	80.805.899,52	83.679.068,56	86.654.397,22	88.799.852,29
Total (Nova FERROESTE)	R\$	1.281.001.172,44	7.022.824.894,52	7.701.407.510,31	8.081.222.249,56	8.571.449.256,80	8.909.459.106,67	9.490.252.224,10	9.838.825.435,37	10.093.689.425,99	10.235.169.093,60
TOTAL											
Receita com Frete Ferroviário	R\$	1.155.683.904,12	6.620.937.815,66	7.265.021.988,77	8.460.016.571,67	8.976.831.291,50	9.329.585.984,31	9.922.110.479,93	10.304.184.382,58	10.584.096.282,65	10.738.837.795,51
Receitas Acessórias (5%)	R\$	57.784.195,21	331.046.890,78	363.251.099,44	423.000.828,58	448.841.564,58	466.479.299,22	496.105.524,00	515.209.219,13	529.204.814,13	536.941.889,78
Receita com Direito de Passagem	R\$	67.533.073,12	70.840.188,08	73.134.422,10	74.608.117,32	76.874.526,11	78.423.586,29	80.805.899,52	83.679.068,56	86.654.397,22	88.799.852,29
Total (Nova FERROESTE + Ramal Chapecó)	R\$	1.281.001.172,44	7.022.824.894,52	7.701.407.510,31	8.957.625.517,58	9.502.547.382,18	9.874.488.869,82	10.499.021.903,45	10.903.072.670,26	11.199.955.494,01	11.364.579.537,58

Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

Tabela 90 – Receita – Cenário 3.

RECEITA - CENÁRIO 3		ANO 8	ANO 14	ANO 18	ANO 22	ANO 28	ANO 32	ANO 38	ANO 48	ANO 58	ANO 65
VALORES REAIS	Unidade	2030	2036	2040	2044	2050	2054	2060	2070	2080	2087
Ramal Chapecó											
Receita com Frete Ferroviário	R\$	-	-	-	-	-	921.203.728,83	960.733.027,95	1.013.568.795,13	1.053.586.731,44	1.075.628.994,27
Receitas Acessórias (5%)	R\$	-	-	-	-	-	46.060.186,44	48.036.651,40	50.678.439,76	52.679.336,57	53.781.449,71
Total (Ramal Chapecó)	R\$	-	-	-	-	-	967.263.915,27	1.008.769.679,35	1.064.247.234,89	1.106.266.068,02	1.129.410.443,98
Nova FERROESTE											
Receita com Frete Ferroviário	R\$	1.155.683.904,12	6.620.937.815,66	7.265.021.988,77	7.724.611.627,73	8.422.536.525,33	8.643.647.978,34	8.961.377.451,98	9.290.615.587,44	9.530.509.551,21	9.663.208.801,25
Receitas Acessórias (5%)	R\$	57.784.195,21	331.046.890,78	363.251.099,44	386.230.581,39	421.126.826,27	432.182.398,92	448.068.872,60	464.530.779,37	476.525.477,56	483.160.440,06
Receita com Direito de Passagem	R\$	67.533.073,12	70.840.188,08	73.134.422,10	74.608.117,32	76.874.526,11	78.423.586,29	80.805.899,52	83.679.068,56	86.654.397,22	88.799.852,29
Total (Nova FERROESTE)	R\$	1.281.001.172,44	7.022.824.894,52	7.701.407.510,31	8.185.450.326,44	8.920.537.877,70	9.154.253.963,54	9.490.252.224,10	9.838.825.435,37	10.093.689.425,99	10.235.169.093,60
TOTAL											
Receita com Frete Ferroviário	R\$	1.155.683.904,12	6.620.937.815,66	7.265.021.988,77	7.724.611.627,73	8.422.536.525,33	9.564.851.707,17	9.922.110.479,93	10.304.184.382,58	10.584.096.282,65	10.738.837.795,51
Receitas Acessórias (5%)	R\$	57.784.195,21	331.046.890,78	363.251.099,44	386.230.581,39	421.126.826,27	478.242.585,36	496.105.524,00	515.209.219,13	529.204.814,13	536.941.889,78
Receita com Direito de Passagem	R\$	67.533.073,12	70.840.188,08	73.134.422,10	74.608.117,32	76.874.526,11	78.423.586,29	80.805.899,52	83.679.068,56	86.654.397,22	88.799.852,29
Total (Nova FERROESTE + Ramal Chapecó)	R\$	1.281.001.172,44	7.022.824.894,52	7.701.407.510,31	8.185.450.326,44	8.920.537.877,70	10.121.517.878,82	10.499.021.903,45	10.903.072.670,26	11.199.955.494,01	11.364.579.537,58

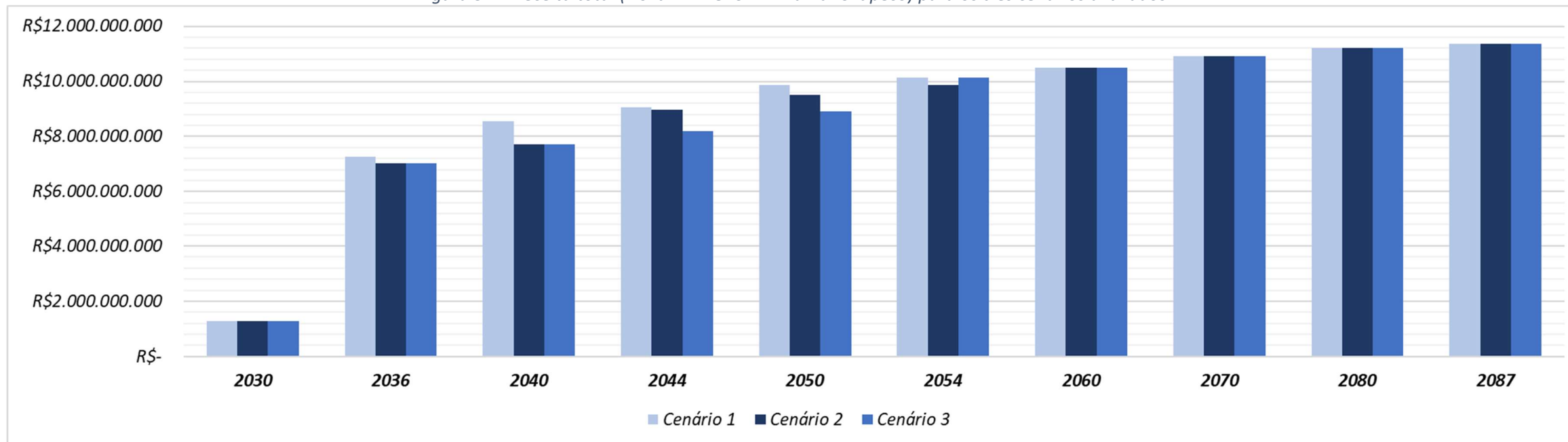
Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

Tabela 91 – Receita total (Nova FERROESTE + Ramal Chapecó) para os três cenários avaliados.

RECEITA	ANO 8	ANO 14	ANO 18	ANO 22	ANO 28	ANO 32	ANO 38	ANO 48	ANO 58	ANO 65
VALORES REAIS	2030	2036	2040	2044	2050	2054	2060	2070	2080	2087
Total (Nova FERROESTE + Ramal Chapecó)										
Cenário 1	R\$ 1.281.001.172,44	R\$ 7.252.941.701,11	R\$ 8.536.054.371,08	R\$ 9.063.930.343,05	R\$ 9.855.993.079,85	R\$ 10.121.517.878,82	R\$ 10.499.021.903,45	R\$ 10.903.072.670,26	R\$ 11.199.955.494,01	R\$ 11.364.579.537,58
Cenário 2	R\$ 1.281.001.172,44	R\$ 7.022.824.894,52	R\$ 7.701.407.510,31	R\$ 8.957.625.517,58	R\$ 9.502.547.382,18	R\$ 9.874.488.869,82	R\$ 10.499.021.903,45	R\$ 10.903.072.670,26	R\$ 11.199.955.494,01	R\$ 11.364.579.537,58
Cenário 3	R\$ 1.281.001.172,44	R\$ 7.022.824.894,52	R\$ 7.701.407.510,31	R\$ 8.185.450.326,44	R\$ 8.920.537.877,70	R\$ 10.121.517.878,82	R\$ 10.499.021.903,45	R\$ 10.903.072.670,26	R\$ 11.199.955.494,01	R\$ 11.364.579.537,58

Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

Figura 37 – Receita total (Nova FERROESTE + Ramal Chapecó) para os três cenários avaliados.



Fonte: Elaborado pela TPF Engenharia.

5 REFERÊNCIAS

AGEITEC. **Floresta Estacional Semidecidual**. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2022. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/territorio_mata_sul_pernambucana/arvore/CONT000gt7eon7l02wx7ha087apz2x2zjco4.html#>. Acesso em: 10 mar. 2022.

AGEITEC. **Espécies Arbóreas Brasileiras – Glossário**. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Colombo: Embrapa Florestas, 2022. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/especies_arboreas_brasileiras/arvore/CONT000g08hphpk02wx5ok026zxp7c9wrkm.html>. Acesso em: 10 mar. 2022.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. DE M.; SPAROVEK, G. **Köppen's climate classification map for Brazil**. Meteorologische Zeitschrift, v. 22, n. 6, January, 2014.

AMARAL, L. C. M. **Blocos Hidrogeológicos do Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral em Santa Catarina**. Trabalho de Conclusão de Curso. Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Departamento de Geociências. Florianópolis: UFSC, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/191868/TCC_LEILA_C%20AMARAL_FINAL_BU.pdf?sequence=3&isAllowed=y>. Acesso em: 10 mar. 2022.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Divisões hidrográficas do Brasil**. Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/panorama-das-aguas/diviso-es-hidrograficas>>. Acesso em: 20 fev. 2022.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Divisões hidrográficas por Ottocodificação**. Disponível em: <<http://portal1.snirh.gov.br/arquivos/atlasrh2013/1-II-TEXTO.pdf>>. Acesso em: 22 fev. 2022.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Nota Técnica nº 46/2018/SP: **Produção de base vetorial com o Curve Number (CN) para BHO 2014 (BHO_CN)**. Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/d1c36d85-a9d5-4f6a-85f7-71c2dc801a67/attachments/NOTA_TECNICA_46_2018_SPR.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2020.

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.

_____. 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.

_____. Ministério dos Transportes. VALEC Engenharia, Construções e Ferrovias S/A. **Manual de Elaboração dos Estudos de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental (1.1.1.MAN.2.001)**. Agosto de 2018.

BRASIL. Ministério da Cultura. Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional. **Instrução Normativa nº 001, de 25 de março de 2015**. Diário Oficial da União, nº 58, Brasília, DF, 26 mar. 2015, p. 11.

_____. Ministério da Justiça. Fundação Nacional do Índio. **Instrução Normativa nº 02, de 27 de março de 2015**. Disponível em: <<http://www.funai.gov.br/index.php/leg-licen>>. Acesso em: 7 dez. 2020.

_____. Secretaria Geral. **Decreto nº 10.165, de 10 de dezembro de 2019**. Diário Oficial da União, seção 1, Brasília, DF, 11 dez. 2019, p. 6.

_____. Secretaria Geral. **Decreto nº 10.166, de 19 de dezembro de 2019**. Diário Oficial da União, seção 1, Brasília, DF, 11 dez. 2019, p. 8.

_____. **Portaria Interministerial nº 60, de 25 de março de 2015**. Diário Oficial da União, nº 57, Brasília, DF, 25 mar. 2015, p. 71.

CERH/PR – CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS. Resolução nº 49, 20 de dezembro de 2006. **Dispõe sobre a instituição de Regiões Hidrográficas, Bacias Hidrográficas e Unidades Hidrográficas de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado do Paraná**.

CTI - Centro de Trabalho Indigenista. **Conjunto das Aldeias Guarani localizadas no Estado do Paraná**. Disponível em: <<https://biblioteca.trabalhoindigenista.org.br/wp-content/uploads/sites/5/2018/07/FICHALOCALIDADEPARANA.pdf>>. Acesso em: 07 dez. 2020.

CTI – Centro de Trabalho Indigenista; CGY – Comissão Guarani Yvyrupa; IPHAN – Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional. **Mapa Guarani Digital**. Disponível em: <<https://guarani.map.as/#/>>. Acesso em: 18 fev. 2022.

CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS – CERH/PR. Resolução nº 49, 20 de dezembro de 2006. **Dispõe sobre a instituição de Regiões Hidrográficas, Bacias Hidrográficas e Unidades Hidrográficas de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado do Paraná**. Disponível em: <https://www.sedest.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/migrados/File/r492006.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2022.

DO PARANÁ, MINEROPAR. Serviço Geológico. **Atlas geológico do Estado do Paraná**. Minerais do Paraná, Curitiba, 2001.

DUZZIONI, R. I. Levantamento de Dados Secundários sobre a Geologia e Geomorfologia do PNA. **Plano de Manejo – Parque Nacional as Araucárias**. ICMBio MMA – Ministério do Meio Ambiente. Brasília: junho de 2010. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/imgs-unidades-coservacao/pm_parna_araucarias_1.pdf>. Acesso em: 05 mar. 2022.

EMPRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2 ed. Rio de Janeiro. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2006.

EMBRAPA. **Solos do Estado de Santa Catarina. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**. Rio de Janeiro, n. 46, p. 721, 2004. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/964417/solos-do-estado-de-santa-catarina>>. Acesso em: 05 mar. 2022.

GREENBRIEN MAXION. **Boletim Técnico HTT Vagão Hopper**. Disponível em: <https://gbmx.com.br/wp-content/uploads/2017/10/GBM_013_laminas_htt-1.pdf> Acesso em: 21 de março de 2022.

_____. **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: 21 de março de 2022.

IBGE. Documentação Técnica Geral – **Base Cartográfica Contínua do Brasil, escala 1:250.000 – BC250 Versão 2021.** Rio de Janeiro: IBGE, 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html?caminho=cartas_e_mapas/bases_cartograficas_continuas/bc250/versao2021/>. Acesso em: 26 jan. 2022.

IBGE. Manuais Técnicos em Geociências – **Manual Técnico da Vegetação Brasileira: Sistema Fitogeográfico, Inventário das Formações Florestais e Campestres, Técnicas e Manejo das Coleções Botânicas, Procedimentos para Mapeamentos.** Rio de Janeiro: IBGE, 2012. V. 1. 2ª ed. revista e ampliada. Disponível em: <<https://www.terrabrasil.org.br/ecotecadigital/pdf/manual-tecnico-da-vegetacao-brasileira.pdf>>. Acesso em: 03 mar. 2022.

_____. **Geologia** 1:250.000. Disponível em: <https://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/geologia/levantamento_geologico/mapas/escala_250_mil/>. Acesso em: 20 fev. 2022.

_____. **Geomorfologia** 1:250.000. Disponível em: <https://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/geomorfologia/mapas/escala_250_mil/>. Acesso em: 20 fev. 2022.

_____. **Manual Técnico de Pedologia. Manual Técnico em Geociências número 4.** 3ª Edição, 2015.

_____. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira.** 2ª ed. Rio de Janeiro, RJ, 271p. 2012.

_____. **Pedologia.** Disponível em: <https://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/pedologia/mapas/escala_250_mil/>. Acesso em: 20 fev. 2022.

INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. **Certificação – Áreas quilombolas e Projetos de Assentamento.** Disponível em: <http://certificacao.incra.gov.br/csv_shp/export_shp.py>. Acesso em: 21 fev. 2022.

MACHADO, J. L. F. MAPA HIDROGEOLÓGICO DE SANTA CATARINA E NOVOS CONHECIMENTOS SOBRE O SISTEMA AQUÍFERO GUARANI. **Águas Subterrâneas**, [S. l.], 2012. Disponível em: <<https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/27747>>. Acesso em: 10 mar. 2022.

MACHADO, J. L. F. **MAPA HIDROGEOLÓGICO DO ESTADO DE SANTA CATARINA – ESCALA 1:500.000.** CONVÊNIO CPRM Nº 020/2008 – DRH/SDS/SC Nº 10.902/2088-9. Cartas Hidrogeológicas Estaduais. Porto Alegre: CPRM, 2013.

MINFRA – Ministério da Infraestrutura. **Mapas e Bases dos Modos de Transporte.** Disponível em: <<https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/dados-de-transportes/bit/bitmodosmapas>>. Acesso em: 24 jan. 2022.

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> 18 de março de 2022.

SILVA, A. C.; HIGUCHI, P.; AGUIAR, M. D.; NEGRINI, M.; NETO, J. F.; HESS, A.F. **Relações Florísticas e Fitossociologia de uma Floresta Ombrófila Mista Montana Secundária em Lages, Santa Catarina.** Ciência Florestal, Santa Maria, v. 22, n. 1, p. 193-206, jan.-mar., 2012. ISSN 0103-9954. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/5091/3084>>. Acesso em: 04 mar. 2022.

WEBER, A. J. C. S.; NOGUEIRA, A. C.; CARPANEZZI, A. A.; GALVÃO, F.; WEBER, S. H. **Composição florística e distribuição Sazonal do Banco de Sementes em Floresta Ombrófila Mista Aluvial em Araucária, PR.** Pesquisa Florestal Brasileira – PFB. DOI: 10.4336/2012.pfb.32.70.77. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/102747/1/ComposicaoFloristica.pdf>>. Acesso em: 02 mar. 2022.