MONIQUE MARTINS GOMES

**Método expedito de análise de novos traçados de ferrovias para o
transporte de cargas**

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, como parte integrante dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências, Programa de Pós Graduação em Engenharia de Transportes. Área: Planejamento e Operações de Sistemas de Transportes.

ORIENTADOR: Prof. Dr. João Alexandre Widmer

SÃO CARLOS

Abril

2011

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento
da Informação do Serviço de Biblioteca – EESC/USP

G633m Gomes, Monique Martins
 Método expedito de análise de novos traçados de
ferrovias para o transporte de cargas / Monique Martins
Gomes ; orientador João Alexandre Widmer. -- São Carlos,
2011.

Dissertação (Mestrado-Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Transportes. Área de Concentração em
Planejamento e Operações de Transportes) -- Escola de
Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo,
2011.

1. Ferrovias. 2. Capacidade ferroviária. 3. SRTM.
4. Transporte ferroviário. 5. Modelo de custos
generalizados. I. Título.

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidato(a): Tecnólogo **MONIQUE MARTINS GOMES.**

Dissertação defendida e julgada em 21/03/2011 perante a Comissão Julgadora:

Prof. Titular **JOÃO ALEXANDRE WIDMER – (Orientador) – (Aposentado)**
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP) Aprovada

Profª. Drª. **ANA PAULA FURLAN**
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP) Aprovada

Profª. Drª. **ANA PAULA CAMARGO LAROCCA**
(Escola Politécnica/USP) Aprovada

Prof. Associado **PAULO CÉSAR LIMA SEGANTINE**
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Transportes e Presidente da
Comissão de Pós-Graduação

*Ao Maior Operador Logístico,
também chamado por...
“Maravilhoso, Conselheiro, Deus forte, Pai da eternidade e Príncipe da paz”
... Sem ele, nada do que foi feito se fez
João 1:3*

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. João Alexandre Widmer, a quem sempre tive admiração como pessoa e mestre. Obrigado pela orientação, apoio, paciência e atenção, mas principalmente pela confiança depositada.

Ao meu irmão Thiago, por me ajudar a tornar possíveis meus sonhos e maluquices pessoais e por jamais ter negado esforços para isso, mesmo quando as circunstâncias pareciam desfavoráveis (sempre, né?!). Obrigado por acreditar em mim.

Ao meu pai Silvio e aos meus tios e pais Nenê e Maria, meu alicerce de vida. Obrigado por acreditarem em mim e por todo amor expresso nas orações, cuidados, conselhos e puxões de orelha.

À minha mãe, meu porto seguro. Num mix de mãe, filha, irmã e melhor amiga, talvez nunca tenha entendido o que eu estivera fazendo em São Carlos ou por vezes sequer imaginado onde eu estava, mas por acreditar em mim e por de um jeito único e especial sempre me fazer enxergar que sonhar é não limitar-se a limites, minha eterna gratidão.

Àquelas que se tornaram minha família em São Carlos: no primeiro ano, Carla e Amanda, depois vieram as companheiras “FATECanas” Ana e Marcela. Por todos os cuidados, remédios e idas à Unimed, né Cá?! (*risos*) enfim, pelos conselhos, incentivos, brigadeiros e amizade, obrigado meninas.

Aos amigos: Iara, Isa, Cassi, Lú, Vivian, Luís, Madalena, Mancini, Mara e Rochelle. Por tornarem minha estadia na cidade mais agradável e divertida e, pelo companheirismo de segunda à segunda, fosse na USP estudando ou em qualquer outro lugar se divertindo. Vou sentir saudades.

Àqueles que sempre estiveram dispostos a me ajudar, fosse nas disciplinas ou no trabalho, sempre com palavras de incentivo, agradeço efusivamente: Bruno Bertoncine, Pablo Brilhante, André Cunha, Leandro Pugliesi e Sergio Rodrigues. Em especial ao amigo e “irmão” Cassiano Isler, por ter-me “aguentado” esses anos, compartilhando a mesma sala e o mesmo orientador, agradeço toda ajuda no desenvolvimento do trabalho e por todas as conversas, risadas e valiosos conselhos.

Aos docentes do STT, que contribuíram para o meu crescimento intelectual, serei grata para sempre. E à todos os funcionários e profissionais que viabilizaram a realização deste trabalho.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

Por fim, a todos os meus familiares e amigos, que sempre torceram por mim e vibraram com minhas conquistas, minha enorme gratidão.

RESUMO

Gomes, M. M. (2011). *Método expedito de análise de novos traçados de ferrovias para o transporte de cargas*. São Carlos, 2011, 191p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

Os investimentos no setor ferroviário brasileiro desde o processo de privatização das ferrovias trouxeram um expressivo crescimento ao setor, evidenciado principalmente pelo aumento do volume de cargas transportadas. Entretanto, a capacidade de processamento dos trens tem sido comprometida pela imposição de limites operacionais de velocidades, decorrentes principalmente do aumento do desgaste da via permanente em função da intensificação do tráfego na malha ferroviária e das restrições das características geométricas da via construída no final do século XIX. Nesse contexto e diante das perspectivas de crescimento do setor na próxima década, o objetivo desta dissertação é investigar a validade da hipótese de que a construção de uma nova via, com melhores padrões de projeto e maior capacidade no transporte de cargas, é uma alternativa mais atraente em relação à recuperação e modernização de uma ferrovia existente. O processo de investigação consiste em um método expedito de comparação de cenários através de um modelo de custos generalizado. Neste método, as características planimétricas da nova ferrovia são obtidas pela geração de um conjunto de vetores por inspeção visual no *software Google Earth*, posteriormente tratados em uma plataforma de desenho assistido por computador (*CAD*). As características altimétricas da ferrovia são estabelecidas pela associação da geometria da via em planta com os dados altimétricos obtidos do modelo digital de terreno proposto pelo *SRTM*, através de um método computacional de cálculo dos gradientes da via. A partir dessas informações são estimados os volumes de movimentação de terra associados a cada cenário estabelecido. Como aplicação prática, apresenta-se a análise para um trecho de cerca de 200km de um dos principais corredores de exportação do país entre as cidades de Santa Fé do Sul e São José do Rio Preto, no Estado de São Paulo, sob concessão da empresa América Latina Logística S.A. Os resultados da investigação permitem inferir que, apesar das limitações impostas pela técnica de modelagem utilizada, o custo total de implantação de uma nova ferrovia supera em apenas 4,3% o custo total de reforma e retificação do traçado antigo, mostrando-se como uma alternativa atraente do ponto de vista econômico, técnico e ambiental.

Palavras- chave: ferrovias, capacidade ferroviária, SRTM, transporte ferroviário, modelo de custos generalizado.

ABSTRACT

Gomes, M. M. (2011). *Method expeditious of analysis of new routes of railway for freight transportation*. São Carlos, 2011, 191p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

Investments in the Brazilian railway sector since the privatization of the railways brought a significant growth to the sector, notable primarily by the increase of cargo volume transported. However, the processing capacity of the trains has been compromised by the restriction of operation speed limits, due mainly to the increased wear of the railway superstructure with the traffic increase and the geometric restriction of the track built in the late 90th century. In this context and given the sector's growth prospects over the next decade, the goal of this research is to investigate the validity of the hypothesis that the construction of a railroad with new improved design standards and greater capacity, is a more attractive alternative than the repair and modernization of an existing railway. The research process consists of an expedite method of scenarios comparison through a generalized cost model. The planimetry features of the new railway are obtained by generating a set of vectors by visual inspection using the Google Earth software, which are fed into a computer aided design (CAD). The altimetrics characteristics of track are set by the association of the horizontal track geometry platform with the elevation data obtained from the digital terrain model proposed by SRTM, using a computational method to calculate the gradient of the track. Earthwork volumes are calculated for each scenario based on this date. As a practical application, it presents an analysis of a segment of approximately 200km between the cities of Santa Fe do Sul and São José do Rio Preto, São Paulo, operated by America Latina Logística S.A. The results of research may imply that, despite the limitations imposed by the modeling technique show that, the total cost of deployment of a new railway exceeds in only 4.3% the total cost of rectification and reform of the old track, and therefore constitutes an attractive alternative from the economical, technical and environmental point of view.

Keywords: railway, railway capacity, SRTM, rail, general cost model.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	vii
RESUMO	ix
ABSTRACT	xi
SUMÁRIO	xiii
LISTA DE FIGURAS.....	xvii
LISTA DE TABELAS.....	xxi
LISTA DE SIGLAS.....	xxiii
1 INTRODUÇÃO.....	25
1.1 Objetivo	29
1.2 Justificativa e motivação	30
1.3 Estrutura do trabalho	31
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	33
2.1 Transporte ferroviário no Brasil	33
2.2 América Latina Logística – Malha Paulista S.A.	38
2.2.1 América Latina Logística - Malha Norte S.A.	39
2.3 Estudo dos traçados e projeto geométrico de vias terrestres	40
2.3.1 Reconhecimento ou anteprojeto	41
2.3.2 Exploração ou projeto básico	43
2.3.2.1 Modelo digital de elevação - SRTM	44
2.3.3 Projeto definitivo ou projeto executivo	47
2.4 Infra e superestrutura da via permanente ferroviária	48
2.4.1 Infraestrutura ferroviária	49
2.4.1.1 Projeto de terraplenagem	49
2.4.1.1.1 Seções transversais	49
2.4.1.1.2 Cálculo das áreas.....	50

2.4.1.1.3	Cálculo dos volumes	51
2.4.1.1.4	Distribuição do material escavado	51
2.4.1.1.5	Redução	53
2.4.2	Superestrutura ferroviária	54
2.4.2.1	Lastro	54
2.4.2.2	Sublastro	55
2.4.2.3	Dormentes	56
2.4.2.4	Trilhos	57
2.4.3	Obras de arte especiais	59
2.4.3.1	Pontes e viadutos	59
2.5	Impactos de projetos ferroviários	60
3	MÉTODO	67
3.1	Etapa 1. Condições de contorno da via a ser implementada	69
3.1.1	Condições de contorno básicas	69
3.1.2	Geometria horizontal e vertical do traçado	69
3.1.3	Seção transversal da via	70
3.2	Etapa 2. Critérios para a geração do traçado preliminar	70
3.3	Etapa 3. Reconhecimento ou anteprojeto	71
3.4	Etapa 4. Caracterização das alternativas de projeto básico dos cenários.....	74
3.4.1	Caracterização planimétrica	74
3.4.2	Caracterização altimétrica	82
3.4.3	Verificação dos limites para os parâmetros geométricos	85
3.4.4	Cálculo de terraplenagem	85
3.5	Etapa 5. Obras de arte especiais	89
3.6	Etapa 6. Desapropriações	98
3.7	Modelo genérico de custos	99
3.7.1	Estimativa dos custos da superestrutura ferroviária.....	99

3.7.2	Estimativa dos custos da infraestrutura ferroviária	100
4	APLICAÇÃO DO MÉTODO	105
4.1	Cenário 1 – Recuperação e modernização da via existente	110
4.2	Cenário 2 – Proposta de uma nova via	120
5	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	127
5.1	Traçado preliminar e caracterização das alternativas	127
5.2	Custos	129
5.3	Inferências do ponto de vista técnico e ambiental	138
6	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	141
6.1	Conclusões.....	141
6.2	Sugestões para trabalhos futuros	142
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	145
	BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR	151
	APÊNDICE A: MODELO DA VIA PERMANENTE	153
	APÊNDICE B: ARQUIVO TEÓRICO CONTO RNO TRÊS FRONTEIRAS – CENÁRIO 1.....	161
	APÊNDICE C: CUSTOS UNITÁRIOS DE TERRENOS	183
	ANEXO A: MODELOS DE SEÇÕES TRANSVERSAIS PARA VIAS FÉRREAS	187

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Produção ferroviária brasileira	26
Figura 1.2 – Índice de acidentes nas ferrovias brasileiras.....	26
Figura 1.3 - Resultados do volume transportado pelas concessionárias ferroviárias.	27
Figura 2.1 – Investimentos nas malhas concedidas à iniciativa privada.	37
Figura 2.2– Área de Influência da antiga Ferroban.....	39
Figura 2.3 – Distribuição da cobertura e número de passagens do <i>SRTM</i>	45
Figura 2.4 – Divisão da superfície terrestre definida no projeto <i>SRTM</i>	46
Figura 2.5 – Via permanente ferroviária.	48
Figura 2.6 – Perfil do trilho tipo Vignole.	58
Figura 2.7 – Divisão estrutural de uma ponte	59
Figura 3.1 – Etapas metodológicas	68
Figura 3.2 – Componentes da seção transversal da via	70
Figura 3.3 Análise simultânea do perfil topográfico do terreno e das características do uso e ocupação do solo	73
Figura 3.4 – Vista geral do traçado preliminar no <i>software Google Earth</i>	75
Figura 3.5 – Exportação do arquivo para uma plataforma <i>CAD</i>	75
Figura 3.6 – Vista Geral do traçado preliminar no <i>AutoCAD</i>	76
Figura 3.7 – Discretização da via – estilo dos pontos	77
Figura 3.8 – Discretização da via – inserção de pontos igualmente espaçados.....	77
Figura 3.9 – Opção: formatar camada	78
Figura 3.10 – Propriedades da camada.....	78
Figura 3.11 – Desativação da camada de linhas	79
Figura 3.12 – Ativação da camada de pontos	79
Figura 3.13 – Arquivo de texto	80
Figura 3.14 – Arquivo de via carregado no <i>AutoCad</i>	80

Figura 3.15 – Arquivo teórico da via	81
Figura 3.16– Interface para a entrada de coordenadas da área de interesse.....	83
Figura 3.17 – Detalhamento de uma quadrícula definida no projeto SRTM	84
Figura 3.18 – Divisão das seções - tipo	86
Figura 3.19 - Seção em corte	87
Figura 3.20 – Seção em aterro.....	87
Figura 3.21 – Seção mista	88
Figura 3.22 – Resultado do cálculo das áreas e volumes	89
Figura 3.23 – Inspeção visual de cruzamentos em nível	91
Figura 3.24 - Cruzamento 1 - SP 320.....	92
Figura 3.25 - Cruzamento 2 - SP 557.....	92
Figura 3.26 - Cruzamento 3 – estrada municipal.....	93
Figura 3.27 - Cruzamento 4 – SP 561	93
Figura 3.28 - Cruzamento 5 – SP 463.....	94
Figura 3.29 – Cruzamento 6 – SP 320.....	94
Figura 3.30 – Seção-Tipo transversal para pista simples com duplo sentido de tráfego.....	95
Figura 3.31 - Seção-Tipo transversal para pista dupla com duas faixas de tráfego por sentido	96
Figura 3.32 – Aduela de concreto	97
Figura 3.33 – Inspeção visual de fundos de vales	97
Figura 3.34 – Visualização em perspectiva	98
Figura 3.35 – Exemplo de terreno em perímetro urbano	102
Figura 3.36 – Exemplo de terreno rural.....	103
Figura 3.37 – Exemplo de terreno intermediário	103
Figura 4.1 – Trecho ferroviário de aplicação do modelo.	105
Figura 4.2 – Contorno proposto para o município de Três Fronteiras	110
Figura 4.3 – Contorno proposto para os municípios de Urânia e Jales.....	110
Figura 4.4 – Contorno proposto para o município de Votuporanga.....	111

Figura 4.5 – Contorno proposto para os municípios de Mirassol e São José do Rio Preto .	111
Figura 4.6 – Vista Geral do traçado preliminar proposto – Cenário 1.....	112
Figura 4.7 – Vista Geral do traçado preliminar proposto – Cenário 2.....	120
Figura 5.1 – Traçados preliminares.....	128
Figura 5.2 - Histograma das estimativas de custos por cenários	130
Figura 5.3 – Percentuais em relação ao custo total da ferrovia.....	132

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Características das malhas ferroviárias desestatizadas.....	37
Tabela 2.2 - Características técnicas da Malha Norte da ALL	40
Tabela 2.3 - Resumo do desempenho do SRTM.....	46
Tabela 2.4 – Porcentagens das comparações das RN's para o Brasil.....	47
Tabela 3.1 – Características da aduela	101
Tabela 4.1 – Condições de contorno básicas.....	107
Tabela 4.2 – Geometria horizontal e vertical do traçado	107
Tabela 4.3 – Seção transversal da via.....	108
Tabela 4.4 – Características dos cruzamentos em nível identificados para o Cenário 1	113
Tabela 4.5 – Características das áreas de desapropriação necessárias para o Cenário 1	114
Tabela 4.6 – Custo médio de terrenos.....	115
Tabela 4.7 – Estimativa de custos – Recuperação e modernização da via existente	116
Tabela 4.8 - Características dos cruzamentos em nível identificados para o Cenário 2	121
Tabela 4.9 – Estimativa de custos – Proposta de via.....	123
Tabela 5.1 - Estimativas dos volumes totais (m ³) de corte e aterro – Cenário 1	129
Tabela 5.2 – Estimativas dos volumes totais (m ³) de corte e aterro – Cenário 2	129
Tabela 5.3 – Estimativas dos custos totais para os cenários.....	130
Tabela 5.4 – Custo de transporte de material de 1/2 categoria.....	133
Tabela 5.5 – Volumes de movimentação de solo no contorno de Três Fronteiras.....	134
Tabela 5.6 – Custos de transporte no contorno de Três Fronteiras.....	134
Tabela 5.7 – Volumes de movimentação de solo no contorno de Urânia e Jales	134
Tabela 5.8 – Custos de transporte no contorno de Urânia e Jales	135
Tabela 5.9 – Volumes de movimentação de solo no contorno de Votuporanga.....	135
Tabela 5.10 – Custos de transporte no contorno de Votuporanga.....	135
Tabela 5.11 – Volumes de movimentação de solo no contorno de Mirassol e São José do Rio Preto	136

Tabela 5.12 – Custos de transporte no contorno de Mirassol e São José do Rio Preto.....	136
Tabela 5.13 – Volumes de movimentação de solo da via proposta	136
Tabela 5.14 – Custos de transporte da via proposta	137
Tabela 5.15 – Custo total de implantação dos cenários (R\$).....	137
Tabela 5.16 – Acréscimo no custo total dos cenários em função das distâncias de empréstimo e bota-fora.....	137

LISTA DE SIGLAS

<i>ALL</i>	América Latina Logística S.A.
<i>ANTF</i>	Associação Nacional dos Transportadores Ferroviários
<i>ANTT</i>	Agência Nacional de Transportes Terrestres
<i>AREA</i>	<i>American Railway Engineering Association</i>
<i>AREMA</i>	<i>American Railway Engineering and Maintenance-of-Way Association</i>
<i>CNT</i>	Confederação Nacional do Transporte
<i>CONAMA</i>	Conselho Nacional do Meio Ambiente
<i>CP</i>	Companhia Paulista de Estradas de Ferro
<i>DER</i>	Departamento de Estradas de Rodagem
<i>DNIT</i>	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
<i>EESC</i>	Escola de Engenharia de São Carlos
<i>FEPASA</i>	Ferrovias Paulista S.A.
<i>FERROBAN</i>	Ferrovias Bandeirantes S.A.
<i>FERRONORTE</i>	Ferrovias Norte Brasil S.A.
<i>MDE</i>	Modelo Digital de Elevação
<i>MDT</i>	Modelo Digital do Terreno
<i>NASA</i>	<i>National Aeronautics and Space Administration</i>
<i>OAE</i>	Obra de Arte Especial
<i>PND</i>	Programa Nacional de Desestatização

<i>RFFSA</i>	Rede Ferroviária Federal S.A.
<i>SRTM</i>	<i>Shuttle Radar Topography Mission</i>
<i>USP</i>	Universidade de São Paulo
<i>TU</i>	Toneladas úteis
<i>TKU</i>	Toneladas por quilômetros úteis
<i>UTM</i>	<i>Universal Transverse Mercator</i>

Capítulo 1

INTRODUÇÃO

O transporte ferroviário brasileiro desde o processo de concessão das malhas federais à iniciativa privada vive um momento importante, com os volumes transportados pelas ferrovias crescendo a cada ano, proporcionando economias significativas no transporte de cargas do país, de maneira que este modo vem reconquistando seu espaço e importância na matriz de transportes e no cenário nacional.

Segundo a CNT (2009) desde o período de privatizações, as empresas concessionárias vêm realizando investimentos no setor, que ocorreram em três fases distintas: na primeira fase, entre 1996 e 1999 o foco foi a recuperação da malha férrea e do material rodante existente, na segunda fase, iniciada a partir de 2000, os investimentos destinaram-se ao aumento da capacidade e à melhoria dos serviços de logística, através da ampliação dos pátios de manobra, aumento da capacidade de suporte da via permanente, construção de terminais de integração rodo-ferroviária e aquisição de material rodante. Já a terceira e atual fase, refere-se à expansão da malha.

A análise de indicadores como produção ferroviária (Figura 1.1) e número de acidentes (Figura 1.2), por exemplo, indicam melhorias no desempenho econômico – operacional dos sistemas no período pós concessão.

Além disso, no período de 1997 e 2008 houve um aumento de 81,5% no volume de cargas transportadas na rede ferroviária brasileira, com projeção de atingirem volumes ainda maiores nos próximos anos, conforme ilustrado na Figura 1.3.

Figura 1.1 – Produção ferroviária brasileira (bilhões de TKU). (Fonte: CNT, 2009)

Figura 1.2 – Índice de acidentes nas ferrovias brasileiras (x 10³ trens.km). (Fonte: CNT, 2009)

Figura 1.3 - Resultados do volume (milhões de TU) transportado pelas concessionárias ferroviárias. (Fonte: CNT, 2009)

Entretanto, essa intensificação do tráfego na malha ferroviária resultou no aumento do desgaste da via permanente que, aliado às restrições geométricas, exige a imposição de limites operacionais de velocidades, comprometendo significativamente a capacidade de processamento dos trens e não permitindo maiores expansões na movimentação das cargas (ISLER, 2010).

Segundo a CNT (2009):

[...] O problema está diretamente associado aos traçados e construções antigos, com características técnicas restritas e pontos crônicos de estrangulamento denominados gargalos de infra-estrutura, principalmente em áreas urbanas, onde ocorrem conflitos do tráfego ferroviário com veículos e pedestres.

Nesse contexto, para possibilitar ganhos na velocidade comercial, hoje abaixo da velocidade de projeto, seriam necessárias obras de contornos, desvios e variantes das áreas urbanas, troca do material da superestrutura da via permanente, duplicação da via férrea, etc.

Para Vianna (2007) o cenário atual relacionado ao transporte de cargas exige a implantação de novos trechos e ligações estratégicas, com vistas à expansão da infraestrutura.

Isto posto e diante das perspectivas de investimentos e crescimento do setor, levantou-se a hipótese de que a construção de uma nova via possa ser mais atraente do ponto de vista econômico, técnico e ambiental, quando comparada à recuperação e modernização de uma via existente.

Essa hipótese se justifica pela percepção de que a recuperação da superestrutura e expansão da capacidade de processamento nos ramais com traçado antigo seja mais onerosa, pois exige não só a duplicação e a retificação de diversos trechos críticos, como também muitas obras de contorno das áreas urbanas em áreas de elevada valorização de terras. Em contrapartida, a construção de uma nova via com padrões geométricos superiores privilegiaria a passagem por áreas afastadas dos centros urbanos da região.

Como passo inicial desse processo de investigação, propõe-se um método expedito de análise prévia da viabilidade de implantação de novos traçados de ferrovias para o transporte de cargas.

Pretende-se caracterizar de forma específica um trecho da malha ferroviária que atravessa o Estado de São Paulo, principal corredor de exportação do país e responsável por grande volume de produtos movimentados em direção ao porto.

Trata-se da malha paulista, sob concessão da empresa América Latina Logística S.A. (ALL) que, à semelhança da maior parte das ferrovias brasileiras, passa dentro ou às margens de um grande número de aglomerações urbanas, onde ocorrem conflitos do tráfego ferroviário com veículos e pedestres, invasões de faixas de domínio e a quantidade excessiva de passagens de nível, muitas inadequadas, obrigando os trens a circularem com velocidades baixas, o que implica num

desgaste maior das locomotivas e estimula o roubo de cargas, além do número potencial de acidentes e os custos operacionais associados.

Outro fator é que atualmente essa malha se conecta com a malha norte da ALL (antiga Ferronorte), considerada a mais moderna das ferrovias brasileiras e umas das mais modernas do mundo (SCHOPPA, 2004).

Construída a partir de tecnologia avançada, essa via se utiliza de bitola larga, dormentes de concreto (mais duráveis e ecologicamente corretos), com fixação elástica, trilhos longos, curvas abertas (raio mínimo de 650 m ante os 72,3 m da malha paulista), inclinação suave (rampa máxima de 1% compensada contra os 3,8% da paulista) e velocidade operacional de 80 km por hora (trem carregado) – características estas que permitem que os trens pesados circulem com bastante segurança no trecho (COELI, 2004).

Porém, a maior parte do percurso para que os trens cheguem ao Porto de Santos é realizada nos trilhos da extinta Ferroban que, segundo dados da ANTT (2009) no ano de 2008, apresentou velocidade média de percurso na via de aproximadamente 35 km/h.

Diante disso, fica claro que medidas devam ser tomadas a fim de reduzir os tempos de viagem, proporcionando maior capacidade de transporte de cargas no corredor e aumentando a competitividade do sistema.

1.1 Objetivo

Esta pesquisa tem por objetivo investigar a validade da hipótese de que a construção de uma nova via férrea, com novos e melhores padrões de projeto, maior capacidade no transporte de cargas do corredor e menor impacto ambiental, seja uma alternativa mais atraente quando comparada à recuperação e modernização da via existente.

Como passo inicial desse processo de investigação, propõe-se desenvolver um método expedito de análise prévia da viabilidade de implantação de novos traçados de ferrovias para o transporte de cargas.

1.2 Justificativa e motivação

A partir do panorama exposto acerca da situação atual do transporte ferroviário no Brasil e as perspectivas de aumento da demanda junto aos investimentos que vêm sendo realizados no setor, surgiu a motivação de se estudar a operação ferroviária com o propósito de investigar a viabilidade de implantação de novos traçados ferroviários em substituição aos traçados antigos em alguns corredores de exportação com elevados volume de tráfego.

A análise de novos traçados de ferrovias para o transporte de cargas com uma nova filosofia de implantação da via permanente é um tema que merece ser investigado tendo em vista a importância dessa modalidade para o transporte de cargas somado à influência que o gabarito da via, as áreas de passagem dos trilhos e o estado de conservação dessas vias exercem no desempenho dos trens.

Deste modo, o trabalho justifica-se por contribuir com uma ferramenta de análise de novos traçados de ferrovias através de um método simplificado, permitindo que outros trechos sejam analisados e novas ferrovias e/ou variantes sejam propostas.

Nesse contexto, essa dissertação se insere em uma linha de pesquisa mais ampla desenvolvida pelo Prof. Dr. João Alexandre Widmer, no Departamento de Transportes da Escola de Engenharia de São Carlos, que tem por objetivo investigar estratégias de investimento para o desenvolvimento do transporte de cargas do país.

A motivação para a realização deste trabalho surgiu dos resultados obtidos por Batista (2006), que identificou em seu trabalho os gargalos existentes bem como os parâmetros que restringem a capacidade do sistema no eixo ferroviário: Santa Fé do Sul – Araraquara. Trabalho este complementado por Isler (2010) que estendeu a análise de capacidade a toda a rede da malha paulista da ALL.

1.3 Estrutura do trabalho

Este trabalho está organizado em seis capítulos, sendo o primeiro esta introdução, na qual é apresentado um breve panorama sobre o aumento da participação da modalidade ferroviária no transporte de cargas do Brasil seguido dos objetivos da pesquisa e sua justificativa.

No Capítulo 2 é apresentada a revisão da literatura que abrange desde a metodologia de projeto de estradas até os impactos que podem ocorrer com a implantação da infraestrutura.

No Capítulo 3 é apresentado o método proposto e no Capítulo 4 se descreve um exemplo da aplicação do método à um trecho de uma rede ferroviária existente.

No Capítulo 5 se apresenta uma análise dos resultados do exemplo de aplicação e os resultados obtidos através do modelo de custo generalizado para os dois cenários investigados no exemplo de aplicação.

No Capítulo 6 se apresentam as conclusões dessa pesquisa.

Capítulo 2

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Transporte ferroviário no Brasil

O primeiro estímulo à implantação de ferrovias remonta ao ano de 1835 quando o Governo Imperial, através da Lei n.º 101, de 31 de outubro de 1835, constituiu a concessão, com privilégio pelo prazo de 40 anos, às empresas que tivessem interesse em construir a estrada de ferro interligando Rio de Janeiro, São Paulo, Minas Gerais, Rio Grande do Sul e Bahia (SCHOPPA, 2004).

No entanto, as perspectivas de lucro não foram suficientes para atrair investimentos e, em razão disso em 26 de junho de 1852, o Governo sancionou o decreto n.º 641, que ficou conhecido como a “Lei da Garantia de Juros”. O decreto oferecia isenções e garantia de juros sobre o capital investido às empresas nacionais ou estrangeiras que se interessassem em construir e explorar estradas de ferro em qualquer parte do país (SCHOPPA, 2004).

Entre os interessados estava Irineu Evangelista de Souza – Barão de Mauá, que recebeu a concessão do Governo Imperial para a construção e exploração da primeira estrada de ferro do país, ligando Porto de Estrela, na Baía de Guanabara, à localidade de Raiz da Serra, em direção à cidade de Petrópolis, no Rio de Janeiro, a qual recebeu posteriormente a denominação de Estrada de Ferro Mauá.

Em 30 de abril de 1854, foi inaugurado os primeiros 14,5 quilômetros da primeira estrada de ferro brasileira, propiciando a integração modal entre os transportes hidroviário e ferroviário. A estrada apresentou uma importante contribuição, pois até a chegada das ferrovias no país, o transporte terrestre de mercadorias era feito no lombo dos burros em estradas carroçáveis, além de motivar a construção de novos trechos de ferrovias (SCHOPPA, 2004).

As exportações foram o principal determinante da expansão das ferrovias brasileiras. Gradativamente foram surgindo ferrovias com o objetivo de transportar para os portos a produção agrícola e os minerais extraídos.

Coeli (2004) comenta que essa característica de implantação das ferrovias brasileiras foi determinante para a definição dos traçados das linhas férreas que inicialmente apresentavam apenas o sentido perpendicular ao litoral. Não havia nenhuma preocupação com a integração dos mercados internos, pois as regiões eram relativamente autônomas no que diz respeito às mercadorias produzidas, e por isso as ferrovias eram isoladas.

Para Branco (2007), as lacunas deixadas pelo traçado pouco integrado da rede ferroviária brasileira, se tornaram ainda maiores aliadas aos diferentes tipos de bitolas adotados ao longo das ferrovias. Não havia uma padronização de bitolas, o que resultou em estradas férreas descontínuas.

Até 1930 o modal ferroviário exibiu taxas de crescimento de produção de transportes relativamente elevadas. Porém o sistema ferroviário começou a andar em descompasso com o intenso processo de industrialização da economia nacional a partir daquele ano, com parte da carga transportada pelos trens sendo transferida para o modo rodoviário, que passou a ocupar o papel principal nas políticas públicas de transporte de cargas, além dos baixos investimentos no setor, que passaram a ser inibidos por envolverem grandes aportes financeiros e projetos de longo tempo de maturação (BRANCO, 2007).

No final da década de 1930, o Governo Vargas iniciou um processo de saneamento e reorganização das estradas de ferro e promoção de investimentos pela encampação de empresas estrangeiras, nacionais, e até mesmo as estaduais que se encontravam em má situação financeira. Criou-se a Inspetoria Federal de Estradas (IFE) para administrar as ferrovias da União, com o objetivo de melhorar as operações, reorganizar a administração e recuperar linhas.

Em 1941 esta inspetoria foi extinta e deu origem, posteriormente, ao Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER) destinado a administrar rodovias e o Departamento Nacional de Estradas de Ferro (DNEF) para administrar as ferrovias, extinto em 1974 (SCHOPPA, 2004).

O monopólio do trem, na movimentação das pessoas e da riqueza nacional, começou a ser seriamente ameaçado a partir de 1945, quando foi instituído o Fundo

Rodoviário Nacional, a criação da Petrobrás em 1952, e a instalação da indústria automobilística, a partir de 1957 (SCHOPPA, 2004).

Com isso, a União e os estados passaram a dar total prioridade ao setor rodoviário como forma de integrar as diversas regiões do país. Segundo Schoppa (2004), a prioridade à rodovia teve como precursor o Presidente Washington Luiz, ao pronunciar “Governar é construir estradas”, baseado num documento mal redigido que falava de estradas de ferro e de rodagem de uma forma confusa e com isso a palavra estrada passou a ser exclusivamente rodovia.

No início da década de 1950 o Governo Federal com base em estudos, decidiu pela unificação administrativa das 18 estradas de ferro pertencentes à União, que na época totalizavam 37.000 km de linhas espalhas pelo país. O objetivo principal era promover e gerir os interesses da União no setor de transportes ferroviários, com a finalidade de administrar, explorar, conservar, reequipar, ampliar e melhorar o tráfego das estradas de ferro da União a ela incorporadas, cujos trilhos atravessavam o país, servindo as regiões Nordeste, Sudeste, Centro-Oeste e Sul. Em 16 de março de 1957 foi criada a sociedade anônima Rede Ferroviária Federal S.A. (DNIT, 2009).

Em novembro de 1971, o Governo do Estado de São Paulo unificou a administração das cinco ferrovias que se encontravam sob seu controle: Companhia Paulista de Estradas de Ferro, Estrada de Ferro Sorocabana, Estrada de Ferro Araraquara, Companhia Mogiana de Estrada de Ferro e Estrada de Ferro São Paulo – Minas, e, em decorrência dessa junção foi criada a Ferrovia Paulista S.A. (FEPASA) (DNIT, 2009).

De acordo com Coeli (2004) em 1973 a crise do petróleo provocou uma série de questionamentos em relação à matriz de transportes. Porém, o Governo Federal praticava uma política expansionista, que visava o aumento das exportações, e a ferrovia passou a ser vista como uma alternativa fundamental, ganhando novo fôlego.

Porém, a estagnação econômica e as dificuldades fiscais e financeiras enfrentadas pelo Estado na década de 80 marcou o fim dessa política. O

investimento em infra-estrutura deixou de ser prioridade provocando uma grande degradação na malha ferroviária brasileira (COELI, 2004).

Segundo Brasileiro et al. apud Branco (2007), a rede ferroviária nacional foi bastante castigada nesse período, como consequência de um cenário econômico pouco propício para investimentos e, também, em função da elevada inflação que recorrentemente defasava os valores das tarifas ferroviárias.

De 1980 a 1992, os sistemas ferroviários pertencentes à RFFSA e à FEPASA, foram afetados de forma dramática, quando os investimentos reduziram-se substancialmente. Em 1989, os investimentos atingiram apenas 19% do total investido em 1980, sendo que 40% da verba foram alocados para a construção da Estrada de Ferro do Aço, pouco restando para os demais projetos (DNIT, 2009).

Tanto as ferrovias pertencentes a RFFSA como a FEPASA passaram por um processo de acelerada deteriorização em função da escassez de recursos em operação e manutenção, o que ocasionou expressiva perda de mercado para o modal rodoviário.

Branco (2007) destaca o fato das ferrovias brasileiras chegarem à década de 90 apresentando ainda uma malha de pequena extensão (cerca de 29.000 km), com diferentes tipos de bitola e manutenção inadequada, além do fato de que as estradas de ferro mantinham os mesmos traçados estabelecidos até 1940.

Em busca de eficiência no transporte ferroviário, a RFFSA, foi incluída em 1992 no Programa Nacional de Desestatização (PND), por meio do decreto n.º 473. Sua malha foi subdividida em 6 malhas regionais, sendo arrendadas através de um leilão. A FEPASA também foi incluída nesse programa, constituindo-se em uma única malha. Tal processo foi concluído em 1998, conforme é apresentado na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 - Características das malhas ferroviárias desestatizadas

Malhas Regionais	Data do Leilão	Concessionária	Início da operação	Extensão (Km)	Bitola (m)	Estados
Oeste	05.03.1996	Ferrovia Novoeste S.A.	01.07.1996	1.621	1,0	SP, MS
Centro – Leste	14.06.1996	Ferrovia Centro Atlântica S.A.	01.09.1996	7.080	1,0	SE, BA, MG, GO, ES, RJ
Sudeste	20.09.1996	MRS Logística S.A.	01.12.1996	1.674	1,6	MG, RJ, SP
Tereza Cristina	22.11.1996	Ferrovia Tereza Cristina S.A.	01.02.1997	164	1,0	SC
Nordeste	18.07.1997	Cia Ferroviária do Nordeste	01.01.1998	4.534		MA, RN, PB, PE, AL, SE
Sul	13.12.1998	Ferrovia Sul Atlântico S.A.*	01.03.1997	6.586	1,0	PR, SC, RS
Paulista	10.11.1998	Ferrovias Bandeirantes S.A.	01.01.1999	4.236		SP, MG
Total				25.895		

* Atualmente ALL – América Latina Logística S.A.

Fonte: DNIT (2009).

A privatização foi a forma usada para reverter o processo de deteriorização em função da escassez de recursos e modernizar as principais ferrovias brasileiras. A Figura 2.1 mostra o aumento significativo nos investimentos proporcionados pela entrada de capital privado nas ferrovias.

Figura 2.1 – Investimentos nas malhas concedidas à iniciativa privada. (Fonte: CNT, 2009)

Segundo dados da CNT (2009), de 1997 a 2008, o volume de carga transportada pela ferrovia cresceu 81,5%, saltando de 253 para 460 milhões de toneladas úteis (TU).

Atualmente o sistema ferroviário brasileiro totaliza 29.706 quilômetros, concentrando-se nas regiões Sul, Sudeste e Nordeste, atendendo parte do Centro Oeste e Norte do país, sendo destinados aproximadamente 28.840 quilômetros das malhas para as empresas concessionárias, com o objetivo de recuperação da malha e o desenvolvimento do transporte ferroviário (CNT, 2009).

2.2 América Latina Logística – Malha Paulista S.A.

A história da Malha Paulista remonta a 1870 com a fundação da Companhia Paulista de Estradas de Ferro (CP) que por volta de 1970 foi incorporada pela FEPASA, criada pelo Governo de São Paulo com o objetivo de integrar as ferrovias estaduais, que até então operavam de forma isolada.

Em 1º de janeiro de 1999, a Ferrovias Bandeirantes S.A. (FERROBAN), assumiu o controle das operações da malha paulista da RFFSA, antiga FEPASA por período de 30 anos. Em 2002 a Ferrobán foi fundida com a Ferronorte e a Novoeste, formando o Grupo Brasil Ferrovias, que em maio de 2006 passou a fazer parte do grupo América Latina Logística (SCHOPPA, 2004).

A malha (Figura 2.2) interliga a Baixada Santista/ Porto de Santos e as cidades de Santa Fé do Sul, Panorama e Colômbia, com uma rede de 2.916 km de comprimento total, que possibilita o escoamento da produção dos estados de Mato Grosso do Sul, Mato Grosso e São Paulo. Possui, no que diz respeito aos portos, interconexões com o Porto de Santos, com os portos fluviais de Pederneiras, Panorama e Presidente Epitáfio e pelo sistema da MRS Logística S.A., com os portos de Sepetiba e Rio de Janeiro. Pelo trecho são transportados: produtos agrícolas, soja e farelo de soja, adubos e fertilizantes, carvão e coque, escórias, combustíveis, e carga geral (BATISTA, 2006).

Figura 2.2– Área de Influência da antiga Ferrobán

2.2.1 América Latina Logística - Malha Norte S.A.

A história da Malha Norte, antes denominada Ferronorte, teve início em 1901, quando o Engenheiro Euclides da Cunha previu a necessidade de interligar o Centro-Oeste ao Sudeste do País. Em dezembro de 1987 foram iniciados os estudos de viabilidade do projeto, e em 15 de abril de 1988 foram encaminhados os resultados ao Governo Federal. Em 22 de setembro do mesmo ano, foi constituída a empresa Ferronorte S.A. – Ferrovias Norte Brasil, tendo à frente o empresário agrícola Olacyr de Moraes, fundador do grupo Itamarati (ANTF, 2009).

A concessão foi outorgada em 1989 à então Ferrovia Norte do Brasil, e as obras tiveram início em 1992, que segundo Schoppa (2004) foi processada de forma bastante lenta, sofrendo diversos atrasos, como também as obras da ponte rodod-ferroviária sobre o rio Paraná cujas obras se prolongaram por anos devido à falta de recursos, de modo que somente em 29 de maio de 1998 foram inaugurados a ponte rodod-ferroviária e os primeiros 110 quilômetros da ferrovia, entre Aparecida do Taboado e Inocência, no Mato Grosso do Sul.

Daí pra frente, a construção da Ferronorte, cujas características técnicas são descritas na Tabela 2.2, prosseguiu por etapas, penetrando no Estado de Mato Grosso por Alto Taquari e alcançando Alto Araguaia (ANTF, 2009).

Tabela 2.2 - Características técnicas da Malha Norte da ALL

Características técnicas	Dados
Bitola (m)	1,60
Rampa Compensada Máxima (%)	1,0
Raio mínimo de Curva (m)	650

Em 2002, a Ferronorte foi incorporada ao grupo Brasil Ferrovias S.A. e atualmente encontra-se em construção o trecho em direção à Rondonópolis e Cuiabá, com o objetivo de alcançar futuramente Santarém, no Pará, e Porto Velho, em Rondônia (ANTF, 2009).

2.3 Estudo dos traçados e projeto geométrico de vias terrestres

O projeto geométrico de uma via terrestre, seja uma rodovia ou uma ferrovia, conforme descrito em Pimenta e Oliveira (2004) para rodovias ou no *Manual for Railway Engineering and Maintenance* (AREMA, 2009) para ferrovias, é composto por um conjunto de levantamentos, estudos, cálculos e uma série de outros elementos que visam garantir a viabilidade técnica, econômica e social do produto final.

Uma das fases preliminares que antecede os trabalhos de execução do projeto geométrico propriamente dito, é caracterizada pelos estudos de traçado, que tem como objetivo principal a delimitação dos locais convenientes para a passagem de uma via, a partir da obtenção de informações básicas a respeito do relevo da região e a caracterização geométrica desses locais de maneira a permitir o desenvolvimento do projeto pretendido.

A elaboração do projeto de uma via é composta em síntese de três etapas:

1. Reconhecimento ou anteprojeto
2. Exploração ou projeto básico
3. Projeto definitivo ou projeto executivo

Atualmente, as duas primeiras fases, antes executadas apenas com base em dados de levantamentos topográficos, passaram a adotar produtos de sensoriamento remoto, que são aqueles em que as informações não são capturadas *in loco*, como fotografia aéreas e imagens de satélite, utilizando-se de sistemas imageadores como o laser scanner por exemplo.

2.3.1 Reconhecimento ou anteprojeto

Definidos os objetivos da obra, os pontos extremos e possivelmente os pontos intermediários e demais elementos caracterizadores do projeto, passa-se à execução das operações que permitam o reconhecimento da área territorial de trabalho.

Nessa fase são selecionadas uma ou duas alternativas de traçado a partir de levantamentos aerofotogramétricos ou topográficos de natureza expedita, complementado com informações geológicas e hidrológicas, de relativa precisão, cobrindo duas ou mais faixas de terreno que tenham condições de acomodar a pretendida estrada.

Pimenta e Oliveira (2004) discorrem sobre esses fatores a serem analisados e as formas de reconhecimento:

- **Topografia:** é considerada fator preponderante na escolha da localização da estrada, pois a topografia do local atravessado influencia diretamente o movimento de terra, que representa uma parcela significativa no custo total de construção de uma estrada. A escolha de uma região topograficamente desfavorável pode levar a grandes cortes e aterros até que se obtenha um perfil satisfatório para a estrada. Em outros casos pode ainda ocorrer a necessidade de implantação de

túneis e viadutos, considerados obras civis caras, conseqüentemente elevando os custos de implantação da estrada pretendida.

A topografia da área a ser estudada pode ser obtida através de plantas topográficas com precisão adequada. Para áreas onde existem levantamentos aerofotogramétricos, restituições na escala 1: 10.000 são suficientes para o estudo de anteprojetos. Porém para o projeto básico, são necessárias plantas em escala maior, com uma melhor resolução do terreno.

Áreas que não foram aerofotografadas podem ser levantadas por processos topográficos tradicionais. Segundo Pimenta e Oliveira (2004): “atualmente existem equipamentos e processos avançados que permitem levantamentos de grandes áreas com precisão adequada e custos razoáveis”.

▪ **Condições geológicas e geotécnicas:** referem-se às características do solo por onde passará a estrada, outro fator importante que pode influir diretamente nos custos. A dureza do material que será escavado, por exemplo, pode exigir técnicas especiais de escavação; cortes que atingem o lençol freático geram obras adicionais de drenagem; ou problemas de estabilidade de taludes e aterros, fazendo necessárias obras de contenção desses taludes ou a estabilização dos aterros sobre solos moles, são exemplos de problemas que podem ocorrer em virtude das condições e características do solo, acarretando em custos adicionais, em alguns casos bastante elevados.

A formação geológica e geotécnica da área pode ser inicialmente avaliada com base na interpretação de fotografias aéreas e por meio de mapas geológicos da região. Na opinião dos autores essa avaliação inicial é bastante importante para que, na localização dos traçados possam ser evitadas áreas potencialmente problemáticas.

▪ **Hidrologia:** de forma a minimizar o número de obras civis, como pontes e galerias, o traçado deve ser escolhido de maneira que seja mínimo o número de travessias e córregos, evitando assim obras de retificação desses. Assim como a topografia, a hidrologia da área pode ser obtida por meio de plantas topográficas.

- **Desapropriações:** podem ser consideradas outro fator de influência nos custos, visto que representam parcela significativa no custo total de projeto de uma estrada. Desta forma, deve-se evitar sempre que possível construções, loteamentos, etc., pois a existência de benfeitorias nos locais escolhidos para a estrada aumenta os custos das desapropriações.

- **Interferências no ecossistema:** a construção de uma estrada muitas vezes exige a derrubada da vegetação, causando danos ao ecossistema local. Além disso, devido suas dimensões incomuns (uma grande extensão com uma pequena largura), uma estrada torna-se um agente agressivo ao meio ambiente, além de dividir a região por onde passa em duas áreas isoladas entre si. Em regiões onde a preservação do meio ambiente é relevante, Pimenta e Oliveira (2004) destacam que deve-se procurar traçados alternativos, que evitem o problema.

Os autores ainda destacam a necessidade e importância de um levantamento sobre a existência de projetos de concessionárias de serviços públicos ou de projetos particulares, que possam no futuro interferir na estrada, bem como o conhecimento dos aspectos sociais e econômicos da região, sua produção agrícola e industrial e especialmente suas necessidades de transporte que também são fatores que devem ser analisados na escolha de um ou mais anteprojetos, de maneira que sempre que possível o traçado seja localizado de forma a atender melhor às necessidades da região.

2.3.2 Exploração ou projeto básico

A etapa de exploração fundamenta-se em um levantamento topográfico planialtimétrico mais detalhado da faixa de terreno onde será projetado o eixo da futura estrada, tendo como base a linha poligonal escolhida na fase de “reconhecimento”. Os objetivos desta etapa são: melhorar o traçado até então proposto através dos resultados obtidos nos levantamentos e fazer a representação gráfica do relevo do terreno da faixa de exploração.

Antigamente, para traçar o perfil topográfico era necessário dispor de uma carta topográfica contendo as curvas de nível devidamente referenciadas ao nível

médio dos mares. Atualmente, o advento de novas tecnologias de informação, permite um roteiro alternativo utilizando rastreio de dados GPS ou por imagens de sensores a bordo de veículos espaciais que mapeiam a superfície da terra gerando dados tridimensionais, como o *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM).

Em posse das informações topográficas da faixa do terreno é projetada a diretriz da estrada e avaliados os prováveis custos da mesma.

2.3.2.1 Modelo digital de elevação - SRTM

O Projeto SRTM refere-se ao levantamento topográfico internacional, comandado em conjunto pela NASA (*National Aeronautics and Space Administration*), NGA (*National Geospatial-Intelligence Agency*), DLR (*Deutsches Zentrum Fur Luft und Raumfahrt*) e ASI (*Agenzia Spaziale Italiana*), agências espaciais Alemã e Italiana respectivamente.

A missão teve como objetivo realizar o levantamento sobre os dados de elevação em escala global visando gerar um Modelo Digital de Elevação (MDE) da Terra usando a interferometria, através de um radar de abertura sintética (SAR) a bordo do ônibus espacial *Endeavour*, o qual sobrevoou a atmosfera do planeta durante 11 dias do ano de 2000, no período de 11 a 22 de fevereiro desse ano, durante o qual foram percorridas 16 órbitas por dia, num total de 176 órbitas.

Segundo Farr et. al. (2007), o sobrevôo foi concluído com a coleta de 12 terabytes (TB) de dados que permitiram, através do processamento desses, a formação de um MDE tri-dimensional da terra, elaborado continente por continente, iniciado com a América do Norte. De acordo com Valeriano (2004) à conclusão de cada continente, segue-se o envio dos dados ao NIMA (*National Imagery and Mapping Agency*), onde estes são editados, verificados e ajustados aos padrões norte-americanos de exatidão de mapas (*National Map Accuracy Standards*). Estes mapas são então devolvidos à NASA para distribuição pública através da USGS (*United States Geological Survey*).

A cobertura foi feita em 80% da área terrestre do planeta, entre as latitudes 60°N e 56°S, onde foram realizadas de uma a quatro passagens nessas áreas, apresentadas na Figura 2.3, onde as cores indicam o número de vezes que a área foi imageada pelo SRTM.

Figura 2.3 – Distribuição da cobertura e número de passagens do SRTM. (Adaptado de JLP – <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>).

A técnica de interferometria usada no projeto SRTM compara duas imagens de radar tomadas de pontos ligeiramente diferentes para obter elevação ou informação de mudanças na superfície.

O projeto SRTM representou a primeira experiência de interferometria a bordo de uma nave espacial e, como resultado da missão, têm-se um conjunto de imagens com pontos de altitudes conhecidas, dispostos em uma grade horizontal e com espaçamento uniforme.

Conforme pode ser visto na Figura 2.4, a superfície terrestre foi dividida em 72 fusos com 5 graus de longitude e 24 fusos com 5 graus de latitude, possibilitando que seja selecionada a quadrícula que contém a localidade cuja altitude se deseja conhecer (CGIAR-CSI, 2010).

Figura 2.4 – Divisão da superfície terrestre definida no projeto *SRTM*.

Fonte: www2.jpl.nasa.gov/srtm

De acordo com Farr et. al. (2007,) foram gerados MDE sob resolução de 30 metros (a rigor em coordenadas geográficas, como 1 segundo de arco, ou 1", ou ainda 0,000277°) para os Estados Unidos e 90 metros (3 segundos de arco, ou 3" ou 0,000833°) para o resto do mundo. O datum e o elipsóide são referenciados ao sistema *World Geodetic System 84* (WGS84).

Farr et. al. (2007) apresentam o desenvolvimento matemático para o tratamento dos erros horizontais e verticais decorrentes das imprecisões associadas ao levantamento de campo feito pela NASA. Esses erros são apresentados na Tabela 2.3.

Tabela 2.3 - Resumo do desempenho do SRTM

	África	Austrália	Europa/Ásia	Ilhas	América do Norte	América do Sul
Erro de posição geográfica (m)	11.9	7.2	8.8	9.0	12.6	9.0
Erro absoluto de altitude (m)	5.6	6.0	6.2	8.0	9.0	6.2
Erro relativo de altitude (m)	9.8	4.7	8.7	6.2	7.0	5.5
Erro de altitude de ondas de grande comprimento (m)	3.1	6.0	2.6	3.7	4.0	4.9

Fonte: Farr et al. (2007), pág 37 – adaptado

De acordo com Farr et al. (2007), o modelo digital interferométrico foi especificado para atender uma exatidão absoluta de $\pm 16\text{m}$ em 90% dos dados. No levantamento de campo da NASA foi apontado um erro absoluto de 6,2 m em 90% dos dados para a América do Sul.

No entanto, em um estudo onde foram comparados diversos modelos digitais de elevação existentes, realizado por Matos (2005), foi apontado erro máximo de 10 metros para 70% dos valores interpolados no território brasileiro através do modelo digital obtido com o SRTM (Tabela 2.4).

Tabela 2.4 – Porcentagens das comparações das RN's para o Brasil

Modelos	N. de pontos comparados	$ \Delta \leq 10$ (%)	$10 < \Delta \leq 20$ (%)	$20 < \Delta \leq 30$ (%)	$30 < \Delta \leq 40$ (%)	$40 < \Delta \leq 50$ (%)	$ \Delta > 50$ (%)
SRTM -3	61.860	70,57	14,94	5,72	2,95	1,74	4,08
SAM_30S	62.030	60,21	19,33	8,11	4,26	2,46	5,62
SAM_1mv1	62.030	50,14	22,03	10,45	5,86	3,40	8,13
SAM_1mv2	62.030	46,05	22,02	11,52	6,77	3,98	9,67
DTM2002	62.030	20,90	15,99	11,98	9,69	7,51	33,93
GLOBE	60.791	20,42	16,00	12,35	9,48	7,53	34,23
GTOPO30	60.818	17,49	14,75	12,02	9,93	7,82	37,99
ETOPO2	62.030	17,33	14,15	11,78	9,57	7,83	39,35
ETOPO5	62.030	10,65	10,51	9,01	7,95	6,97	54,92

Δ = RN – valor interpolado, em metros

Fonte: Matos (2005), pág 186 - adaptado

2.3.3 Projeto definitivo ou projeto executivo

O projeto geométrico final é o produto do detalhamento e eventuais modificações no projeto escolhido, permitidas através das informações levantadas e das análises das soluções possíveis para os diversos problemas encontrados (PIMENTA; OLIVEIRA, 2004).

Na elaboração do projeto final são escolhidos e calculados todos os elementos necessários para a perfeita definição do traçado, do perfil longitudinal e das seções que mostram o desenvolvimento transversal da estrada.

Em paralelo à elaboração do projeto geométrico são executados projetos de terraplanagem, drenagem, superestrutura, obras civis, paisagismo, sinalização, serviços complementares, etc.

Desta forma, o projeto final é dado pelo conjunto de todos esses projetos parciais, completados por memórias de cálculo, justificativas de soluções adotadas, quantificação de serviço, especificações de materiais, métodos de execução quando necessário e orçamentos (PIMENTA; OLIVEIRA, 2004).

2.4 Infra e superestrutura da via permanente ferroviária

De acordo com Brina (1979), as obras necessárias para a implantação de uma ferrovia dividem-se em basicamente duas categorias: superestrutura e infraestrutura, apresentadas na Figura 2.5 e descritas nos itens subsequentes.

Figura 2.5 – Via permanente ferroviária. (Fonte: DNIT, 2007)

2.4.1 Infraestrutura ferroviária

As atividades de infraestrutura são compostas pelo conjunto de obras de terraplenagem (cortes e aterros) e todas as obras situadas abaixo do greide de terraplenagem, bem como obras de arte (pontes, viadutos, túneis, passagens de nível, etc.

2.4.1.1 Projeto de terraplenagem

O processo de passar um terreno em seu estado natural para uma nova conformação topográfica desejada é conhecido pelo termo terraplanagem, que segundo Pimenta e Oliveira (2004) consiste num conjunto de operações de escavação, cargas, transporte, descarga, compactação e acabamento, precedidos por uma fase, que em geral denomina-se como preparação do terreno, esta composta por operações como desmatamento e limpeza da faixa a ser utilizada e raspagem da vegetação superficial.

Segundo os autores, o custo de terraplanagem frequentemente é significativo em relação ao custo total da estrada, principalmente em terrenos ondulados e montanhosos, o autor ainda cita que os itens que mais pesam no custo de terraplanagem, geralmente são: escavação, medida em m^3 ; transporte, medido em $m^3.km$; e compactação, medida em m^3 de aterro pronto (PIMENTA; OLIVEIRA, 2004).

2.4.1.1.1 Seções transversais

De posse do traçado da estrada e do perfil longitudinal do terreno, são levantadas as seções transversais. Após o projeto de greide, da superelevação e da superlargura, tem-se a definição da plataforma da estrada. Plataforma, terreno e taludes formam o polígono chamado de seção transversal, onde para cada estaca tem-se uma seção transversal cujo conjunto definirá os volumes dos cortes e

aterros. As seções podem ser: seção em corte, seção em aterro e seções mistas (PIMENTA; OLIVEIRA, 2004).

2.4.1.1.2 Cálculo das áreas

De acordo com Pimenta e Oliveira (2004), o cálculo das áreas das seções é o primeiro passo para a obtenção dos volumes.

Para as seções que sejam totalmente em corte ou aterro, simplesmente é feito o cálculo da área do polígono, cujo valor obtido entra no processo de cálculo dos volumes. E, quando a seção é mista, a área de corte e a área de aterro, ou a soma das áreas de corte, e a soma das áreas de aterro, se houver mais de uma, devem ser calculadas separadamente (PIMENTA; OLIVEIRA, 2004).

O cálculo das áreas pode ser feito por qualquer método informatizado e, os autores destacam dois desses, que segundo eles são caracterizados pela praticidade, eficiência e facilidade na programação.

a) *Pela fórmula de Gauss*

$$A = \left| \frac{1}{2} [(x_1y_2 + x_2y_3 + \dots x_ny_1) - (y_1x_2 + y_2x_3 + \dots y_nx_1)] \right|$$

Sendo (x_i, y_i) as coordenadas dos pontos que definem a seção, tomados em sequência sempre em um mesmo sentido ao longo do perímetro.

b) *Pela divisão em figuras geométricas*, onde divide-se a seção em vários trapézios e calcula-se a área de cada um e soma-se. A divisão em trapézios é considerada a mais prática para separar as áreas de corte e de aterro nas seções mistas. Os lados paralelos do trapézio são diferenças de cotas entre o terreno e a plataforma, e a distância entre eles é o espaçamento entre os pontos conhecidos.

2.4.1.1.3 Cálculo dos volumes

Inicialmente calcula-se o volume de cada segmento compreendido entre duas seções consecutivas. Se as duas seções forem de corte, tem-se um volume de corte. Se as duas seções forem de aterro, um volume de aterro. E para o caso de uma seção de corte e uma de aterro ou se pelo menos uma seção for mista, tem-se volume de corte e volume de aterro no mesmo segmento, que deverão ser calculados separadamente (PIMENTA; OLIVEIRA, 2004).

O volume do segmento é calculado multiplicando a média das áreas pela distância entre as seções e, quando as seções forem mistas, multiplicando a média das áreas de corte pela distância, para obter-se o volume de corte e, multiplicando a média das áreas de aterro pela distância, para volume de aterro. O volume dos cortes e dos aterros são obtidos pela somatória dos volumes dos segmentos entre seções (PIMENTA; OLIVEIRA, 2004).

Cabe ressaltar que atualmente existem diversos *softwares* comerciais para projetos de estradas, desenvolvidos por empresas que atuam no ramo. AutoCAD civil 3D, AutoCAD Land, Topo EVN, InRoads, E-Civil, TopoGRAPH, Data Geosis e o Geoffice são exemplos de alguns desses *softwares* que realizam os cálculos de terraplenagem, explanado nos itens anteriores.

2.4.1.1.4 Distribuição do material escavado

Além do movimento de terra (corte/aterro), é necessária a distribuição do material escavado, onde sempre que possível o material escavado nos cortes deve ser aproveitado nos aterros, evitando novas escavações e consequentemente reduzindo os custos de construção da estrada. A esse aproveitamento de material de corte na construção dos aterros, Pimenta e Oliveira (2004) dão o nome de *compensação longitudinal de volumes*, ou apenas, *compensação de volumes*.

Para casos em que o material de corte não serve para a construção de aterros ou quando o volume de corte é maior que o volume de terra necessário para a construção dos aterros, o material é descartado, devendo ser transportado e

depositado em local conveniente, cuja operação recebe o nome de “bota-fora” (PIMENTA; OLIVEIRA, 2004).

Quando ao contrário, o volume dos cortes não é suficiente para a construção dos aterros, são feitas escavações complementares em local escolhido em função da localização, distância e qualidade do solo, transportando-se o material até o aterro, em operação cujos autores denominam como “empréstimo” (PIMENTA; OLIVEIRA, 2004).

Bota-fora e empréstimo podem ser alternativas mais atraentes do ponto de vista econômico em relação a alternativa de compensação longitudinal para casos em que há material disponível no corte, mas o aterro localiza-se a uma distância em que o custo de transporte atinge custos maiores aos de se efetuar uma nova escavação.

Nesse sentido, Pimenta e Oliveira (2004) propõem que seja feita a verificação da distância econômica de transporte (d_{et}), definida pelos autores como “a distância crítica, para a qual o custo da compensação longitudinal é igual ao custo do bota fora mais o custo do empréstimo” e está em função dos custos de escavação e transporte e das distâncias médias de transporte para empréstimo e bota-fora, segundo a equação:

$$C_1 = C_2$$

Tal que:

$$C_1 = (V \times C_e + V \times d \times C_t) \text{ e } C_2 = (V \times C_e + V \times d_{bf} \times C_t) + (V \times C_e + V \times d_{emp} \times C_t)$$

Isto posto, a distância média de transporte é dada pela equação:

$$d = d_{bf} + d_{emp} + \frac{C_e}{C_t} = d_{et}$$

sendo:

C_1 = custo para compensação longitudinal

C_2 = custo para bota-fora + empréstimo

V = volume transportado (m^3)

d = distância média de transporte (km)

C_e = custo de escavação ($R\$/m^3$)

CT = custo de transporte ($R\$/m^3.km$)

d_{bf} = distância média para bota-fora (km)

d_{emp} = distância média para empréstimo (km)

d_{et} = distância econômica de transporte (km)

2.4.1.1.5 Redução

Quando um solo é submetido à compactação ocorre uma redução no volume do material escavado. Esse comportamento está relacionado ao uso de determinados equipamentos como o rolo compactador, que aproxima os grãos através da redução do volume de vazios da massa do solo e conseqüentemente proporciona maior estabilidade do aterro. No entanto, essa atividade também acarreta diminuição no volume do material escavado. À essa diferença entre o volume natural de corte (V_n) e o volume do mesmo material depois de compactado no aterro, chamado de volume reduzido (V_r) é dado o nome de *redução* (R), normalmente dada em %.

$$R = \frac{V_n - V_r}{V_n}$$

Portanto:

$$V_n = \frac{1}{1 - R} \times V_r$$

De acordo com Pimenta e Oliveira (2004), o fator $fr = \frac{1}{1-R}$ é chamado de *fator de redução* ou *coeficiente de redução* e indica por quanto deve-se multiplicar o volume geométrico do aterro para obter o volume necessário para construí-lo. Segundo os autores, o valor do coeficiente de redução varia em função do tipo e da densidade natural do material do corte e do grau de compactação exigido para o aterro e pode ser obtido por meio de ensaios do material em laboratório, porém normalmente é adotado um valor médio com base no tipo do material, que fica entre 1,05 e 1,20.

2.4.2 Superestrutura ferroviária

A superestrutura ferroviária é constituída pela via permanente a qual se apóia sobre a plataforma ou camada final de terraplenagem, também chamada por leito ou plataforma da estrada (BRINA, 1979). É a parte da via permanente que recebe os impactos diretos da carga, cujos principais elementos constitutivos são os trilhos, dormentes e os lastros, que estão sujeitos às ações de degradação provocada pela circulação dos veículos e de deterioração por ataque do meio ambiente.

A superestrutura é constituída de modo a ser renovada quando a sua degradação atingir o limite de tolerância exigido pela segurança ou conforto da circulação e a ser mesmo substituída em seus principais constituintes (caso de remodelação), quando assim o exigir a intensidade de tráfego ou o aumento de peso do material rodante (DNIT, 2007).

2.4.2.1 Lastro

Lastro é o elemento da superestrutura da estrada de ferro situado entre os dormentes e a plataforma (sublastro), constituído por um agregado sem partículas finas, de alta permeabilidade, característica essa que permite uma boa drenagem. Dentre os requisitos que devem ser atendidos pelo material do lastro, os mais importantes são: resistência aos esforços transmitidos pelos dormentes, dureza e ter dimensões que permitam sua interposição entre os dormentes e abaixo dos

mesmos, preenchendo as depressões da plataforma e permitindo um perfeito nivelamento dos trilhos (BRINA, 1979).

Segundo o autor, as funções principais do lastro são:

- distribuir convenientemente sobre a plataforma (sublastro) os esforços resultantes das cargas dos veículos, produzindo uma taxa de trabalho menor na plataforma;
- formar um suporte, até certo limite elástico, atenuando as trepidações resultantes das passagens dos veículos;
- sobrepondo-se à plataforma, suprimir suas irregularidades, formando uma superfície contínua e uniforme para os dormente e trilhos;
- impedir os deslocamentos dos dormentes, quer no sentido longitudinal, quer no transversal;
- facilitar a drenagem da superestrutura.

Os materiais utilizados para lastro são: terra, areia, cascalho, escórias e pedra britada. Devido à qualidade e característica como resistência e elasticidade limitada, além da facilidade de obtenção e da ausência de poeira entre as pedras, a pedra britada de rochas duras é a melhor opção para se construir um lastro bastante uniforme para ferrovias de qualidade (BRINA, 1979).

As dimensões das pedras normalmente são entre 2 e 6 cm de diâmetro e de preferência que sejam de rochas como basalto, granito, diábase ou gneiss. O consumo de lastro é considerado alto, o volume recomendado para uma linha principal com trilhos continuamente soldados é de aproximadamente 1.500 m³/km de linha (BRINA, 1979).

2.4.2.2 Sublastro

O AREMA (2009) define sublastro como sendo qualquer material de característica superior, que é espalhado sobre a camada final da estrada e abaixo

do lastro, para proporcionar melhor drenagem, evitar ascensão de finos por ação do degelo e melhor distribuir a carga sobre a plataforma.

Devido o lastro ser um material até certo ponto caro e de grande consumo e às vezes de difícil obtenção, a utilização do sublastro, com material mais barato e encontrado nas proximidades do local de emprego, traz grande economia à superestrutura ferroviária (BRINA, 1979).

Os materiais utilizados em sublastros são matérias granulares naturais ou artificiais constituídos por mistura de areia e pedras. E geralmente a graduação de brita utilizada no sublastro é menor do que aquela utilizada no lastro. Uma camada de espessura de 12 cm de pedra britada ao longo da extensão da ferrovia é um valor bastante usado no país.

Para Brina (1979) o sublastro tem as seguintes finalidades:

- aumentar a capacidade de suporte da plataforma, permitindo elevar a taxa de trabalho no terreno, ao serem transmitidas as cargas através do lastro e, por conseguinte, permitir menor altura do lastro;
- evitar a penetração do lastro na plataforma;
- aumentar a resistência do leito à erosão e a penetração da água, concorrendo pois para uma boa drenagem da via;
- permitir relativa elasticidade ao apoio do lastro, para que a via permanente não seja rígida.

2.4.2.3 Dormentes

Dormente é o elemento da superestrutura ferroviária que tem por função receber e transmitir ao lastro os esforços produzidos pelas cargas dos veículos, servindo de suporte dos trilhos, permitindo a sua fixação e mantendo invariável a distância entre eles (BRINA, 1979).

O autor destaca alguns requisitos que são importantes para se cumprir essa finalidade:

- comprimento e largura que forneçam uma superfície de apoio suficiente para que a taxa de trabalho no lastro não ultrapasse certo limite;
- espessura que lhe dê uma rigidez necessária, permitindo entretanto, certa elasticidade;
- resistência suficiente aos esforços;
- boa durabilidade.

Quanto ao material, podem ser feitos de: madeira, aço ou concreto, cada um com suas vantagens e desvantagens (BRINA, 1979). Dentre esses, o dormente de concreto monobloco apresenta a vantagem de oferecer maior durabilidade e variabilidade, além de apresentar um custo intermediário em relação aos custos dos dormentes de madeira e de aço.

A escolha por dormentes de madeira implica na troca freqüente do produto, que apodrece mais facilmente. Nesse contexto, os dormentes de eucalipto vem sendo apontado como uma das soluções ideais, também devido às pressões mundiais pela preservação do meio ambiente e a própria escassez de madeira no Brasil, obrigando as empresas ferroviárias à buscarem alternativas para o dormente de madeira nativa (ALVES; SINAY, 2005).

A taxa de dormentes por km variam entre 1500 e 2000, mas é comum o uso de 1600 peças por km nas ferrovias brasileiras.

2.4.2.4 Trilhos

É o elemento da superestrutura ferroviária que constitui a superfície de rolamento para as rodas dos veículos ferroviários (BRINA, 1979).

Desde o início da era comercial das estradas de ferro no século XIX, a forma e o comprimento dos trilhos evoluíram gradativamente até atingirem os perfis

modernos de grande seção e também seu peso, para permitir as pesadas cargas por eixo dos trens modernos (BRINA, 1979). Atualmente o tipo de perfil utilizado é do tipo Vignole, formado por patim, alma e boleto, apresentado na Figura 2.6.

Figura 2.6 – Perfil do trilho tipo Vignole. (Fonte: Brina, 1979)

Os trilhos, geralmente são caracterizados por sua densidade linear (peso por unidade de comprimento). A designação dos trilhos como TR-32, TR-40, TR-45, TR-50, TR-57, TR-60, TR-68, UIC-60, GB-60, entre outros define o peso (em kg) do metro do trilho. As letras nos códigos citados indicam as normas seguidas na fabricação dos trilhos (TR – Americanas, GB – Chinesas e UIC – Européias), seguidas pelos números que indicam a densidade linear. Quanto maior a densidade linear do trilho, maior a resistência do mesmo ao desgaste (CURI, 2009).

Os trilhos podem ser fixados aos dormentes por uma fixação elástica do tipo Pandrol ou Deenick, ou por uma fixação fixa como o tirefond e o prego de linha. A fixação elástica, ao contrário da rígida, permite maior suavidade ao rolamento dos veículos ferroviários e impedem de maneira mais eficaz o deslocamento longitudinal dos trilhos. Além disso, a fixação elástica requer menores cuidados com a manutenção do que a fixação rígida, que requer substituições e reapertos constantes.

2.4.3 Obras de arte especiais

2.4.3.1 Pontes e viadutos

É denominada ponte toda obra elevada destinada a vencer obstáculos que impeçam a continuidade de uma via. Esses obstáculos podem ser rios, vales e até outras vias. Quando o obstáculo a ser vencido não é constituído por água, essa obra normalmente é classificada como um viaduto. Tecnicamente as pontes e viadutos são classificados como Obras de Arte Especiais (OAE).

As estruturas das pontes e viadutos são divididas em três partes principais, ilustradas na Figura 2.7:

Infraestrutura: é a parte com a função de transmitir ao terreno os esforços provenientes da mesoestrutura e, é composta pelas fundações (estacas escavadas, cravadas, tubulões, etc.);

Mesoestrutura: é a parte que recebe os esforços da superestrutura transmitindo-os para a infraestrutura, sendo normalmente composta por pilares;

Superestrutura: é composta pelo tabuleiro da ponte, estrutura que compõe o “ piso” da ponte ou viaduto.

Figura 2.7 – Divisão estrutural de uma ponte

2.5 Impactos de projetos ferroviários

É evidente a importância do desenvolvimento da infra-estrutura no setor de transportes, principalmente para a integração do país. No transporte de cargas, por exemplo, uma infraestrutura adequada fortalece a produção brasileira, conseguindo diminuir custos, proporcionando preços mais competitivos aos produtos e gerando um maior desenvolvimento econômico.

No entanto, deve-se ter em mente que a implantação de uma infraestrutura de transporte também pode acarretar em aspectos negativos, como os impactos ambientais. Por isso é importante que antes de ser posto em prática um projeto, seja ele público ou privado, sejam realizados estudos sobre o local onde este será implementado.

Para Verdum e Medeiros (2006) impacto ambiental é qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetem: a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; por fim a qualidade ambiental.

O principal objetivo de se estudar os impactos ambientais é avaliar as consequências de algumas ações, para que possa haver a prevenção da qualidade de determinado ambiente que poderá sofrer a execução ou implementação de um projeto.

Nesse contexto, foi instituído no Brasil, dentro da Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) – através da resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) N.º 001/86, de 23 de janeiro de 1986, que diz que obras de construções civis, como a de ferrovias, dependem da elaboração dos documentos EIA/RIMA (CONAMA, 1986).

O EIA é um relatório técnico, elaborado por uma equipe multidisciplinar, profissional e tecnicamente habilitada para analisar os aspectos físico, biológico e sócio-econômico do ambiente. Em suma, constitui um conjunto de atividades científicas e técnicas que incluem o diagnóstico ambiental, a identificação, previsão

e medição dos impactos, a interpretação e a valoração dos impactos, a definição de medidas mitigadoras e programas de monitorização dos impactos ambientais. O relatório resumo dos estudos do EIA é chamado de RIMA – Relatório de Impacto Ambiental, feito em linguagem objetiva e acessível para o público em geral, em especial para a comunidade afetada.

O primeiro grande empreendimento nacional submetido à resolução CONAMA 001/86 foi a Ferrovia Norte – Sul (COSTA, 2009). A construção de uma ferrovia, pode gerar impactos sobre os meio físico e biológico e à sociedade, promovendo alterações no ambiente. Alguns exemplos dessas alterações provocadas por obras ferroviárias são comentados por Muller (2004), como:

- as obras de terraplanagem, que modificam o sistema natural de drenagem, associado à retirada da vegetação protetora, podendo resultar em processos erosivos;
- a escavação e o aterro da área necessária para garantir espaço plano para a construção, encontrar fundações firmes para as edificações e explorar recursos minerais, transformando os relevos originais;
- a vegetação nativa quando derrubada e novas plantas que são introduzidas (intencional ou inadvertidamente), com o resultado de que, por todo o mundo, cidades com climas semelhantes abrigam as mesmas espécies de plantas;
- a existência de linhas férreas em meio urbano, que pode causar danos à população que vive ao redor, seja por ruídos, vibrações ou conflitos da ferrovia com o pedestre, que podem levar a acidentes.

CEU (2002) também discute os principais impactos decorrentes de projetos de infraestrutura de transportes, apresentados a seguir.

Impactos no solo

De acordo com CEU (2002) um fato lamentável é que o melhor solo para construir uma infra-estrutura de transporte também é o melhor para a agricultura, porque é estável e plano. Portanto, o desenvolvimento da infra-estrutura de

transportes inevitavelmente conduz à perda de solo para a agricultura de reprodução e, portanto, causa prejuízos para o desenvolvimento socioeconômico de uma região. E não apenas o solo abrangido pela infra-estrutura de transporte é perdido como também os solos adjacentes que é danificado pela construção de obras onde é feita a compactação do solo por máquinas pesadas.

Além disso, a construção de uma infraestrutura muitas vezes exige, pelo menos a limpeza parcial da vegetação, que muitas vezes pode levar o solo à erosão.

CEU (2002) ainda cita que tráfego muito movimentado pode acarretar na poluição dos solos nas proximidades das estradas por cromo, chumbo e zinco. Esses metais tendem a permanecer no solo por anos podendo causar danos para os microrganismos do solo e da vegetação.

Impactos sobre a biodiversidade

O setor de transportes contribui para a perda da biodiversidade de três maneiras: por danos diretos, fragmentação ou por perturbação. A perda de habitat é uma consequência inevitável da mudança do uso do solo durante a construção de uma infraestrutura de transporte. No entanto, de acordo com a CEU (2002), mediante um planejamento cuidadoso, é possível manter o dano em um nível aceitável. Se a construção não for bem planejada, especialmente em áreas sensíveis, podem ocorrer devastação ou danos dos ecossistemas naturais, causando danos diretos à plantas e animais.

Em relação aos danos causados aos animais, as estradas podem causar fragmentação de habitats por impedirem a livre circulação desses, além das restrições impostas aos corredores, que são as rotas que os animais utilizam para satisfazer suas necessidades diárias ou sazonais de alimentos, o que faz com que muitas vezes os animais sejam atraídos para as estradas, à procura de abrigo de predadores, comida ou melhor circulação, ocasionando um aumento da mortalidade por mortes acidentais (CEU, 2002).

Ruídos, luzes e escoamento de resíduos perigosos podem causar perturbações nos ecossistemas e reduzir as taxas de reprodução dos animais.

Ecossistemas aquáticos também sofrem perturbações causadas pela infraestrutura de transportes terrestres: a erosão leva ao acúmulo de partículas finas de terras a jusante, afetando os habitats para a desova dos peixes; e se as estradas cortam a rota de migração dos peixes, podem ocorrer também interrupções no ciclo da desova; alterações no fluxo de água causados por desvios durante o processo de obras, muitas vezes têm efeitos negativos sobre o plâncton perturbando a alimentação corrente no ecossistema (CEU, 2002).

Impactos sobre a água

CEU (2002) destaca que as atividades causadas pelo setor de transportes geram a modificação do fluxo das águas subterrâneas e superficiais bem como a degradação da qualidade da água. As modificações no fluxo de águas superficiais são causadas por desvios de fluxos de água, que contribuem para as enchentes e erosão do solo.

As águas subterrâneas são frequentemente afetadas pelas construções das estradas, como drenagem e aterros. Alterações nos quadros de água afetam negativamente a vegetação, aumentam o risco de erosão, e muitas vezes causam a perda de água usada para beber e na agricultura.

Modificações no fluxo de águas superficiais e subterrâneas também têm efeitos negativos sobre os peixes e outros animais.

Ruído

Os níveis de ruído, medidos em decibéis, quando excessivos, podem prejudicar a saúde das pessoas contribuindo para o aumento da pressão arterial e doenças cardiovasculares.

CEU (2002) destaca que o ruído é gerado por quatro fatores: os veículos (através do trabalho do motor, aceleração, frenagem); atrito entre veículo e estrada; comportamento do condutor (uso excessivo da buzina, música alta, gritaria, aceleração ou frenagem brusca, etc.); construção e manutenção da infra-estrutura (uso de máquinas pesadas).

Mesmo quando os níveis de ruído não são tão altos, mas contínuos, os aborrecimentos ocasionados podem levar ao aumento do nível de estresse, e a exposição contínua aos ruídos pode levar ao enfraquecimento do sistema auditivo.

Em relação à vida selvagem, os ruídos também oferecem efeitos negativos. Os animais muitas vezes com medo do barulho, não se aproximam das estradas, o que muitas vezes prejudica sua alimentação, criação ou padrões de migração.

Vibrações

As vibrações produzidas pela implantação de grandes sistemas de transporte, como as rodovias e ferrovias, ou com o aumento das fontes de vibração, em presença e potência, além de prejudicial à estrutura da construção também pode ter impactos negativos sobre a população, causando problemas com sono e perturbação nos padrões normais de vida.

O peso do veículo é um dos fatores que influenciam na amplitude das vibrações produzidas, o que permite inferir que trens de carga por exemplo, transmitem grande quantidade de energia ao solo adjacente.

Impactos estéticos e visuais

Os impactos visuais representam o bloqueio através do pontos de vista enquanto os impactos estéticos estão preocupados com o real desing e estilo da infra-estrutura de transporte (BUTTON ; ROTHENGATTER, 1993).

Impactos negativos no visual e na estética do setor de transportes são consequência do mau planejamento, não levando em conta os princípios de desingn da paisagem.

Para CEU (2002) a estrada deve estar em harmonia com a paisagem e natureza, que deve ser respeitada. O planejamento urbano e a construção de uma infraestrutura de transporte devem ser considerados em conjunto, pois é frequente que a construção da estrada induza ao desenvolvimento urbano, que pode se tornar indesejável devido os aspectos negativos viasuais e estéticos gerados.

Impactos sobre a comunidade e atividade econômica

Embora a infraestrutura de transporte seja feita com o intuito de conectar pessoas e aumentar a velocidade de comunicação entre elas, quando não planejada, pode causar o oposto.

CEU (2002) usa como exemplo a construção de uma estrada sobre rotas que já existam entre assentamentos e áreas comerciais, o que pode levar à mudança das rotas utilizadas pelas comunidades para chegar às escolas, comércio, etc., porque as pessoas podem relutar em utilizar a travessia da estrada, se esta requer mais tempo e esforço do que eles estão dispostos a gastar.

Outro aspecto negativo apontado diz respeito ao agricultor, que perde parte da terra na qual trabalha, ou então passa a ter que investir um tempo maior para se deslocar de um campo a outro devido o cruzamento. Ocorrem danos à quem perde emprego ou renda e à quem tem que mudar seus hábitos, e à economia, devido às mudanças necessárias nas rotas das viagens, conduzindo a perdas no setor econômico.

Outro aspecto destacado é que geralmente, as estradas são locais de elevadas atividades sociais e comerciais (lojas, restaurantes e cafés) e o alargamento de uma estrada nessas áreas leva à perda de negócios e clientes para os proprietários desses estabelecimentos.

Obras de contorno das cidades, muitas vezes, aparentam ser uma boa solução, por preservar o modo local de comunicação e não causar prejuízos à economia. No entanto, pode ocorrer de algumas empresas migrarem da comunidade para as áreas próximas às estradas, como forma de atrair mais clientes. Nesse caso, a comunidade vai sofrer perdas. Nesse sentido, CEU (2002) destaca que é muito importante ter o cuidado de pesar as opções ao decidir o que é realmente melhor para a comunidade.

Capítulo 3

MÉTODO

O método de investigação proposto consiste em caracterizar dois cenários alternativos: a proposta de recuperação e modernização de uma via - férrea existente (Cenário 1) e a proposta de um novo traçado em substituição a essa via (Cenário 2) e, compará-los através de um modelo de custos generalizado. Para a obtenção das estimativas de custos de investimentos necessários na implantação de cada cenário é necessário que sejam executadas algumas etapas distintas, relacionadas entre si pela sequência apresentada no fluxograma da Figura 3.1, detalhadas posteriormente.

Figura 3.1 – Etapas metodológicas

3.1 Etapa 1. Condições de contorno da via a ser implementada

Inicialmente são definidas as condições de contorno da via a serem implementadas à cada cenário. O método propõe que essas condições sejam divididas por categorias, às quais sugere:

- condições de contorno básicas;
- geometria horizontal e vertical do traçado;
- seção transversal da via.

As condições correspondentes à cada categoria são apresentadas nos itens subsequentes. Posteriormente, os valores estabelecidos para as condições serão utilizados no processo de caracterização dos cenários, cujos valores obtidos alimentarão o modelo de custos generalizado proposto.

3.1.1 Condições de contorno básicas

- número de vias;
- bitola das vias;
- número de estações intermediárias;
- velocidade média de percurso dos trens.

3.1.2 Geometria horizontal e vertical do traçado

- curvatura horizontal - raio mínimo;
- rampa máxima.

No Cenário 1, o método considera que essas condições atêm-se apenas para os contornos ferroviários propostos, uma vez que as condições geométricas do restante da ferrovia permanecem as mesmas.

3.1.3 Seção transversal da via

- largura da faixa de domínio (m);
- largura da plataforma (m) - L_p ;
- largura de cada semi-plataforma, à direita à esquerda do eixo - L_{sp} ;
- inclinação da semi-plataforma (%) - isp ;
- largura do talude (m) - L_t ;
- inclinação do talude (%) - it .

Figura 3.2 – Componentes da seção transversal da via

3.2 Etapa 2. Critérios para a geração do traçado preliminar

Adicionalmente às condições de contorno das vias a serem implementadas, são estabelecidas as premissas que nortearão a definição dos pontos de passagem ao longo do corredor delineado pelo eixo compreendido entre as cidades objeto de estudo.

Por tratar-se de cenários distintos, esses critérios devem ser estabelecidos levando-se em consideração os dois cenários propostos. O método estabelece alguns critérios básicos que devem ser definidos:

- distância mínima entre as bordas dos trilhos e as áreas ocupadas, permitindo que seja respeitado o padrão adotado para a largura da faixa de domínio;
- em quais circunstâncias serão consideradas necessárias as obras de contorno ferroviário;
- em quais circunstâncias serão permitidos cruzamentos em nível.

No entanto, outros critérios podem ser considerados e questionados nessa etapa do método.

3.3 Etapa 3. Reconhecimento ou anteprojeto

Definidas as condições de contorno da via e, os critérios de seleção do traçado preliminar para os cenários, passa-se à execução das operações que permitam o reconhecimento da área territorial de trabalho a partir da linha reta que une os pontos extremos do corredor pretendido (reta diretriz).

A etapa é executada utilizando-se do *software Google Earth*, tendo sido escolhido esse programa por possibilitar a análise simultânea do perfil topográfico do terreno e das características de uso e ocupação do solo (áreas urbanas, matas nativas, cruzamentos em nível, construções, corpos d'água, presença de fundos de vales e qualquer obstáculo ao empreendimento, por exemplo) ilustrada na Figura 3.3. Além de tratar-se de um *software* gratuito e uma ferramenta que satisfaz as análises necessárias nessa etapa do estudo.

Desta forma, a escolha da região onde será implementada a ferrovia, é feita mediante observações do uso e ocupação do solo, e do perfil topográfico. Em relação à topografia do terreno, através das curvas de nível são verificadas áreas que apresentem elevações similares, evitando que posteriormente sejam necessários grandes movimentos de terras e, conseqüentemente reduzindo os custos de terraplenagem.

Isto posto, o traçado gerado é corrigido até que sejam atendidos os critérios estabelecidos. Ao final dessa etapa é obtido o traçado preliminar que será utilizado nas etapas seguintes.

Figura 3.3 Análise simultânea do perfil topográfico do terreno e das características do uso e ocupação do solo

3.4 Etapa 4. Caracterização das alternativas de projeto básico dos cenários

Essa etapa consiste na caracterização dos parâmetros geométricos da via para que possam ser verificados se estes atendem às condições geométricas pré estabelecidas.

As características planimétricas da nova ferrovia são obtidas do conjunto de vetores gerados por inspeção visual no *software Google Earth*, posteriormente tratados em uma plataforma de desenho assistido por computador (CAD). As características altimétricas são estabelecidas pela associação da geometria em planta com os dados altimétricos obtidos do modelo digital de terreno proposto pelo SRTM, através de um método computacional de cálculo dos gradientes da via, proposto por Isler (2010). Posteriormente, com base nessas informações são estimados os volumes de movimentação de terra associados à cada cenário estabelecido.

A metodologia empregada nesses processos são apresentadas nos itens subsequentes.

3.4.1 Caracterização planimétrica

Obtenção do arquivo de texto que define o traçado preliminar

O primeiro passo para a caracterização da geometria do modelo teórico da via é a obtenção do arquivo de texto que define o traçado preliminar da via permanente em planta, extraído do conjunto de vetores gerados por inspeção visual no *software Google Earth*.

O arquivo é salvo com extensão .kml, que permite armazenar elementos geográficos como pontos, linhas, imagens, polígonos, etc., e exportado para uma plataforma de desenho assistido - CAD (*Computer Aided Design*) utilizando-se do sistema de coordenadas geográficas (latitude/longitude).

Esses procedimentos iniciais são ilustrados nas Figuras 3.4, 3.5 e 3.6.

Figura 3.4 – Vista geral do traçado preliminar no *software Google Earth*

Figura 3.5 – Exportação do arquivo para uma plataforma CAD

Figura 3.6 – Vista Geral do traçado preliminar no *AutoCAD*

Discretização da via

De acordo com o método para a caracterização da geometria da via, primeiramente a linha contínua que define o percurso dos trens é discretizada através da inserção de pontos igualmente espaçados (Figuras 3.7 e 3.8).

Figura 3.7 – Discretização da via – estilo dos pontos

Figura 3.8 – Discretização da via – inserção de pontos igualmente espaçados

Posteriormente criam-se camadas para a linha e para os pontos, para que possam ser caracterizados apenas os pontos, conforme apresentados no sequenciamento das Figuras 3.9 à 3.12.

Figura 3.9 – Opção: formatar camada

Figura 3.10 – Propriedades da camada

Figura 3.11 – Desativação da camada de linhas

Figura 3.12 – Ativação da camada de pontos

Como a linha definida está contida em um arquivo referenciado, as coordenadas desses pontos são extraídas e transferidas para uma planilha eletrônica de linguagem de programação com rotinas em AutoLISP.

```

Arquivo  Editar  Formatar  Exibir  Ajuda
(setq Arquivo(open "C:/Users/MONIQUE/Desktop/Proposta de via_Modelo teorico/via/Via Teórica_AutoCAD.txt" "w"))

(setq SS1 (ssget))
(setq Pontos (sslength SS1))
(setq Vetor (- Pontos 1))
(setq k 0)

(while (<= k Vetor)

  (setq NAME(entlast))
  (setq Coord(entget NAME))
  (print k Arquivo)
  (princ " " Arquivo)

  (princ 'X= Arquivo)
  (princ " " Arquivo)
  (setq X(CAR (CDR(CAR(CDR(CDR(CDR(CDR(CDR(CDR(CDR(CDR(CDR Coord)))))))))))
  (princ X Arquivo)

  (princ "'00000 " Arquivo)
  (princ " " Arquivo)
  (princ ". " Arquivo)

  (princ 'Y= Arquivo)
  (princ " " Arquivo)
  (setq Y(CAR (CDR(CAR(CDR(CDR(CDR(CDR(CDR(CDR(CDR(CDR Coord)))))))))))

  (princ Y Arquivo)
  (princ "'00000 " Arquivo)
  (entdel NAME)

  (setq k (1+ k))
)

(close Arquivo)

```

Figura 3.13 – Arquivo de texto

O arquivo de texto da via é carregado no AutoCad (Figura 3.14), onde são selecionados os pontos para que possam então serem obtidas as respectivas coordenadas geográficas.

Figura 3.14 – Arquivo de via carregado no AutoCad

Feito esse processo, as coordenadas desses pontos são enviadas para um arquivo teórico da via (Figura 3.15).

Via Teórica_AutoCAD - Bloco de notas		
Arquivo	Editar	Formatar Exibir Ajuda
1	X= -49.219200000	, Y= -20.947800000
2	X= -49.2200000	, Y= -20.948400000
3	X= -49.220800000	, Y= -20.949000000
4	X= -49.221600000	, Y= -20.949600000
5	X= -49.222400000	, Y= -20.950200000
6	X= -49.223200000	, Y= -20.950800000
7	X= -49.224000000	, Y= -20.951400000
8	X= -49.224800000	, Y= -20.952100000
9	X= -49.225600000	, Y= -20.952700000
10	X= -49.226400000	, Y= -20.953300000
11	X= -49.227100000	, Y= -20.953900000
12	X= -49.227900000	, Y= -20.954500000
13	X= -49.228700000	, Y= -20.955100000
14	X= -49.229500000	, Y= -20.955700000
15	X= -49.230300000	, Y= -20.956300000
16	X= -49.231100000	, Y= -20.956900000
17	X= -49.231900000	, Y= -20.957500000
18	X= -49.232700000	, Y= -20.958100000
19	X= -49.233500000	, Y= -20.958700000
20	X= -49.234300000	, Y= -20.959300000
21	X= -49.235100000	, Y= -20.959900000
22	X= -49.235900000	, Y= -20.960500000
23	X= -49.236700000	, Y= -20.961100000
24	X= -49.237500000	, Y= -20.961700000
25	X= -49.238300000	, Y= -20.962400000
26	X= -49.239100000	, Y= -20.963000000
27	X= -49.239900000	, Y= -20.963600000
28	X= -49.240700000	, Y= -20.964200000
29	X= -49.241500000	, Y= -20.964800000
30	X= -49.242300000	, Y= -20.965400000
31	X= -49.243100000	, Y= -20.966000000
32	X= -49.243900000	, Y= -20.966600000
33	X= -49.244600000	, Y= -20.967200000
34	X= -49.245400000	, Y= -20.967800000
35	X= -49.246300000	, Y= -20.968400000
36	X= -49.247100000	, Y= -20.969000000
37	X= -49.247900000	, Y= -20.969500000
38	X= -49.248700000	, Y= -20.970100000
39	X= -49.249500000	, Y= -20.970700000
40	X= -49.250300000	, Y= -20.971300000
41	X= -49.251200000	, Y= -20.971800000
42	X= -49.25200000	, Y= -20.972400000
43	X= -49.252800000	, Y= -20.973000000
44	X= -49.253600000	, Y= -20.973600000
45	X= -49.254400000	, Y= -20.974100000
46	X= -49.255300000	, Y= -20.974700000
47	X= -49.256100000	, Y= -20.975300000
48	X= -49.256900000	, Y= -20.975900000
49	X= -49.257700000	, Y= -20.976400000

Figura 3.15 – Arquivo teórico da via

De posse dessas coordenadas e por meio de rotinas computacionais inseridas no *software Microsoft Excel*, é feito o cálculo dos raios das curvas dos pontos que definem a linha ferroviária utilizando-se do método proposto por Isler (2010) apresentado no Apêndice A deste trabalho.

3.4.2 Caracterização altimétrica

O procedimento para obtenção das rampas propõe a utilização do modelo digital do terreno elaborado através do projeto *SRTM*.

Leitura dos dados e obtenção das altitudes - *SRTM*

O acesso aos arquivos com as elevações obtidas pelo projeto *SRTM3* é feito pelo endereço eletrônico <<http://srtm.csi.cgiar.org/>>. Feito o acesso, o interessado deve acionar a opção “*SRTM Data Search and Download*”, que direciona o usuário à uma nova janela (Figura 3.16) que acarreta em alguns procedimentos para a obtenção das altitudes desejadas.

SRTM Data Selection Options

Chinese users : [中国用户可通过中国科学院镜像站点下载](#)

1. Select Server: ☒ CGIAR-CSI (USA) ☐ HarvestChoice (USA) ☐ JRC (IT) ☐ King's College (UK) ☐ TerraScience (USA)

2. Data selection method: ☒ Multiple Selection ☐ Enable Mouse Drag ☐ Input Coordinates

Many data can be selected at various locations. These selected files are listed in the results page for download.

☐ Decimal Degrees (ie 34.5, -100.5) ☒ Degrees: Minutes: Seconds (ie 34 30.00 N, 100 30.00 W)

Longitude - min: max: Longitude - min: max: East East East East East
 Latitude - min: max: Latitude - min: max: North North North North North

Longitude: Latitude: Tile X: Tile Y:

3. Select File Format: ☐ GeoTiff ☒ Archinfo ASCII

[Click here to Begin Search >>](#)

Figura 3.16– Interface para a entrada de coordenadas da área de interesse. (Fonte: <http://srtm.csi.cgiar.org/SELECTION/inputCoord.asp>)

Nessa janela, o usuário tem a opção de selecionar a quadrícula a qual deseja obter as elevações, através da opção *Multiple Selection* ou então inserir as coordenadas conhecidas dos pontos extremos para a qual deseja-se obter as elevações, através da opção *Input Coordinates*. Quando fornecidas as coordenadas e acionado o botão *Mark Area*, a quadrícula correspondente é apresentada em destaque.

Após a definição do tipo de arquivo, que pode ser adquirido em dois formatos: arquivo com extensão relacionada a um Sistema de Informação Geográfica (SIG) ou em formato de planilha acessada através de um editor de texto e, acionado o botão *Click here to Begin Search*, o usuário é direcionado para uma seção que contém a descrição da quadrícula selecionada e o seu esquema gráfico, exemplificado no conjunto de ilustrações da Figura 3.17.

Figura 3.17 – Detalhamento de uma quadrícula definida no projeto SRTM

Cada quadrícula é formada por uma matriz quadrada de 6000 colunas e 6000 linhas, contendo portanto um total de 36 milhões de pontos, espaçados igualmente, cada qual com uma altitude correspondente. Cada ponto da matriz é espaçado $8,33 \times 10^{-4}$ graus (ou 3 segundos de arco) entre si, aproximadamente 90 metros de resolução espacial (CGIAR-CSI, 2010).

Feito isso, a próxima etapa refere-se ao cálculo das rampas que é feito com base nos procedimentos propostos por Isler (2010), apresentados no Apêndice A deste trabalho.

Ao final, os dados gerados são disponibilizados em uma planilha *Excel*, com informações das coordenadas geográficas dos pontos, a posição e elevação desses e as rampas e curvas referentes.

3.4.3 Verificação dos limites para os parâmetros geométricos

De posse das características geométricas da via, é feita a verificação dos limites impostos para raio de curva mínimo e rampa máxima, que são tomados como parâmetros para a obtenção de um traçado tecnicamente satisfatório.

A existência de curvas com valores menores que o estipulado e rampas com valores muito discrepantes, impõe que correções sejam realizadas no traçado, devendo ser refeito o procedimento da etapa de seleção do traçado preliminar descrito na etapa de “reconhecimento” e as etapas posteriores, até que as condições de curvatura horizontal e vertical sejam satisfeitas.

3.4.4 Cálculo de terraplenagem

A partir dos dados gerados para a geometria da via também são estimados os diagramas de massa associados à terraplenagem necessários para a implantação dos cenários. A metodologia empregada nesse processo baseia-se nos conceitos de Pimenta e Oliveira (2004).

Como o cálculo das áreas das seções é o primeiro passo para a obtenção dos volumes, inicialmente as seções – tipo com as cotas do terreno e da ferrovia são divididas em quatro seções que incluem talude e plataforma à direita e à esquerda do eixo da ferrovia e do terreno, permitindo que sejam realizados os cálculos das áreas dos trapézios obtidos, que poderão aparecer em três situações:

- seção em corte;
- seção em aterro;
- seção mista.

A Figura 3.18 ilustra o procedimento de divisão das seções - tipo. Os elementos em vermelho correspondem à seção transversal do terreno natural e os elementos em preto correspondem aos elementos da ferrovia.

Figura 3.18 – Divisão das seções - tipo

em que:

- CBEF = cota da borda esquerda da ferrovia;
- CBET = cota da borda esquerda do terreno;
- CEF = cota do eixo da ferrovia;
- CET = cota do eixo do terreno;
- CBDF = cota da borda direita da ferrovia;
- CBDT = cota da borda direita do terreno;

O método considera que:

- Quando a seção for totalmente em corte (Figura 3.19) ou aterro (Figura 3.20), simplesmente é calculado a área do trapézio, cujo valor obtido entrará o processo de cálculo dos volumes.

Figura 3.19 - Seção em corte

Figura 3.20 – Seção em aterro

- Quando a seção for mista (Figura 3.21), é calculado separadamente a área de corte e a área de aterro, ou a soma das áreas de corte/aterro, quando houver mais de uma.

Figura 3.21 – Seção mista

Posteriormente é feito o cálculo dos volumes de cada segmento entre seções consecutivas, multiplicando-se a média das áreas pela distância entre as seções. No caso de seções mistas, multiplicando-se a média das áreas de corte pela distância, para obter-se o volume de corte e multiplicando-se a média das áreas de aterro pela distância para volume de aterro. Finalmente, os volumes dos cortes e aterros são obtidos pela somatória dos volumes dos segmentos entre seções.

Ao final desse processo são geradas planilhas com os volumes totais de corte e aterro para os cenários. Um exemplo dessas tabelas é ilustrado na Figura 3.22.

																Total	
Área corte				Área aterro				Área média corte				Área média aterro				Área média total	
S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	Corte	Aterro
0.14	0.30	0.30	0.14	-	-	-	-										
0.14	0.30	0.30	0.14	-	-	-	-	0.14	0.30	0.30	0.14	-	-	-	-	0.89	-
0.14	0.30	0.30	0.14	-	-	-	-	0.14	0.30	0.30	0.14	-	-	-	-	0.89	-
0.12	0.22	0.37	0.16	-	0.00	0.00	-	0.13	0.26	0.34	0.15	-	0.00	0.00	-	0.88	0.00
-	-	-	-	0.74	7.60	7.53	0.72	0.06	0.11	0.19	0.08	0.37	3.80	3.76	0.36	0.44	8.29
-	-	-	-	0.25	3.06	2.81	0.19	-	-	-	-	0.49	5.33	5.17	0.46	-	11.45
1.16	9.59	9.75	1.20	-	-	-	-	0.58	4.80	4.87	0.60	0.12	1.53	1.40	0.09	10.85	3.15
3.53	30.82	30.84	3.54	-	-	-	-	2.35	20.21	20.29	2.37	-	-	-	-	45.22	-
2.50	21.48	21.46	2.49	-	-	-	-	3.01	26.15	26.15	3.01	-	-	-	-	58.34	-
0.88	6.84	6.71	0.85	-	-	-	-	1.69	14.16	14.09	1.67	-	-	-	-	31.61	-
0.18	0.47	0.16	0.11	-	-	-	-	0.53	3.65	3.44	0.48	-	-	-	-	8.10	-
0.17	0.38	0.12	0.11	-	0.00	0.00	-	0.17	0.42	0.14	0.11	-	0.00	0.00	-	0.85	0.00
0.57	3.92	2.49	0.25	-	-	-	-	0.37	2.15	1.31	0.18	-	0.00	0.00	-	4.01	0.00
0.20	0.54	0.01	0.08	-	0.00	0.01	-	0.39	2.23	1.25	0.16	-	0.00	0.00	-	4.03	0.00
-	-	-	-	0.46	5.46	6.12	0.61	0.10	0.27	0.00	0.04	0.23	2.73	3.07	0.31	0.42	6.33
-	-	-	-	0.09	2.01	2.46	0.19	-	-	-	-	0.27	3.74	4.29	0.40	-	8.71
-	-	-	-	0.23	3.55	4.39	0.43	-	-	-	-	0.16	2.78	3.43	0.31	-	6.68
																16.483.22	4.506.24
																Volume corte	Volume aterro
																82.44	-
																92.00	-
																84.78	0.01
																41.66	793.17
																-	1.158.75
																1.143.80	332.16
																4.524.74	-
																5.616.48	-
																3.159.10	-
																820.39	-
																85.26	0.30
																394.77	0.29
																397.03	0.44
																40.76	621.96
																-	940.78
																-	658.38

Figura 3.22 – Resultado do cálculo das áreas e volumes

E finalmente, aos volumes totais obtidos para corte e aterro são aplicados os fatores de “redução”, devido à compactação do solo, e “empolamento”, devido ao aumento de volume de solo decorrentes das escavações. Foram estabelecidos 20% e 10% respectivamente em relação à esses fatores.

Para o cenário 1 – recuperação e modernização da via existente, o método desconsidera o cálculo dos volumes de corte e aterro para as áreas destinadas à duplicação da via férrea existente, supondo que por hipótese os 6 metros da faixa de terreno para o alargamento da via apresentem condições topográficas semelhantes às da plataforma da ferrovia existente.

3.5 Etapa 5. Obras de arte especiais

A verificação da necessidade de implantação de obras de arte especiais (OAE) ao longo do traçado também é feita através de inspeções visuais no software *Google Earth*.

O método considera necessária a implantação de OAE na eliminação dos cruzamentos em nível e fundos de vales, mas outros aspectos podem ser considerados nesse processo.

Um exemplo de inspeção dos cruzamentos em nível é apresentado na Figura 3.23, que corresponde ao contorno proposto para o município de Urânia e Jales, onde são identificados seis cruzamentos em nível com quatro importantes rodovias: SP-320, SP-557, SP-561 e SP-463 respectivamente. Esses cruzamentos são ilustrados em maior resolução no seqüenciamento das figuras posteriores, em que o contorno proposto aparece em destaque, em vermelho.

Figura 3.23 – Inspeção visual de cruzamentos em nível

Figura 3.24 - Cruzamento 1 - SP 320

Figura 3.25 - Cruzamento 2 - SP 557

Figura 3.26 - Cruzamento 3 – estrada municipal

Figura 3.27 - Cruzamento 4 – SP 561

Figura 3.28 - Cruzamento 5 – SP 463

Figura 3.29 – Cruzamento 6 – SP 320

Referente à altura mínima do gabarito transversal, o Arema (2009) propõe 7,01 metros. No Brasil, na prática adota-se a altura de 6,70 até 7,00 metros. Para o gabarito proposto foi adotado 7,20 metros, que compreende o somatório da altura de um vagão plataforma para o transporte de contêineres, que varia entre 0,75 e 1,08 metros (ALL, 2010), a altura de contêineres high cube – 2,89 m e, uma folga maior para que o transporte dos contêineres seja feito com segurança, evitando colisões.

Diante disso, o método considera a implantação de viadutos com a ferrovia passando sob a rodovia, em virtude das solicitações ao pavimento serem maiores no sistema ferroviário por tratar-se de via dupla para o transporte de cargas, além de considerar a possibilidade de trafegarem na via contêineres empilhados – *double stack*, que permite que seja transportada o dobro de carga pela mesma composição.

Isto posto, o método considera os seguintes critérios para a implantação das obras de arte especiais :

- **Cruzamento com estrada municipal:** implantação de viadutos com altura teórica dos pilares igual a 7,20 metros e tabuleiros com 30 metros de comprimento e largura de 14,10 metros seguindo as especificações recomendadas pelo DER (2005) para Seção-Tipo Transversal para pista dupla com sentido duplo de tráfego e duas faixas de rolamento. A Figura 3.30 ilustra a seção-tipo da OAE, onde são especificadas as dimensões de 3,60 metros para as faixas de rolamento, 3,0 m para os acostamentos e 0,45 metros para as defensas.

Figura 3.30 – Seção-Tipo transversal para pista simples com duplo sentido de tráfego

Fonte: DER (2005)

- **Cruzamento com estrada estadual:** implantação de viadutos com altura teórica dos pilares igual a 7,20 metros e tabuleiros com 30 metros de comprimento e largura de 19,60 metros seguindo as especificações também recomendadas pelo DER (2005) para Seção-Tipo Transversal para pista dupla com duas faixas de rolamento por sentido e sem canteiro central. A seção-tipo da OAE considera as dimensões de 3,60 metros para as faixas de rolamento, 3,30 metros para o acostamento, 1,0 metro para a faixa de segurança e 0,45 metros para as defensas, conforme ilustrado na Figura 3.31.

Figura 3.31 - Seção-Tipo transversal para pista dupla com duas faixas de tráfego por sentido

Fonte: DER (2005)

Com relação ao critério estabelecido para:

- **Transposição de fundos de vale:** de maneira a não interferir o escoamento natural das águas nos trechos onde o a ferrovia irá passar, o método considera que em todos os fundos de vales sejam instaladas aduelas de concreto (Figura 3.32), com as dimensões de 1,5 m x 1,5 m e comprimento de 1,0 m, cujo assentamento é feito com material de aterro, também utilizado no preenchimento dos vazios da plataforma da ferrovia até que se obtenha a seção transversal-tipo estipulada.

Figura 3.32 – Aduela de concreto

A Figura 3.33 ilustra a identificação de fundos de vales ao longo do traçado.

Figura 3.33 – Inspeção visual de fundos de vales

O *software Google Earth* também permite que seja feita a visualização em perspectiva, como ilustrada na Figura 3.34.

Figura 3.34 – Visualização em perspectiva

A estimativa da quantidade de aduelas necessárias na implantação da via é dada pela divisória entre: o comprimento observado do fundo de vale no *software Google Earth* e comprimento da aduela determinada.

3.6 Etapa 6. Desapropriações

As desapropriações são necessárias para que sejam atendidas as condições de contorno das via a serem implementadas, definidas na Etapa 1, dentre as quais a faixa de domínio é considerada um fator preponderante. Portanto, para efeito das estimativas de custos das desapropriações, dado em m^2 , são tomados como referência, o comprimento e a largura da via estipulados para a implantação da faixa de domínio.

No entanto, para o Cenário 1, nos trechos onde não são consideradas necessárias obras de contorno do perímetro urbano, o método considera que devido à concessionária do trecho já possuir uma faixa de domínio, torna-se necessário apenas o alargamento dessa faixa para a posterior duplicação da via. Nesse sentido, são considerados 6 metros adicionais à largura da faixa de domínio existente e para os demais trechos (proposta de uma nova via e contornos na via existente) a faixa de domínio estipulada, de 36 metros.

3.7 Modelo genérico de custos

Concluídas as etapas anteriores, os valores obtidos alimentarão um modelo de custos generalizado, que inclui os custos unitários para a construção de uma nova via e modernização da via existente.

Na verificação dos custos que irão compor o modelo foram adotados os critérios de medição para custos unitários de superestrutura e infra-estrutura. Esses custos são obtidos a partir de modelos padronizados de custos unitários (DNIT ou DER's estaduais, por exemplo).

3.7.1 Estimativa dos custos da superestrutura ferroviária

Os elementos componentes da superestrutura ferroviária, com suas principais características técnicas¹, podem ser sumarizados da seguinte forma:

- **Trilhos**

Perfil UIC-60, formados por 29 trilhos de 12 m e 28 soldas, com comprimento aproximado de 350 m aproximadamente pós soldagem, sendo a fixação tipo elástica.

¹Informações fornecidas por ALL S.A. recebida por <moniq@sc.usp.br> em 26 jul. 2010.

- **Dormentes**

Monobloco de concreto, espaçados de 60 cm, correspondendo à taxa 1.667 dormentes por km.

- **Lastro**

1700 m³ de pedra britada/km, considerando que a via receba 1,7 m³/m.

Na recuperação e modernização da via existente (Cenário 1), o método considera o aproveitamento de lastro na via, portanto o lastro é dimensionado apenas para a área necessária à duplicação da via férrea e para os trechos de contorno ferroviário.

3.7.2 Estimativa dos custos da infraestrutura ferroviária

- **Terraplenagem**

Limpeza e raspagem do terreno

Para efeito de estimativas de custos o método considera terreno com destocamento de árvores com perímetro < ou = a 78 cm. Considerando que o custo unitário dessa variável é dado em R\$/m², são tomados como referência, o comprimento e a largura da via estipulados para a implantação da faixa de domínio.

No entanto, para o Cenário 1, o método desconsidera obras de terraplenagem para as áreas destinadas à duplicação da via férrea existente, supondo que os 6 metros da faixa de terreno para o alargamento da via apresentem condições geométricas análogas às da plataforma da ferrovia existente. Nesse caso, devido à concessionária do trecho já possuir uma faixa de domínio, torna-se necessário apenas a limpeza e raspagem para os 6m necessários ao alargamento dessa faixa.

Escavação e compactação

O método considera escavação de carga de material de 1ª categoria, que de forma simplificada, refere-se ao material que pode ser escavado pela lâmina do trator, não necessitando de escarificação ou explosivos para sua escavação.

▪ Estimativa dos custos de obras de arte especiais

Pontes e viadutos

No Brasil, esse custo varia entre R\$ 5.000,00 e R\$ 10.000,00/m² aproximadamente. O método adota o custo de R\$ 4.744,80/m² de tabuleiro (já diluídos os custos de infra e mesoestrutura) tomando como referencial o custo médio proposto nos estudos de viabilidade do Trem de Alta Velocidade (TAV) Brasil, disponível no relatório Prompt (2009), cujo critério de medição baseou-se em planilhas de preços de 22 pontes da VALEC e Transnordestina.

Implantação de aduelas

Definidas as características da aduela, especificadas na Tabela 3.1, o custo médio unitário é obtido junto a empresas que atuam no ramo de concretos pré-moldados.

Tabela 3.1 – Características da aduela

Características	m
Comprimento	1,00
Largura	1,50
Altura	1,50
Altura máx. de aterro	3,00

Na aplicação do método, o custo tomado como referencial foi obtido junto à empresa Copel Engenharia Indústria e Comércio Ltda. que informou (informação verbal) o valor da peça como sendo R\$ 980,00² (preço na fábrica, sem frete).

²Informação fornecida por Tubos Copel através de contato telefônico, em São Carlos, 2010.

▪ Estimativas dos custos de desapropriação

Os preços unitários de terras são obtidos junto à imobiliárias dos municípios englobados pelos traçados, gerando ao final uma tabela de valores médios dos terrenos segundo suas características.

O critério de medição proposto considera três categorias de terrenos:

- rural;
- urbano;
- intermediário.

A inspeção e a classificação é feita utilizando-se do *software Google Earth*, onde é classificado como terreno urbano (Figura 3.35) quando esse estiver inserido na cidade, rural (Figura 3.36) quando estiver totalmente inserido no campo ou afastado de aglomerações urbanas, e terreno intermediário, quando tratar-se de terrenos em áreas afastadas ou às margens da cidade (Figura 3.37).

Figura 3.35 – Exemplo de terreno em perímetro urbano

Figura 3.36 – Exemplo de terreno rural

Figura 3.37 – Exemplo de terreno intermediário

Capítulo 4

APLICAÇÃO DO MÉTODO

A aplicação refere-se a um trecho com aproximadamente 200 km de operação em linha singela e bitola larga, que conecta os municípios de Santa Fé do Sul e São José do Rio Preto, no Estado de São Paulo. O trecho faz parte do corredor de exportação, sob concessão da empresa América Latina Logística S.A. - Malha Paulista. A rede tem uma extensão total de 2.916 km e interliga a Baixada Santista/Porto de Santos e as cidades de Santa Fé do Sul, Panorama e Colômbia, possibilitando o escoamento da produção dos estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e São Paulo. Sua malha pode ser observada na Figura 4.1, bem como o trecho onde será aplicado o método proposto, em destaque.

Figura 4.1 – Trecho ferroviário de aplicação do modelo. (Fonte: ANTT, 2009 – adaptado)

De acordo com a ANTT (2009) no ano de 2008, o trecho apresentou velocidade média de percurso na via de aproximadamente 35 km/h.

A baixa velocidade dos trens justifica-se principalmente por fatores ligados às condições da superestrutura ferroviária e a permanência dos traçados originais, centenários e com curvas muito acentuadas.

Além do gabarito geométrico e estrutural da via, o desempenho dos trens no trecho também é afetado pela presença da comunidade às margens dos trilhos, consequência da importância que as ferrovias tiveram na história, crescimento e estabelecimento de grande parte das cidades do Estado de São Paulo, que resultam hoje em trilhos atravessando suas áreas urbanas, onde ocorrem conflitos do tráfego ferroviário com os veículos e pedestres, invasões da faixa de domínio e uma grande quantidade de cruzamentos em nível.

Isto posto, serão caracterizados os dois cenários propostos pelo método desta pesquisa:

- Cenário 1 – Recuperação e modernização da via existente
- Cenário 2 – Proposta de um novo traçado

Posteriormente os cenários serão comparados através do modelo de custos generalizado.

Condições de contorno da via a ser implementada

As condições de contorno da via definidas e apresentadas nesse capítulo servirão de base na aplicação do método para ambos cenários. As restrições que porventura foram impostas ao Cenário 1 são expostas nos itens concernentes.

Condições de contorno básicas

Os valores especificados para as condições de contorno básicas (Tabela 4.1) baseiam-se nos padrões de projeto praticados pela malha norte da ALL, considerada a mais moderna das ferrovias brasileiras. No entanto, considerou-se o número de estações intermediárias nulo.

Tabela 4.1 – Condições de contorno básicas

Parâmetro	
Número de vias	2
Bitola (m)	1,60
Número de estações intermediárias	0
Velocidade média de percurso dos trens (km/h)	80

Geometria horizontal e vertical do traçado

Seguindo as recomendações do AREMA (2009) para declividade máxima de rampas que não devem ser superior a 2%, exceto em casos específicos cuja necessidade seja justificada pela impossibilidade de correção das características do terreno e, baseando-se nos padrões de projeto da Malha Norte – ALL, foram definidas a geometria horizontal e vertical do traçado, apresentadas na Tabela 4.2.

Tabela 4.2 – Geometria horizontal e vertical do traçado

Parâmetro	
Curvatura horizontal – raio mínimo (m)	650
Rampa máxima (%)	1

Seção transversal da via

Os valores adotados para os parâmetros da seção transversal da via são apresentados na Tabela 4.3.

Tabela 4.3 – Seção transversal da via

Parâmetro	
Largura da faixa de domínio (m)	36
Largura da plataforma (m)	10
Largura das semi-plataformas, à direita e à esquerda do eixo (m)	4,5
Inclinação da semi-plataforma (%)	3
Largura do talude (m)	0,5
Inclinação do talude (%)	60

A largura de 36 m adotada para a faixa de domínio, que de acordo com o CONAMA é “a faixa de terreno de largura variável, em relação ao seu comprimento, em que se localizam as vias férreas e demais instalações da ferrovia, incluindo áreas adjacentes adquiridas pela administração ferroviária para fins de ampliação da ferrovia” justifica-se pela dimensão de 30 metros para a faixa de domínio adotada pelas operadoras ferroviárias nacionais para ferrovias de via singela e, pelas especificações recomendadas para o projeto de vias férreas de padrão semelhante ao especificado, quais sejam:

- distância de 4 metros entre os eixos das ferrovias e 3 metros a partir desses eixos para cada lado das vias, o que consequentemente justifica os 10 m adotados para a largura da plataforma. Ao adotar 10 m para a largura da plataforma, o espaçamento de 2,40 m entre as bordas internas dos trilhos permitem que as vias de bitola larga comportem de maneira segura vagões plataforma com largura de 2,60 m aproximadamente. Esses valores foram estabelecidos com base nos modelos de seções transversais para vias férreas propostos por Stopatto (1987), Amaral (1957), DNIT (2007) e pela empresa América Latina Logística – ALL, apresentados no Anexo A deste trabalho;

- distância mínima de 15 metros entre as bordas dos trilhos e as áreas ocupadas, baseada na Lei 6766/79 que determina esse valor para *faixa non aedificandi*, em que só pode haver edificações que não sejam ferroviárias, após essa distância.

Com relação aos padrões estipulados para inclinação do talude e da semi-plataforma, foram estabelecidos 60% e 3% respectivamente, valores tipicamente adotados em projetos de ferrovias, segundo Stopatto (1987) e DNIT (2007).

Critérios de seleção do traçado preliminar

Foram definidos os critérios básicos que nortearam a definição dos pontos de passagem ao longo do corredor delineado pelo eixo compreendido entre Santa Fé do Sul e São José do Rio Preto, quais sejam:

- distância mínima de 15 metros entre as bordas dos trilhos e as áreas ocupadas;
- implantação de contornos ferroviários apenas para os casos em que o traçado existente apresente-se totalmente inserido numa área urbana consolidada, dividindo a cidade e, impossibilitando que a duplicação seja realizada sem que haja interferência com o tecido urbano;
- a via proposta para o Cenário 2 deverá estar totalmente inserida em áreas afastadas de aglomerações urbanas;
- interseções da ferrovia com outros modos de transporte devem ser evitadas com o propósito de reduzir os custos com obras de arte especiais. Para as situações em que isso não seja possível, são aplicados os critérios para implantação de obras de arte especiais, abordados no item 3.5 do método.

Definidas as condições e critérios, passou-se às demais etapas aplicadas separadamente à cada cenário, descritas nos itens subsequentes.

4.1 Cenário 1 – Recuperação e modernização da via existente

Traçado preliminar

Com base nos critérios estabelecidos para a definição dos pontos de passagem da via, procedeu-se à seleção do traçado preliminar proposto para esse cenário gerando ao final 4 contornos ferroviários de municípios divididos pela via férrea. Os contornos propostos são apresentados nas Figuras de número 4.2 à 4.5

Figura 4.2 – Contorno proposto para o município de Três Fronteiras

Figura 4.3 – Contorno proposto para os municípios de Urânia e Jales

Figura 4.4 – Contorno proposto para o município de Votuporanga

Figura 4.5 – Contorno proposto para os municípios de Mirassol e São José do Rio Preto

Ao final da seleção obteve-se o traçado preliminar apresentado na Figura 4.6, com extensão total de 234 km, dos quais aproximadamente 65 km correspondem às obras de contorno propostas.

Figura 4.6 – Vista Geral do traçado preliminar proposto – Cenário 1

Caracterização das alternativas de projeto básico dos cenários

De posse do arquivo de texto que define o traçado preliminar da via permanente em planta extraído do conjunto de vetores gerados por inspeção visual no *Google Earth*, procedeu-se à caracterização planialtimétrica da via, que foi discretizada com pontos sucessivos eqüidistantes de 100 metros, cujas coordenadas foram utilizadas para o cálculo do raio das curvas, obtenção das altitudes e inclinação das rampas.

Ao final desse processo foram construídos os arquivos teóricos das vias que permitiram a verificação dos limites para os parâmetros geométricos impostos e correção do traçado nos pontos onde esses parâmetros não haviam sido respeitados.

O Apêndice B ilustra um exemplo de arquivo teórico que foi obtido para o contorno de Três Fronteiras. Nesse mesmo arquivo também são disponibilizados os resultados obtidos dos cálculos das áreas e volumes necessários para o projeto de terraplenagem.

Obras de arte especiais

De posse do traçado preliminar foram identificadas as OAE necessárias para a implantação do cenário. Para esse cenário, foram identificadas necessárias 16 obras de arte especiais do tipo viadutos nos cruzamentos com as rodovias municipais e estaduais, listadas na Tabela 4.4.

Tabela 4.4 – Características dos cruzamentos em nível identificados para o Cenário 1

Cruzamento da ferrovia com as rodovias	Municipal/Estadual
Contorno no município de Três Fronteiras	
V. AC. SP 595 – Três Fronteiras	Municipal
V. AC. SP 320 – Três Fronteiras	Municipal
Contorno nos municípios de Urânia e Jales	
SP-320	Estadual
SP-557	Estadual
Estrada municipal não identificada	Municipal
SP-561	Estadual
SP-463	Estadual
SP-320	Estadual
Contorno no município de Votuporanga	
SP-461	Estadual
Estrada Fábio Cavallari	Municipal
Contorno nos municípios de Mirassol e S.J.R.Preto	
Estrada P. Barra Dourada	Municipal
Rodovia Antônio Visoto	Municipal
Estrada Municipal Mirassol – Ruilândia	Municipal
SP-425	Estadual
Rod. Vicinal	Municipal
AC. João Neves	Municipal
SP-310	Estadual

Com relação à instalação de aduelas de concreto nos fundos de vale, verificou-se necessária a implantação de um total de 200 unidades dessa tecnologia nos contornos ferroviários propostos.

Desapropriações

No processo de investigação das áreas onde seriam necessárias desapropriações para as obras dos contornos ferroviários no trecho existente e alargamento da faixa de domínio nos trechos onde não seriam feitas essas obras, foram identificadas as áreas e calculadas as extensões respectivas descritas na Tabela 4.5. Esses dados posteriormente contribuíram para que pudesse ser estimado o custo total de desapropriação desse cenário.

Tabela 4.5 – Características das áreas de desapropriação necessárias para o Cenário 1

Descrição	Extensão (km)	Categoria do terreno
Alargamento do trecho existente	154.76	Rural
Alargamento do trecho existente	14.43	Intermediário
Contorno Três Fronteiras	4.83	Rural
Contorno Urânia e Jales	20.77	Rural
Contorno Votuporanga	4.31	Rural
Contorno Santa Fé do Sul e São J. Rio Preto	34.87	Rural

As áreas identificadas como terrenos intermediários situam-se nos municípios margeados pela ferrovia: Estrela d'Oeste, Fernandópolis, Meridiano, Valentim Gentil e Bálamo.

Os preços médios dos terrenos segundo sua classificação foram estimados com base nos valores obtidos juntos a imobiliárias dos municípios englobados pelos traçados (APÊNDICE C), gerando ao final a Tabela 4.6 com os valores médios dos terrenos segundo suas características.

Tabela 4.6 – Custo médio de terrenos

Tipo de terreno	R\$/m²
Terreno urbano	200,0
Terreno rural	3,0
Terreno intermediário	100,0

Concluídas essas etapas, obteve-se através do modelo generalizado de custos, os valores parciais e o valor total dos investimentos necessários para esse cenário, apresentados na Tabela 4.7.

Tabela 4.7 – Estimativa de custos – Recuperação e modernização da via existenteSeção: **Santa Fé do Sul – São José do Rio Preto**Extensão: **234 km**

ESTIMATIVA DO CUSTO TOTAL	476,863,995
R\$/km	2,038,142

Nº.	Descrição	Unid.	Quant.	P. Unit.(R\$)	Custo Total (R\$)	% do Total Geral
1	ESTIMATIVA DOS CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO DA SUPERESTRUTURA FERROVIÁRIA					
1.1	TROCA DOS TRILHOS DA VIA EXISTENTE					
1.1.1	PEDRA BRITADA PARA LASTRO (1.7 m³/m - 1.700 m³/km)	M3	110,126.00	49.65	5,467,756	1.15
1.1.2	DISTRIBUIÇÃO DE LASTRO	M3	110,126.00	28.40	3,127,578	0.66
1.1.3	DORMENTES MONOBLOCO DE CONCRETO BITOLA LARGA (1667 unid./km)	UND	390,027.99	280.00	109,207,837	22.90
1.1.4	TRILHOS UIC - 60 (120t/km)	TON	28,076.40	887.65	24,922,016	5.23
1.1.5	PLACA DE APOIO TR 60 (3334 unid/km)	UND	780,055.98	21.53	16,794,605	3.52
1.1.6	FIXAÇÃO ELÁSTICA TIPO RN COMPLETA JOGO (6668 unid/km)	UND	1,560,111.96	18.83	29,376,908	6.16
1.1.7	TALAS DE JUNÇÃO ISOLADA TR-60 (12 unid/km)	UND	2,807.64	822.39	2,308,975	0.48
	TOTAL DO ITEM 1.1				191,205,676	40.10
1.2	DUPLICAÇÃO DA VIA EXISTENTE					
2.1	PEDRA BRITADA PARA LASTRO (1.7 m³/m - 1.700 m³/km)	M3	397,749.00	49.65	19,748,238	4.14
2.2	DISTRIBUIÇÃO DE LASTRO	M3	397,749.00	28.40	11,296,072	2.37
2.3	DORMENTES MONOBLOCO DE CONCRETO BITOLA LARGA (1667 unid./km)	UND	390,027.99	280.00	109,207,837	22.90
2.4	TRILHOS UIC - 60 (120t/km)	TON	28,076.40	887.65	24,922,016	5.23
2.5	PLACA DE APOIO TR 60 (3334 unid/km)	UND	780,055.98	21.53	16,794,605	3.52
2.6	FIXAÇÃO ELÁSTICA TIPO RN COMPLETA JOGO (6668 unid/km)	UND	1,560,111.96	18.83	29,376,908	6.16
2.7	TALAS DE JUNÇÃO ISOLADA TR-60 (12 unid/km)	UND	2,807.64	822.39	2,308,975	0.48
	TOTAL DO ITEM 1.2				213,654,652	44.80
	TOTAL DO ITEM 1				404,860,328	84.90

Nº.	Descrição	Unid.	Quant.	P. Unit.(R\$)	Custo Total (R\$)	% do Total Geral
2	ESTIMATIVA DOS CUSTOS DE TERRAPLENAGEM					
2.1	ALARGAMENTO DA VIA EXISTENTE PARA DUPLICAÇÃO					
2.1.1	LIMP. TERRENO COM DEST. DE ARVORES C/ PERÍMETRO <= 78 CM	M2	1,015,140.00	0.59	598,933	0.13
2.1.2	RASPAGEM DO TERRENO	M2	1,015,140.00	0.59	598,933	0.13
2.1.3	ESCAV. CARGA MAT 1ª CATEGORIA	M3	-	4.06	-	0.00
2.1.4	COMPACTAÇÃO DE ATERROS A 95% PROCTOR NORMAL	M3	-	3.42	-	0.00
	TOTAL DO ITEM 2.1				1,197,865	0.25
2.2	CONTORNOS FERROVIÁRIOS					
2.2.1	CONTORNO TRÊS FRONTEIRAS					
2.2.1.1	LIMP. TERRENO COM DEST. DE ARVORES C/ PERÍMETRO <= 78 CM	M2	173,880.00	0.59	102,589	0.02
2.2.1.2	RASPAGEM DO TERRENO	M2	173,880.00	0.59	102,589	0.02
2.2.1.3	ESCAV. CARGA MAT 1ª CATEGORIA	M3	87,200.79	4.06		
	ESCAV. CARGA COM EMPOLAMENTO (x 1,1)	M3	95,920.87	4.06	389,439	0.08
2.2.1.4	COMPACTAÇÃO DE ATERROS A 95% PROCTOR NORMAL	M3	49,575.07	3.42		
	ATERRO COM REDUÇÃO (x 1,2)	M3	59,490.09	3.42	203,456	0.04
	TOTAL DO ITEM 2.2.1				798,073	0.17
2.2.2	CONTORNO URÂNIA & JALES					
2.2.2.1	LIMP. TERRENO COM DEST. DE ARVORES C/ PERÍMETRO <= 78 CM	M2	747,720.00	0.59	441,155	0.09
2.2.2.2	RASPAGEM DO TERRENO	M2	747,720.00	0.59	441,155	0.09
2.2.2.3	ESCAV. CARGA MAT 1ª CATEGORIA	M3	160,812.12	4.06		
	ESCAV. CARGA COM EMPOLAMENTO (x 1,1)	M3	176,893.33	4.06	718,187	0.15
2.2.2.4	COMPACTAÇÃO DE ATERROS A 95% PROCTOR NORMAL	M3	49,986.67	3.42		
	ATERRO COM REDUÇÃO (x 1,2)	M3	59,984.01	3.42	205,145	0.04
	TOTAL DO ITEM 2.2.2				1,805,642	0.38
2.2.3	CONTORNO VOTUPORANGA					
2.2.3.1	LIMP. TERRENO COM DEST. DE ARVORES C/ PERÍMETRO <= 78 CM	M2	155,160.00	0.59	91,544.40	0.02
2.2.3.2	RASPAGEM DO TERRENO	M2	155,160.00	0.59	91,544.40	0.02

Nº.	Descrição	Unid.	Quant.	P. Unit.(R\$)	Custo Total (R\$)	% do Total Geral
2.2.3.3	ESCAV. CARGA MAT 1ª CATEGORIA	M3	98,904.82	4.06		
	ESCAV. CARGA COM EMPOLAMENTO (x 1,1)	M3	108,795.31	4.06	441,709	0.09
2.2.3.4	COMPACTAÇÃO DE ATERROS A 95% PROCTOR NORMAL	M3	82,362.90	3.42		
	ATERRO COM REDUÇÃO (x 1,2)	M3	98,835.48	3.42	338,017	0.07
	TOTAL DO ITEM 2.2.3				962,815	0.20
2.2.4	CONTORNO MIRASSOL & SÃO JOSÉ DO RIO PRETO					
2.2.4.1	LIMP. TERRENO COM DEST. DE ARVORES C/ PERÍMETRO <= 78 CM	M2	1,255,320.00	0.59	740,638.80	0.16
2.2.4.2	RASPAGEM DO TERRENO	M2	1,255,320.00	0.59	740,638.80	0.16
2.2.4.3	ESCAV. CARGA MAT 1ª CATEGORIA	M3	778,498.26	4.06		
	ESCAV. CARGA COM EMPOLAMENTO (x 1,1)	M3	856,348.08	4.06	3,476,773	0.73
2.2.4.4	COMPACTAÇÃO DE ATERROS A 95% PROCTOR NORMAL	M3	794,909.40	3.42		
	ATERRO COM REDUÇÃO (x 1,2)	M3	953,891.28	3.42	3,262,308	0.68
	TOTAL DO ITEM 2.2.4				8,220,359	1.72
	TOTAL DO ITEM 2.2				11,786,889	2.47
	TOTAL DO ITEM 2				12,984,754	2.72

Nº.	Descrição	Unid.	Quant.	P. Unit.(R\$)	Custo Total (R\$)	% do Total Geral
3	ESTIMATIVA DOS CUSTOS DE OBRA DE ARTE					
3.1	VIADUTOS					
3.1.1	CONTORNO TRÊS FRONTEIRAS					
3.1.1.1	SOBRE A V. AC. SP 595 - Três Fronteiras	M2	423	4,744.80	2,007,050	0.42
3.1.1.2	SOBRE A V. AC. SP 320 - Três Fronteiras	M2	423	4,744.80	2,007,050	0.42
3.1.2	CONTORNO URÂNIA & JALES					
3.1.2.1	SOBRE A SP 320	M2	588	4,744.80	2,789,942	0.59
3.1.2.2	SOBRE A SP 557	M2	588	4,744.80	2,789,942	0.59
3.1.2.3	SOBRE ESTRADA MUNICIPAL NÃO IDENTIFICADA	M2	423	4,744.80	2,007,050	0.42
3.1.2.4	SOBRE A SP 561	M2	588	4,744.80	2,789,942	0.59
3.1.2.5	SOBRE A SP 463	M2	588	4,744.80	2,789,942	0.59

Nº.	Descrição	Unid.	Quant.	P. Unit.(R\$)	Custo Total (R\$)	% do Total Geral
3.1.2.6	SOBRE A SP 320	M2	588	4,744.80	2,789,942	0.59
3.1.3	CONTORNO VOTUPORANGA					
3.1.3.1	SOBRE A SP 461	M2	588	4,744.80	2,789,942	0.59
3.1.3.2	SOBRE A ESTR. FABIO CAVALLARI	M2	423	4,744.80	2,007,050	0.42
3.1.4	CONTORNO MIRASSOL & SÃO JOSÉ DO RIO PRETO					
3.1.4.1	SOBRE A ESTR. P. BARRA DOURADA	M2	423	4,744.80	2,007,050	0.42
3.1.4.2	SOBRE A ROD. ANTÔNIO VISOTO	M2	423	4,744.80	2,007,050	0.42
3.1.4.3	SOBRE A ESTR. MUN. MIRASSOL – RUILÂNDIA	M2	423	4,744.80	2,007,050	0.42
3.1.4.4	SOBRE A SP – 425	M2	588	4,744.80	2,789,942	0.59
3.1.4.5	SOBRE A ROD. VICINAL	M2	423	4,744.80	2,007,050	0.42
3.1.4.6	SOBRE A AC. JOÃO NEVES	M2	423	4,744.80	2,007,050	0.42
3.1.4.7	SOBRE A SP 310	M2	588	4,744.80	2,789,942	0.59
	TOTAL DO ITEM 3.1				40,382,993	8.47
3.2	ADUELAS					
3.2.1	ADUELAS DE CONCRETO 1,5 X 1,5 X 1,0	UND	200	980.00	196,000	0.04
	TOTAL DO ITEM 3.2				196,000	0.04
	TOTAL DO ITEM 3				40,578,993	8.51

Nº.	Descrição	km	R\$/m2	m2	Custo Total (R\$)	% do Total Geral
4	ESTIMATIVA DOS CUSTOS DE DESAPROPRIAÇÃO					
4.1	ALARGAMENTO DO TRECHO EXISTENTE EM ÁREA RURAL	154.76	3.00	928,560.00	2,785,680	0.58
4.2	ALARGAMENTO DO TRECHO EXISTENTE EM ÁREA INTERMEDIÁRIA	14.43	100.00	86,580.00	8,658,000	1.82
4.3	CONTORNO TRÊS FRONTEIRAS	4.83	3.00	173,880.00	521,640	0.11
4.4	CONTORNO URÂNIA E JALES	20.77	3.00	747,720.00	2,243,160	0.47
4.5	CONTORNO VOTUPORANGA	4.31	3.00	155,160.00	465,480	0.10
4.6	CONTORNO MIRASSOL E SÃO JOSÉ DO RIO PRETO	34.87	3.00	1,255,320.00	3,765,960	0.79
	TOTAL DO ITEM 4				18,439,920	3.87

4.2 Cenário 2 – Proposta de uma nova via

Traçado preliminar

A Figura 4.7 apresenta o traçado preliminar proposto a partir dos critérios pré-estabelecidos, que resultou em uma via de 205 km de extensão total ligando os municípios de Santa Fé do Sul e São José do Rio Preto, com padrão geométrico superior ao obtido no cenário 1.

Figura 4.7 – Vista Geral do traçado preliminar proposto – Cenário 2

Obras de arte especiais

Para esse cenário foram identificadas necessárias a implantação de 21 obras de arte do tipo viadutos nos cruzamentos com rodovias municipais e estaduais listadas na Tabela 4.8.

Tabela 4.8 - Características dos cruzamentos em nível identificados para o Cenário 2

Cruzamento da ferrovia com as rodovias	Municipal/Estadual
SP-595 – Rod. Dos barrageiros	Estadual
Não identificada – via de acesso ao município de Santana da Ponte Pensa (I)	Municipal
Não identificada – via de acesso ao município de Santana da Ponte Pensa (II)	Municipal
SP-563 – Rod. Euphy Jalles	Estadual
AC. p/ Rod. Euphy Jalles	Municipal
SP-463 – Rod. Elyeser Montenegro Magalhães	Estadual
Estrada SPV – 082	Municipal
Não identificada – via de acesso ao município de Magdá	Municipal
Não identificada – via de acesso ao município de Floreal	Municipal
SP-310 – Rod. Feliciano Salles da Cunha	Estadual
SP-461 – Rod. Dr. Otaviano Cardoso Filho	Estadual
AC. Jamil Chamas	Municipal
AC. Pref. Candico Poloni	Municipal
SP-377 – AC. João Pedro de Rezende	Estadual
Não identificada – via de acesso ao município de Miraluz	Municipal
SP-425	Estadual
SP-355 – Rod. Mauricio Goulart	Estadual
Estrada Municipal Nova Aliança – Potirendaba	Municipal
Estrada Municipal Potirendaba	Municipal
AC. João Neves	Municipal
SP-310 – Rod. Washington Luiz	Estadual

Com relação à instalação de aduelas de concreto nos fundos de vale, verificou-se necessária a implantação de um total de 970 unidades dessa tecnologia para o cenário proposto.

Desapropriações

Os preços unitários das terras para esse cenário considera os mesmos valores adotados para o cenário 1, apresentados na Tabela 4.6.

No entanto, para esse cenário as áreas necessárias à serem desapropriadas foram identificadas por inspeção no *software Google Earth* e classificadas como “rurais”. Esse argumento justifica-se pelo fato de que para este cenário foi proposto que a via não passasse por perímetros urbanos.

O modelo generalizado de custos com os valores parciais e o valor total dos investimentos necessários para esse cenário é apresentado na Tabela 4.9.

Tabela 4.9 – Estimativa de custos – Proposta de via
Seção: Santa Fé do Sul – São José do Rio Preto
Extensão: 205 km

ESTIMATIVA DO CUSTO TOTAL	497,249,338
R\$/km	2,425,607

Nº.	Descrição	Unid.	Quant.	P. Unit.(R\$)	Custo Total (R\$)	% do Total Geral
1	ESTIMATIVA DOS CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO DA SUPERESTRUTURA FERROVIÁRIA					
1.1	PEDRA BRITADA PARA LASTRO (1.7 m³/m - 1.700 m³/km)	M3	348,500.00	49.65	34,606,050	6.96
1.2	DISTRIBUIÇÃO DE LASTRO	M3	348,500.00	28.40	19,794,800	3.98
1.3	DORMENTES MONOBLOCO DE CONCRETO BITOLA LARGA (1667 unid./km)	UND	341,735.00	280.00	191,371,600	38.49
1.4	TRILHOS UIC - 60 (120t/km)	TON	24,600.00	887.65	43,672,380	8.78
1.5	PLACA DE APOIO TR 60 (3334 unid/km)	UND	683,470.00	21.53	29,430,218	5.92
1.6	FIXAÇÃO ELÁSTICA TIPO RN COMPLETA JOGO (6668 unid/km)	UND	1,366,940.00	18.83	51,478,960	10.35
1.7	TALAS DE JUNÇÃO ISOLADA TR-60 (12 unid/km)	UND	2,460.00	822.39	4,046,159	0.81
	TOTAL DO ITEM 1				374,400,167	75.29

Nº.	Descrição	Unid.	Quant.	P. Unit.(R\$)	Custo Total (R\$)	% do Total Geral
2	ESTIMATIVA DOS CUSTOS DE TERRAPLENAGEM					
2.1	LIMP. TERRENO COM DESTOCAMENTO DE ARVORES C/ PERÍMETRO <= 78 CM	M2	8,422,920.00	0.59	4,969,523	1.00
2.2	RASPAGEM DO TERRENO	M2	8,422,920.00	0.59	4,969,523	1.00
2.3	ESCAV. CARGA MAT 1ª CATEGORIA	M3	4,889,408.54	4.06		
	ESCAV. CARGA COM EMPOLAMENTO (x 1,1)	M3	5,378,349.40	4.06	21,836,099	4.39
2.4	COMPACTAÇÃO DE ATERROS A 95% PROCTOR NORMAL	M3	4,578,299.35	3.42		
	ATERRO COM REDUÇÃO (x 1,2)	M3	5,493,959.22	3.42	18,789,341	3,78
	TOTAL DO ITEM 2				50,564,485	10.17

Nº.	Descrição	Unid.	Quant.	P. Unit.(R\$)	Custo Total (R\$)	% do Total Geral
3	ESTIMATIVA DOS CUSTOS DE OBRA DE ARTE					
3.1	VIADUTOS					
3.1.1	SOBRE A SP 595 – ROD. DOS BARRAGEIROS	M2	588.00	4,744.80	2,789,942	0.56
3.1.2	SOBRE ROD. NÃO IDENTIFICADA ACESSO AO MUNICÍPIO DE SANTANA DA PONTE PENSEA	M2	423.00	4,744.80	2,007,050	0.40
3.1.3	SOBRE ROD. NÃO IDENTIFICADA ACESSO AO MUNICÍPIO DE SANTANA DA PONTE PENSEA II	M2	423.00	4,744.80	2,007,050	0.40
3.1.4	SOBRE A SP 563 - RODOVIA EUPHY JALES	M2	588.00	4,744.80	2,789,942	0.56
3.1.5	SOBRE A AC P/ ROD. EUPHY JALES	M2	423.00	4,744.80	2,007,050	0.40
3.1.6	SOBRE A SP 463 - ROD. ELYESER MONTENEGRO MAGALHÃES	M2	588.00	4,744.80	2,789,942	0.56
3.1.7	SOBRE A ESTR. SPV – 082	M2	423.00	4,744.80	2,007,050	0.40
3.1.8	SOBRE ROD. NÃO IDENTIFICADA ACESSO AO MUNICÍPIO DE MAGDÁ	M2	423.00	4,744.80	2,007,050	0.40
3.1.9	SOBRE ROD. NÃO IDENTIFICADA ACESSO AO MUNICÍPIO DE FLOREAL	M2	423.00	4,744.80	2,007,050	0.40
3.1.10	SOBRE A SP 310 - ROD. FELICIANO SALLES DA CUNHA	M2	588.00	4,744.80	2,789,942	0.56
3.1.11	SOBRE A SP 461 - ROD. DR. OTAVIANO CARDOSO FILHO	M2	588.00	4,744.80	2,789,942	0.56
3.1.12	SOBRE A AC. JAMIL CHAMAS	M2	423.00	4,744.80	2,007,050	0.40
3.1.13	SOBRE A AC. PREF. CANDICO POLONI	M2	423.00	4,744.80	2,007,050	0.40
3.1.14	SOBRE A SP 377 - AC. JOÃO PEDRO DE REZENDE	M2	588.00	4,744.80	2,789,942	0.56
3.1.15	SOBRE ROD. NÃO IDENTIFICADA ACESSO AO MUNICÍPIO DE MIRALUZ	M2	423.00	4,744.80	2,007,050	0.40
3.1.16	SOBRE A SP 425	M2	588.00	4,744.80	2,789,942	0.56
3.1.17	SOBRE A SP 355 - ROD. MAURICIO GOULART	M2	588.00	4,744.80	2,789,942	0.56
3.1.18	SOBRE A ESTR. MUNICIPAL NOVA ALIANÇA – POTIRENDABA	M2	423.00	4,744.80	2,007,050	0.40
3.1.19	SOBRE A ESTR. MUNICIPAL POTIRENDABA	M2	423.00	4,744.80	2,007,050	0.40
3.1.20	A AC. JOÃO NEVES	M2	423.00	4,744.80	2,007,050	0.40
3.1.21	SOBRE A SP 310 - ROD WASHINGTON LUIZ	M2	588.00	4,744.80	2,789,942	0.56
	TOTAL DO ITEM 3.1				49,194,086	9.89
3.2	ADUELAS					
3.2.1	ADUELAS DE CONCRETO 1,5X1,5X1,0	UND	970	980.00	950,600	0.19
	TOTAL DO ITEM 3.2				950,600	0.19

	<i>TOTAL DO ITEM 3</i>				50,144,686	10.08
Nº.	Descrição	km	R\$/m2	m2	Custo Total (R\$)	% do Total Geral
4	ESTIMATIVA DOS CUSTOS DE DESAPROPRIAÇÃO					
4.1	DESAPROPRIAÇÃO	205	3.00	7380000	22,140,000	4.45
	<i>TOTAL DO ITEM 4</i>				22,140,000	4.45

Capítulo 5

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

5.1 Traçado preliminar e caracterização das alternativas

Os resultados obtidos na etapa de geração dos traçados preliminares mostram uma redução significativa da distância percorrida a favor do Cenário 2 no eixo entre as cidades objeto de estudo, mesmo com a imposição de um novo traçado em regiões com expressivas variações das declividades e grande quantidade de fundos de vale que exigiram o contorno dessas áreas.

A imposição de eliminar o tráfego de trens na área urbana (Cenário 1) propondo-se obras de contorno dessas áreas, acarretou em um número significativo de contornos para uma corredor de extensão relativamente pequena.

Como relatado no Capítulo 4, ao final do processo de caracterização das alternativas e verificação dos limites impostos, foram obtidos traçados com extensão de 234 e 205 km no Cenário 1 e Cenário 2, respectivamente, apresentados na Figura 5.1 que ilustra a via proposta, a via existente e os 4 contornos estabelecidos na implantação do Cenário 1 para os municípios de Três Fronteiras, Urânia, Jales, Votuporanga, Mirassol e São José do Rio Preto.

Figura 5.1 – Traçados preliminares

A caracterização planialtimétrica do terreno permitiu que fossem estimados os diagramas de massa associados à terraplenagem necessária a cada cenário, apresentados em suma na Tabela 5.1 e Tabela 5.2.

Tabela 5.1 - Estimativas dos volumes totais (m³) de corte e aterro – Cenário 1

Descrição	Volume de corte	Volume de aterro
Contorno Três Fronteiras	95,920.87	59,490.09
Contorno Urânia e Jales	176,893.33	59,984.01
Contorno Votuporanga	108,795.31	98,835.48
Contorno Mirassol e São J.R. Preto	856,348.08	953,891.28
TOTAL	1,237,957.59	1,172,200.86

Tabela 5.2 – Estimativas dos volumes totais (m³) de corte e aterro – Cenário 2

Descrição	Volume de corte	Volume de aterro
TOTAL	5,378,349.40	5,493,959.22

Os resultados mostram que os volumes de corte e aterro no Cenário 2 são superiores da ordem de quatro vezes os volumes obtidos no Cenário 1 e que essa diferença está associada ao fato de ter sido submetida aos procedimentos uma área aproximadamente duas vezes maior no Cenário 2 em relação ao Cenário 1, além das condições topográficas desfavoráveis observadas naquele cenário.

5.2 Custos

Em termos percentuais, o custo total para a construção de uma nova via com novos e melhores padrões de projeto e afastada de aglomerações urbanas (R\$ 4,97x10⁸), dado pela soma dos custos de superestrutura, terraplenagem, obras de arte especiais e desapropriações associados a cada cenário (Tabela 5.3) , supera em apenas 4,3% aproximadamente o custo de recuperação e modernização da via existente (R\$ 4,76x10⁸).

Tabela 5.3 – Estimativas dos custos totais para os cenários

Descrição dos custos	Cenário 1 (R\$)	Cenário 2 (R\$)	Δ (%)
Superestrutura ferroviária	404.860.328,00	374.400.167,00	8.13
Terraplenagem	12.984.754,00	50.564.485,00	289.41
Obras de arte especiais	40.578.993,00	50.144.686,00	23.57
Desapropriação	18.439.920,00	22.140.000,00	20.06
Total	476.863.995,00	497.249.338,00	4.27
Total/km	2.038.142,00	2.425.607,00	19.01

Figura 5.2 - Histograma das estimativas de custos por cenários

A principal razão para essa percentagem relativamente pequena está associada à redução do comprimento total da via na proposta de um novo traçado (Cenário 2).

Com isso, a diferença de custos obtida entre os cenários para o custo de superestrutura ferroviária, que mostrou-se como o custo preponderante na análise dos custos de implantação de uma nova ferrovia para ambos os cenários, atinge um valor próximo à diferença obtida entre os cenários para o custo de terraplenagem e um valor da ordem de 60% inferior aproximadamente em relação à soma das diferenças nos valores obtidos para as parcelas dos custos de terraplenagem, obras de arte especiais e desapropriações.

Em relação a cada uma dessas parcelas, os resultados obtidos mostram que apesar da área a ser desapropriada para a implantação da faixa de domínio no Cenário 2 ($7.380.000\text{m}^2$ em áreas rurais) ser consideravelmente maior em relação à área a ser desapropriada no Cenário 1 ($3.347.220\text{ m}^2$, dentre os quais $2.332.080\text{m}^2$ situam-se em áreas rurais e $1.015.140\text{m}^2$ em áreas intermediárias), o custo estimado de desapropriação é da mesma ordem de grandeza, em razão do custo unitário de terra no Cenário 2 ser muito mais baixo.

Como apresentado na aplicação do método, os terrenos situados em regiões denominadas intermediárias têm um custo superior em relação àqueles situados em áreas rurais. Nesse contexto, a necessidade de aquisição de alguns trechos situados em terrenos dessa categoria pode resultar em valores superiores em relação à desapropriação de áreas maiores, porém situadas em regiões rurais, o que permite inferir que nem sempre é válida a hipótese de que os custos de desapropriação de áreas destinadas à construção de uma nova ferrovia são um fator preponderante na análise de comparação com a reestruturação de uma via existente.

Além disso, o percentual dos custos de desapropriação é pequeno em relação ao dos outros custos, conforme apresentado na Figura 5.3.

Da mesma forma, os investimentos em obras de arte especiais são da mesma ordem de grandeza para ambos os cenários, o que se explica pelo grande número

de contornos ferroviários propostos no Cenário 1, com um número expressivo de interseções.

Figura 5.3 – Percentuais em relação ao custo total da ferrovia

Em relação ao custo de terraplenagem, apesar desse custo no Cenário 2 ser da ordem de quatro vezes o custo estimado no Cenário 1, ele não é um diferencial de grande impacto no custo total estimado para os cenários, conforme apresenta a Figura 5.3.

No entanto, cabe ressaltar que os custos de terraplenagem atingiriam valores acima dos obtidos se tivessem sido considerados os custos de transporte e distribuição do material de corte, aterro, empréstimo e bota-fora.

Para ilustrar a influência que esses custos teriam nos resultados finais, efetuou-se de forma expedita uma análise do efeito do transporte daqueles materiais sob hipótese de que todo o corte seria utilizado nos aterros inferindo, portanto, que o volume de corte é sempre maior que o volume de aterro.

Nessa análise foram estabelecidos os fatores de redução devido à compactação do solo, igual a 20%, e de empolamento devido ao aumento do volume de solo decorrente das escavações, com valor igual a 10%.

Para o cálculo da distância econômica de transporte (d_{et}) foram considerados os custos de escavação (C_e) e transporte (C_t) apresentados na Tabela 5.4, obtidos a partir do modelo padronizado de custos unitários do DER - SP.

Tabela 5.4 – Custo de transporte de material de 1/2 categoria

Distância de transporte	Custo de transporte (m³ x km)
Até 1,0 km	3,41
Até 2,0 km	2,00
Até 5,0 km	1,56

Fonte: DER (2010)

Como a distância econômica de transporte é função das distâncias médias de transporte para empréstimo e bota-fora, considerou-se por hipótese que seriam realizados bota-fora e empréstimo situados em locais de mesma distância, com valores variando entre 0,5 km e 5,0 km.

A análise dos resultados obtidos permitem inferir por exemplo, que para o bota-fora ou empréstimo de material em um ponto localizado até 500 metros do corte/aterro, a distância econômica de transporte seria de 2,2 km. Ou seja, para distâncias menores que a distância econômica de transporte, seria mais econômico transportar o solo dos cortes para os aterros e, para distâncias maiores, seria mais vantajoso fazer bota-fora do material do corte e nova escavação para a construção dos aterros.

O momento de transporte foi obtido multiplicando-se a distância média de empréstimo (d_{emp}) e bota-fora (d_{bf}) pelo volume de aterro a ser transportado. Posteriormente o custo total de transporte para o trecho de ferrovia considerado foi obtido multiplicando-se o momento de transporte pelo custo de transporte para a distância determinada.

Por fim, o custo total de transporte no segmento foi obtido pela soma dos custos de transporte do volume de aterro e de bota-fora e dos custos de transporte do volume de corte e de empréstimo.

Na Tabela 5.5 à Tabela 5.12 apresentadas a seguir são indicados os volumes e custos de transporte de corte e aterro dos contornos estabelecidos no Cenário 1, próximos às cidades de Três Fronteiras, Urânia e Jales, Votuporanga e Mirassol e São José do Rio Preto.

Tabela 5.5 – Volumes de movimentação de solo no contorno de Três Fronteiras

Tipo de movimentação	Volume (m³)
Corte	87.200,79
Aterro	49.575,07
Corte com empolamento	95.920,87
Aterro com redução	59.490,09
Bota-fora	36.430,79

Tabela 5.6 – Custos de transporte no contorno de Três Fronteiras

d_{emp/bf} (km)	C_{transp} (R\$)	d_{et} (Km)	M (m³xkm)	Custo transporte	Custo bota-fora	Custo total transporte
0,5	3,41	2,20	65.160,00	222.195,00	62.114,00	284.310,00
1,0	3,41	3,20	94.905,00	323.626,00	124.229,00	447.855,00
2,0	2,00	6,00	179.363,00	358.725,00	145.723,00	504.448,00
5,0	1,56	12,60	374.864	584.788,00	284.160,00	868.948,00

Tabela 5.7 – Volumes de movimentação de solo no contorno de Urânia e Jales

Tipo de movimentação	Volume (m³)
Corte	160.812,12
Aterro	49.986,67
Corte com empolamento	176.893,33
Aterro com redução	59.984,01
Bota-fora	116.909,32

Tabela 5.8 – Custos de transporte no contorno de Urânia e Jales

$d_{emp/bf}$ (km)	C_{transp} (R\$)	d_{et} (Km)	M (m ³ xkm)	Custo transporte	Custo bota-fora	Custo total transporte
0,5	3,41	2,20	65.701,00	224.040,00	199.330,00	423.371,00
1	3,41	3,20	95.693,00	326.313,00	398.661,00	724.974,00
2	2,00	6,00	180.852,00	361.704,00	467.637,00	829.341,00
5	1,56	12,60	377.976,00	589.643,00	911.893,00	1.501.536,00

Tabela 5.9 – Volumes de movimentação de solo no contorno de Votuporanga

Tipo de movimentação	Volume (m ³)
Corte	98.904,82
Aterro	82.362,90
Corte com empolamento	108.795,31
Aterro com redução	98.835,48
Bota-fora	9.959,83

Tabela 5.10 – Custos de transporte no contorno de Votuporanga

$d_{emp/bf}$ (km)	C_{transp} (R\$)	d_{et} (Km)	M (m ³ xkm)	Custo transporte	Custo bota-fora	Custo total transporte
0,5	3,41	2,20	108.255,00	369.151,00	16.981,00	386.132,00
1,0	3,41	3,20	157.673,00	537.665,00	33.963,00	571.628,00
2,0	2,00	6,00	297.989,00	595.978,00	39.839,00	635.817,00
5,0	1,56	12,60	622.790,00	971.553,00	77.687,00	1.049.239,00

Tabela 5.11 – Volumes de movimentação de solo no contorno de Mirassol e São José do Rio Preto

Tipo de movimentação	Volume (m³)
Corte	778.498,26
Aterro	794.909,40
Corte com empolamento	856.348,08
Aterro com redução	953.891,28
Empréstimo	97.543,20

Tabela 5.12 – Custos de transporte no contorno de Mirassol e São José do Rio Preto

d_{emp/bf} (km)	C_{transp} (R\$)	d_{et} (Km)	M (m³×km)	Custo transporte	Custo empréstimo	Custo total transporte
0,5	3,41	2,20	937.965,00	3.198.460,00	166.311,00	3.364.771,00
1,0	3,41	3,20	1.366.139,00	4.658.534,00	332.622,00	4.991.156,00
2,0	2,00	6,00	2.581.889,00	5.163.779,00	390.173,00	5.553.952,00
5,0	1,56	12,60	5.396.091,00	8.417.902,00	760.837,00	9.178.739,00

Nas Tabelas 5.13 e 5.14 são apresentados os volumes de corte e aterro e os custos de transporte na proposta de nova via do Cenário 2.

Tabela 5.13 – Volumes de movimentação de solo da via proposta

Tipo de movimentação	Volume (m³)
Corte	4.889.408,54
Aterro	4.578.299,35
Corte com empolamento	5.378.349,40
Aterro com redução	5.493.959,22
Empréstimo	115.609,82

Tabela 5.14 – Custos de transporte da via proposta

$d_{\text{emp/bf}}$ (km)	C_{transp} (R\$)	d_{et} (km)	M ($\text{m}^3 \times \text{km}$)	Custo transporte	Custo empréstimo	Custo total transporte
0,5	3,41	2,20	5.890.849,00	20.088.135,00	197.115,00	20.285.250,00
1,0	3,41	3,20	8.580.123,00	29.258.221,00	394.230,00	29.652.450,00
2,0	2,00	6,00	16.215.723,00	32.431.447,00	462.439,00	32.893.886,00
5,0	1,56	12,60	33.890.497,00	52.869.175,00	901.757,00	53.770.931,00

Com base nos valores apresentados acima e nos custos totais de implantação dos trechos ferroviários no Cenário 1 e Cenário 2 (Tabela 5.15), é possível identificar o percentual de contribuição que os custos de transporte de solo exercem sobre esses valores. Na Tabela 5.16 são apresentados os custos totais de transporte de solo em cada cenário, em função da distância de empréstimo e bota-fora ($d_{\text{emp/bf}}$), e a porcentagem desses valores sobre o custo total das obras.

Tabela 5.15 – Custo total de implantação dos cenários (R\$)

Cenário 1	Cenário 2
476.863.995,00	497.249.338,00

Tabela 5.16 – Acréscimo no custo total dos cenários em função das distâncias de empréstimo e bota-fora.

$d_{\text{emp/bf}}$ (km)	Custo de transporte (R\$)		Contribuição sobre o custo total (%)	
	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 1	Cenário 2
0,5	4.458.584,00	20.285.250,00	0,9 %	4,1 %
1,0	6.735.613,00	29.652.450,00	1,4 %	6,0 %
2,0	7.523.558,00	32.893.886,00	1,6 %	6,7 %
5,0	12.598.461,00	53.770.931,00	2,6 %	10,9 %

Diante os resultados obtidos pode-se inferir que os custos de transporte em projetos de terraplenagem podem atingir valores expressivos em função das distâncias de empréstimo e bota-fora, por isso em análises mais avançadas, na

etapa de projeto básico, estudos mais específicos devem ser contemplados. No entanto, para essa pesquisa, cujo objetivo foi o desenvolvimento de um método simplificado para análises prévias de viabilidade de anteprojetos, desconsiderou-se tamanho detalhamento.

Nos trechos do Cenário 1 em que o leito da ferrovia é o do traçado atual, não foi avaliado o volume de investimentos complementares para adequar o gabarito da seção transversal à operação de vagões plataforma com contêineres empilhados – *double stack train*. Essa adequação tende a reduzir o diferencial entre o custo total do Cenário 1 versus o Cenário 2.

Apesar de se reconhecer as limitações da acurácia dos valores de custo encontrados em virtude das simplificações da modelagem do problema, os valores de custo/km de construção de via férrea obtidos no modelo, são compatíveis com valores internacionais e nacionais citados em RTWP (2010), CNT (2010) e Santos (2008).

5.3 Inferências do ponto de vista técnico e ambiental

Do ponto de vista técnico, o Cenário 2 ainda apresenta a vantagem de oferecer um padrão geométrico superior em relação ao obtido com a recuperação e modernização da via existente, que mantém os traçados originais nos trechos onde não são consideradas obras de contorno ferroviário.

Destaca-se ainda o fato de que as obras necessárias na recuperação e modernização da via existente exigiriam que o transporte de cargas na via fosse interrompido para a execução das obras parcial ou totalmente, afetando as operações de um dos principais corredores de exportação de granéis do país.

Em contrapartida, as obras de execução de uma nova via férrea no Cenário 2, poderiam ser feitas mantendo o transporte na via existente até a conclusão total ou parcial das obras. Pode-se pensar, por exemplo em concluir as obras de uma via singela e posteriormente executar a duplicação dessa via, permitindo o tráfego de

trens em dois sentidos antes mesmo de serem concluídas as obras de implantação total do Cenário 2.

Do ponto de vista dos impactos ambientais, mesmo não tendo sido realizados estudos específicos, os resultados da aplicação do método permitem inferir que a construção de uma nova via em áreas afastadas das aglomerações urbanas em substituição à via existente, atenuaria os impactos mencionados na revisão bibliográfica deste trabalho: ruídos, vibrações, impactos sobre a comunidade, etc.

Por fim, quando somados, esses fatores permitiriam por hipótese uma maior capacidade de processamento dos trens no Cenário 2, quando comparado à capacidade provável no Cenário 1 em função da melhor condição geométrica do novo traçado.

Capítulo 6

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

6.1 Conclusões

Este trabalho cumpre com o objetivo de investigar a viabilidade de construção de uma nova ferrovia em detrimento da recuperação da via existente e, de maneira geral, contribuir para o desenvolvimento de estratégias de investimento do transporte de cargas no país.

Apesar das limitações encontradas na obtenção dos dados para a aplicação prática, o método proposto apresentou resultados consistentes com as informações citadas na bibliografia consultada para o custo médio por km de ferrovia, que varia entre R\$ 2×10^6 e R\$ 5×10^6 .

No cenário de implantação de uma nova ferrovia entre as cidades de Santa Fé do Sul e São José do Rio Preto esse custo foi da ordem de R\$ $2,4 \times 10^6$ e no cenário de recuperação e modernização da via existente no trecho indicado foi de aproximadamente R\$ $2,0 \times 10^6$. De acordo com Santos (2008) o custo médio por km para ferrovias singelas com os mesmos padrões geométricos propostos na aplicação do método (rampa máxima de 1% e raio de curva superior a 600 metros) é estimado em R\$ $2,5 \times 10^6$, incluindo os custos de superestrutura e infraestrutura.

Pode-se ainda inferir que os resultados obtidos validam a hipótese de que a construção de uma nova via é uma alternativa atraente em relação à aplicação de melhorias na via existente, dado que a diferença entre os custos apresentados é da ordem de apenas 4,3% superior para a construção da nova ferrovia e, mesmo se tivessem sido considerados os custos de transporte e distribuição do material de corte e aterro, ainda assim, a alternativa seria atraente.

A aplicação do modelo mostra que a diferença nos custos obtidos para a implantação dos cenários está associada ao fato de que o aumento da capacidade de processamento de trens por dia na ferrovia pela modernização e retificação da via existente exige a duplicação em áreas com elevado custo de desapropriação,

grande quantidade de obras de contorno das áreas urbanas, com conseqüente aumento da extensão da via, e elevado investimento na superestrutura ferroviária.

Em contrapartida, a construção de uma nova ferrovia mostra-se atraente pelo fato de eliminar os gargalos existentes, privilegiar a passagem por áreas afastadas dos centros urbanos, permitindo o desenvolvimento dos municípios no entorno do antigo traçado em conseqüência da utilização das áreas remanescentes da desativação da ferrovia.

A construção de uma nova via apresenta ainda a vantagem de oferecer um padrão geométrico superior, uma vez que na via existente, para os trechos onde não são considerados os contornos ferroviários, as características geométricas do traçado original são mantidas. Nesse contexto, a capacidade de processamento dos trens no traçado existente permanece prejudicada, pois os parâmetros geométricos como inclinação máxima da rampa e raio mínimo de curvas afetam diretamente a velocidade média dos trens.

Por fim, os resultados obtidos mostram que, dentro das limitações da técnica de modelagem, o método mostrou-se como uma ferramenta de fácil utilização e adequada para análises prévias de viabilidade de implantação de ferrovias.

O modelo computacional de geração de gradientes, baseado no *SRTM*, foi preponderante no desenvolvimento do método proposto. Com isso, fica disponibilizada uma ferramenta de apoio à tomada de decisões, permitindo que outros trechos sejam analisados e novas ferrovias e/ou variantes sejam propostas a partir de análises prévias.

6.2 Sugestões para trabalhos futuros

Para trabalhos futuros e complementares a este, recomenda-se que sejam investigados, em maior profundidade, aspectos construtivos do sistema ferroviário não mencionados na pesquisa, tais como drenagem, sinalizações, estações, pátios, contenção de encostas, fundações, etc.

Recomenda-se ainda que seja explorado e aperfeiçoado o algoritmo utilizado nos cálculos de transporte e distribuição dos solos, incluindo-os na planilha de custos, o que possibilitaria valores mais exatos para os custos totais de implantação de novas ferrovias. Sugere-se a verificação da localização ótima para bota-fora e empréstimo e em quais circunstâncias seria feito o transporte de solo dos cortes para os aterros ou o bota-fora do material de corte, acarretando em novas escavações para a construção dos aterros.

Sugere-se também a aplicação do método em outras redes ferroviárias no Brasil, onde se prevê um forte aumento de fluxo de cargas a granel, de cargas fracionadas e containerizadas, que poderiam em princípio ser transportadas pelo modo ferroviário.

Podem ainda ser realizados estudos aplicando-se técnicas de avaliação de projetos distintas da abordada nesse trabalho, permitindo a comparação dos custos e benefícios decorrentes da implantação de cada uma das alternativas propostas.

Capítulo 6

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGENCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES. Disponível em <<http://www.antt.gov.br/>>. Acesso em 21 mar. 2009.

ALVES, G.S.M. (2005). **Os dormentes ferroviários, seu tratamento e o meio ambiente**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2005.

AMARAL, A. (1957). **Manual de engenharia ferroviária**. Rio de Janeiro: Ed. Globo, 1957, 696p.

AMÉRICA LATINA LOGÍSTICA. Disponível em <<http://www.all-logistica.com>>. Acesso em: 01 mar. 2010.

ANTT (2009). **Velocidades média anual comercial e de percurso, em quilômetros por hora, por estrada – 2004-2008**. Disponível em <<http://www.antt.gov.br/InformacoesTecnicas/>> . Acesso em 11 abr. 2009.

AREMA (2009). **Manual for railway engineering and maintenance of way association**. Disponível em: <<http://www.arema.org/>>. Acesso em: 22 mai. 2009.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTADORES FERROVIÁRIOS (2009). **Histórico da malha norte – ALL**. Disponível em <<http://www.antfferrovias.org.br/joomla/pdfs/Ferronorte>>. Acesso em: 07 dez. 2009.

BATISTA, C.N.O. (2006). **Contribuição à análise da capacidade de trens cargueiros em linhas ferroviárias singelas no Brasil**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

BRANCO, J.E.H. (2007). **Estimativa da demanda de carga captável pela Estrada de Ferro Norte – Sul**. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

BRINA, H.L. (1979). **Estradas de ferro**. V. 2. Rio de Janeiro: Ed. Livros Técnicos e Científicos, 1979. 258p.

BUTTON, K. ; ROTHENGATTER, W. (1993). **Global environmental degradation: The role of transport**. In: Transport, the environment and sustainable development, 1993.

CEU (2002). **Environmental impacts of transport**. Departament of Environmental Sciences an Policy, Central European University, 2002.

CGIAR-SI, (2010). **SRTM 90m digital elevation data**. Disponível em <<http://srtm.csi.cgiar.org/>>. Acesso em 01 jul. 2010.

CNT (2009). **Pesquisa CNT de ferrovias 2009**, Brasília, DF. Disponível em <<http://www.cnt.org.br/informacoes/pesquisas/ferroviaria/2009/>>. Acesso em: 08 jun 2010.

CNT (2010). **Para cargas, ferrovias é mais eficaz.** Disponível em <<http://www.sistamacnt.org.br/portal/webCanalNoticiasCNT/>>. Acesso em: 26 mai. 2010.

COELI, C.C.M. (2004). **Análise da demanda por transporte ferroviário: O caso do transporte de grãos e farelo de soja na Ferronorte.** Dissertação (Mestrado em Administração) – Instituto Coppead de Administração, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

CONAMA (1986). Resolução CONAMA Nº 001, de 23 de janeiro de 1986. In: **Resoluções do CONAMA.** Disponível em <<http://www.mma.gov.br/conama>>. Acesso em: 04 jan 2010.

COPEL ENGENHARIA INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA. Disponível em <<http://www.tuboscopel.com.br/>>. Acesso em 15 out. 2010.

COSTA, O.B. (2009). **Ferrovia Norte Sul: licenciamento ambiental (lote 12) e desenvolvimento socioeconômico.** Dissertação (Curso de Tecnologia e Gestão Ambiental) – Faculdade Católica de Tocantins, Palmas, 2009.

CURI, N. L. C. (2009). **Análise comparativa de custos dos modais ferroviário e rodoviário para o transporte de cargas na Amazônia.** São José dos Campos, 2009. 75f.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO – DER, SP. Disponível em <<http://www.der.sp.gov.br/>>. Acesso em: 04 abr. 2010.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (2007). **Manual de custos de infraestrutura de transportes**. 1.ed. Vol 5: Manual de custos unitários de obras ferroviárias. Rio de Janeiro, 2007.

_____. (2009). **Histórico das ferrovias**. Disponível em <<http://www.dnit.gov.br/ferrovias/historico>>. Acesso em 07 dez. 2009.

DER (2005). **Projeto de estrutura de obra de arte especial**. Disponível em: <<http://www.der.sp.gov.br/documentos/>>. Acesso em 10 set. 2010.

FARR, T. G., ET AT (2007). **The shuttle radar topography mission**. Disponível em <<http://www2.nasa.gov/srtm/>>. Acesso em: 23 ago. 2010.

ISLER, C.A. (2010). **Proposta de um modelo de capacidade de processamento de trens cargueiros em redes ferroviárias de linha singela**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

MATOS, A.C.O.C. (2005). **Implementação de modelos digitais de terreno para aplicações na área de geodésia na América do Sul**. Tese (Doutorado em Engenharia de Transportes) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. Disponível em <<http://www.transportes.gov.br>>. Acesso em 08 dez. 2009.

MULLER, G.J. (2004). **Análise das variantes de contorno ferroviário nas cidades de Criciúma e Jaraguá do Sul**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. Disponível em <<http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>>. Acesso em 01 jul. 2010.

PIMENTA, C.R.T; OLIVEIRA, M.P. (2004). **Projeto geométrico de rodovias**. São Carlos: Ed. Rima, 2004. 198p.

PROMPT (2009). **Análise dos custos unitários de construção e custos e custos operacionais de grandes projetos de infraestrutura de transporte para o apoio ao projeto do trem de alta velocidade (TAV) Rio de Janeiro – São Paulo – Campinas**. Relatório final, 2009. 94p. Disponível em < <http://www.tavbrasil.gov.br/>>. Acesso em 26 out. 2010.

RTWP (2010). **Finance for railways**. Disponível em <<http://www.railway-technical.com/finance.shtml/>>. Acesso em 11 dez. 2010.

SANTOS, S. (2008). **O alto custo de construção de uma ferrovia**. Disponível em <<http://www.pet.ecv.ufsc.br/>>. Acesso em: 26 out. 2010.

SCHOPPA, R.F. (2004). **150 anos do trem no Brasil**. Rio de Janeiro, RJ:Ed. Autor, 2004. 196p.

STOPATTO, S. (1987). **Via permanente ferroviária: conceitos e aplicações**. V. 5. São Paulo: T.A. Queiroz: Editora da Universidade de São Paulo, 1987. 251p.

VALERIANO M. M. (2004). **Modelo digital de elevação com dados SRTM disponíveis para a América do Sul**. São José dos Campos, 2004.

VERDUM, R; MEDEIROS, R.M.V. (2006). **RIMA: legislação, elaboração e resultados**. 5.ed. Porto Alegre: Ed da UFRGS, 2006. 252p.

VIANA, G. (2007). **O mito do rodoviarismo brasileiro**. São Paulo: Ed. NTC & Logística, 2007. 64p.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

ABRIL, M. et al. (2008). **An assessment of railway capacity**. Transportation Research Part E, v. 44, p. 774-806, 2008.

BAR, I. (2007). **Faixas de domínio: riscos e custos à beira dos trilhos**. Revista Custo Brasil. Abril/maio 2007, ano 2, numero 8.

CHAVES, G.V.A.; PIMENTEL, R.L.; MELO, R.A. (2008). **Contribuição à análise de impactos de linhas de transporte de passageiros sobre trilhos em edificações lindeiras**, 2008.

FICI, R.P. (2007). **As ferrovias brasileiras e a expansão recente para o Centro-Oeste**. 2007. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

HAY, W.W. (1982). **Railroad engineering**. 2.ed. United States of America: Wiley Interscience, 1982.

IRJ (2010). **International railway journal**. Disponível em <<http://www.railjournal.com/>>. Acesso em 11 dez. 2010.

KHISTY, C.J. (1990). **Transportation engineering: an introduction**. Prentice Hall, Nova Jérsei, 1990.

LACERDA, S.M. (2005). **Logística ferroviária do porto de Santos: a integração operacional da infra-estrutura compartilhada**. BNDES Setorial. Rio de Janeiro, n. 24, PP 189 – 210, dez. 2005.

LANG, A.E. (2007). **As ferrovias no Brasil e a avaliação econômica de projetos: uma aplicação em projetos ferroviários**. 2007. Dissertação (Mestrado em Transportes) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

MORLOK, E.K. (1978). **Introduction to transportation engineering and planning**. New York: McGraw-Hill, 1978.

OWEN, W. (1975). **Estratégia para os transportes**. São Paulo: Pioneira, 1975.

RAMOS, G.M. (2003). **Análise prospectiva da capacidade de processamento de cargas pela ferrovia no porto de Santos. São Paulo**. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

SILVA, E.J.M. (1979). **Metodologia para avaliação e aumento da capacidade de um corredor ferroviário**. 1979. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 1979.

APÊNDICE A: MODELO DA VIA PERMANENTE

Este apêndice expõe o método de geração dos dados sobre a geometria da via permanente, relativos às suas características planimétricas e altimétricas, desenvolvido por Isler (2010) e utilizado no método de pesquisa proposto.

Em relação a essas características, o método calcula o raio de curva circular nos pontos da via definidos, a posição acumulada destes em relação ao início da trajetória e a rampa nesses locais, respectivamente, de acordo com o procedimento caracterizado nos itens subseqüentes.

Cálculo do raio da curva

Para o cálculo do raio da curva inscrita em um ponto da ferrovia, são considerados os pontos de coordenadas conhecidos à montante e à jusante desse local, por meio de uma rotina computacional inserida no *software Microsoft Excel*. Para o ponto subseqüente, o algoritmo considera as coordenadas geográficas do ponto cujo raio de curva foi calculado anteriormente e o ponto após aquele, até que toda a trajetória da ferrovia seja percorrida, como pode ser observado na Figura A.1 que ilustra o processo descrito.

Figura A.1 - Análise dos parâmetros da via permanente através de pontos sucessivos

O cálculo do raio da curva é feito com base nos elementos geométricos de uma circunferência (Figura A.2) que passam por três pontos de coordenadas conhecidas, analisados segundo o procedimento descrito anteriormente.

Figura A.2 - Curva circular (sem transição) inscrita em uma circunferência

Assim, o raio da curva com o centro de origem O e que passa pelo ponto (i) é dado algebricamente pela equação 1:

$$R_i = \sqrt{(x_i - x_0)^2 + (y_i - y_0)^2} \quad (1)$$

Como o raio de curva R_i passa pelos pontos (i-1) e (i+1) têm-se analogamente, as equações (2) e (3):

$$R_i = \sqrt{(x_{i-1} - x_0)^2 + (y_{i-1} - y_0)^2} \quad (2)$$

$$R_i = \sqrt{(x_{i+1} - x_0)^2 + (y_{i+1} - y_0)^2} \quad (3)$$

A partir disso torna-se possível obter o sistema de equações não-lineares indicado a seguir, formado pela igualdade entre as equações (1), (2) e (3):

$$\left\{ \begin{array}{l} \sqrt{(x_{i-1} - x_0)^2 + (y_{i-1} - y_0)^2} = \sqrt{(x_i - x_0)^2 + (y_i - y_0)^2} \quad (4) \\ \sqrt{(x_{i-1} - x_0)^2 + (y_{i-1} - y_0)^2} = \sqrt{(x_{i+1} - x_0)^2 + (y_{i+1} - y_0)^2} \quad (5) \end{array} \right.$$

Os desenvolvimentos algébricos das equações 4 e 5 resultam respectivamente nas seguintes igualdades:

$$x_0 \cdot (x_{i-1} - x_i) + y_0 \cdot (y_{i-1} - y_i) = \frac{x_{i-1}^2 + y_{i-1}^2 - x_i^2 - y_i^2}{2} \quad (6)$$

$$x_0 \cdot (x_i - x_{i+1}) + y_0 \cdot (y_i - y_{i+1}) = \frac{x_i^2 + y_i^2 - x_{i+1}^2 - y_{i+1}^2}{2} \quad (7)$$

Assim, resolvendo as equações (6) e (7) nas incógnitas x_0 e y_0 , relativas às coordenadas do centro da circunferência que passa pelos pontos (i-1) e (i+1), torna-se possível obter os valores numéricos destes parâmetros, tal que:

$$y_0 = \left\{ \left[\frac{x_{i-1}^2 + y_{i-1}^2 - x_i^2 - y_i^2}{2 \cdot (x_i - x_{i-1})} \right] - \left[\frac{x_i^2 + y_i^2 - x_{i+1}^2 - y_{i+1}^2}{2 \cdot (x_i - x_{i+1})} \right] \right\} / \left[\left(\frac{y_{i-1} - y_i}{x_{i-1} - x_i} \right) - \left(\frac{y_i - y_{i+1}}{x_i - x_{i+1}} \right) \right]$$

$$x_0 = \left[\frac{x_{i-1}^2 + y_{i-1}^2 - x_i^2 - y_i^2}{2 \cdot (x_i - x_{i-1})} \right] - \left(\frac{y_{i-1} - y_i}{x_i - x_{i-1}} \right) \cdot y_0$$

A aplicação desses valores na equação 1 viabiliza a obtenção do valor do raio da circunferência que passa pelo ponto (i). Entretanto, as curvas são definidas segundo seu ângulo (em graus decimais) que, geometricamente, é dado pelo parâmetro “AC” na Figura A.2. Algebricamente esse parâmetro é calculado da maneira apresentada na equação (8).

$$AC_i = 2 \cdot \arcsen \left(\frac{C_i}{2 \cdot R_i} \right) \quad (8)$$

em que: AC_i = ângulo central (ou grau) da curva

R_i = Raio da circunferência no ponto (i)

$C_i = \sqrt{(x_{i-1} - x_{i+1})^2 + (y_{i-1} - y_{i+1})^2}$ = corda relativa ao ponto (i), equivalente à distância entre os pontos (i - 1) e (i + 1) de coordenadas conhecidas.

Definidos os ângulos centrais e raios das curvas que passam nos pontos que compõem a linha ferroviária, é possível obter a posição acumulada destes em relação ao início da trajetória, tal que:

$$S_i = S_{i-1} + \frac{D_i}{2} \quad (9)$$

em que: S_i = posição do ponto (i) na trajetória

S_{i-1} = posição do ponto à montante do ponto (i), tal que $S_0 = 0$

$D_i = R_i \cdot AC_i$ = desenvolvimento, segmento de arco entre os pontos (i-1) e (i+1), indicado na Figura A.2.

Cálculo das rampas

A partir da aquisição dos arquivos (em formato de planilha) que contêm as altitudes dos pontos sobre a ferrovia que liga as cidades, os valores das elevações são calculados com base nas coordenadas desses pontos, por meio de interpolação linear e, a partir das altitudes nos pontos de coordenadas conhecidas do trecho ferroviário, calculam-se as rampas nesses locais com base no critério de pontos sucessivos utilizado para obtenção dos raios das curvas, conforme ilustrado na Figura A.3.

Figura A.3 - Esquema para cálculo das rampas nos pontos da ferrovia

A rampa em um ponto de coordenadas e altitude conhecidas é calculada segundo a Equação 10.

$$G_i = \frac{\Delta H}{\Delta S} = \frac{H_{i+1} - H_{i-1}}{S_{i+1} - S_{i-1}} \quad (10)$$

em que: G_i = rampa no ponto (i) da trajetória
 S_{i-1} = posição do ponto à montante do ponto (i)
 S_{i+1} = posição do ponto à jusante do ponto (i)
 H_{i-1} = altitude do ponto à montante do ponto (i)
 H_{i+1} = altitude do ponto à jusante do ponto (i)

APÊNDICE B: ARQUIVO TEÓRICO CONTORNO TRÊS FRONTEIRAS
CENÁRIO 1

Modelo Teórico da Via Existente

Contorno Três Fronteiras

Vol. Total corte com empolamento (m³)	95.920,87
Vol. Total aterro com redução (m³)	59.490,09
Vol. Bota - fora (m³)	36.430,79

Coordenadas		Cotas Terreno										Cotas Ferrovia						Área média total		Total	
		Rampa real(%)	Curva Real (m)	Posição (m)	CBETt (m)	CBETp (m)	CET (m)	CBDTp (m)	CBDTt (m)	CBETf (m)	CBEFp (m)	CEF (m)	CBDFp (m)	CBDFt (m)	Corte	Aterro	87,200.79	49,575.07			
X	Y																				
-50.9084	-20.2235	0.00	0	0.0	377.8	377.8	377.6	377.4	377.4	377.1	377.4	377.6	377.4	377.1							
-50.9074	-20.2234	-0.62	0	100.8	373.4	373.4	373.5	373.5	373.5	373.0	373.3	373.5	373.3	373.0	0.95	0.06	95.67	5.71			
-50.9064	-20.2233	2.30	0	202.0	376.4	376.4	376.3	376.3	376.3	375.9	376.2	376.3	376.2	375.9	0.97	-	97.82	-			
-50.9054	-20.2231	0.03	0	303.3	378.2	378.2	378.1	378.0	378.0	375.1	375.4	375.5	375.4	375.1	14.19	-	1,436.16	-			
-50.9044	-20.223	-2.03	0	403.7	376.5	376.5	376.4	376.3	376.3	376.0	376.3	376.4	376.3	376.0	14.17	-	1,423.09	-			
-50.9035	-20.2229	-2.78	0	494.3	374.3	374.3	374.3	374.2	374.2	375.8	376.1	376.2	376.1	375.8	0.50	9.31	45.35	843.31			
-50.9025	-20.2228	-1.34	0	595.5	371.2	371.2	371.1	372.0	372.0	374.1	374.4	374.5	374.4	374.1	-	24.50	-	2,479.61			
-50.9015	-20.2226	1.07	0	696.7	371.6	371.6	371.6	371.5	371.5	371.8	372.1	372.3	372.1	371.8	-	18.17	-	1,839.49			
-50.9005	-20.2225	2.14	0	797.2	371.4	371.4	373.2	373.3	373.3	372.6	372.9	373.1	372.9	372.6	0.64	4.94	64.52	495.79			
-50.8995	-20.2224	3.28	0	898.6	375.8	375.8	375.9	375.9	375.9	373.1	373.4	373.6	373.4	373.1	12.57	1.95	1,274.63	197.65			
-50.8985	-20.2222	3.17	0	1000.0	379.7	379.7	379.9	380.0	380.0	374.8	375.1	375.3	375.1	374.8	35.42	-	3,591.94	-			
-50.8975	-20.2221	1.14	0	1100.5	382.1	382.1	382.3	379.5	379.5	377.5	377.8	377.9	377.8	377.5	41.82	-	4,201.06	-			
-50.8965	-20.222	1.46	0	1200.7	382.1	382.1	382.2	382.2	382.2	381.4	381.7	381.9	381.7	381.4	20.18	-	2,022.53	-			
-50.8955	-20.222	3.31	0	1300.9	385.1	385.1	385.2	385.3	385.3	383.8	384.1	384.3	384.1	383.8	6.94	-	695.25	-			
-50.8945	-20.2219	3.39	0	1401.2	388.7	388.7	388.8	388.9	388.9	383.7	384.0	384.2	384.0	383.7	28.73	-	2,879.51	-			
-50.8935	-20.2219	-0.32	0	1501.4	391.9	391.9	392.0	392.1	392.1	386.8	387.1	387.2	387.1	386.8	48.10	-	4,821.17	-			
-50.8925	-20.2218	-2.96	0	1601.8	390.4	390.4	388.2	388.2	388.2	387.7	388.0	388.2	388.0	387.7	28.13	-	2,824.80	-			
-50.8915	-20.2218	-1.25	0	1702.3	386.0	386.0	386.1	386.1	386.2	389.6	389.9	390.0	389.9	389.6	3.67	19.29	368.72	1,936.65			
-50.8905	-20.2217	0.78	0	1803.8	385.5	385.5	385.6	385.8	385.8	385.7	386.0	386.2	386.0	385.7	0.00	21.47	0.09	2,180.00			
-50.8895	-20.2219	3.52	1063	1905.0	387.6	387.6	387.7	387.7	387.7	387.2	387.5	387.6	387.5	387.2	0.52	2.18	53.01	220.74			
-50.8885	-20.222	3.53	829	2005.5	392.7	392.7	392.7	392.8	392.8	387.2	387.5	387.6	387.5	387.2	26.46	-	2,657.23	-			
-50.8875	-20.2221	-0.66	656	2101.9	392.1	392.1	394.6	394.7	394.7	389.2	389.5	389.6	389.5	389.2	47.85	-	4,612.49	-			

Coordenadas					Cotas Terreno						Cotas Ferrovia				Área Média Total		Volumes	
X	Y	Rampa real(%)	Curva Real (m)	Posição (m)	CBETt (m)	CBETp (m)	CET (m)	CBDTp (m)	CBDTt (m)	CBEFt (m)	CBEFp (m)	CEF (m)	CBDFp (m)	CBDFt (m)	Corte	Aterro	Volume corte (m³)	Volume aterro (m³)
-50.8866	-20.2223	0.90	1220	2198.3	391.4	391.4	391.4	391.4	391.4	391.0	391.3	391.5	391.3	391.0	22.27	0.01	2,146.36	0.69
-50.8856	-20.2224	5.63	350	2298.7	396.3	396.4	396.4	396.4	396.4	395.9	396.2	396.4	396.2	395.9	0.83	0.01	83.37	0.72
-50.8846	-20.2225	3.53	759	2400.1	400.3	400.3	402.8	402.9	402.9	393.0	393.3	393.5	393.3	393.0	44.45	-	4,507.80	-
-50.8836	-20.2227	0.45	0	2501.5	403.4	403.4	403.5	403.6	403.6	398.0	398.3	398.4	398.3	398.0	70.09	-	7,107.86	-
-50.8826	-20.2228	0.22	376	2604.1	403.7	403.7	403.7	403.8	403.8	403.3	403.6	403.7	403.6	403.3	26.56	0.00	2,724.21	0.01
-50.8816	-20.2231	2.08	350	2708.5	404.0	404.0	404.0	404.0	404.0	403.6	403.9	404.0	403.9	403.6	0.85	0.00	88.51	0.08
-50.8807	-20.2234	3.46	1019	2803.4	407.9	407.9	407.9	407.9	407.9	405.3	405.6	405.7	405.6	405.3	11.52	0.00	1,092.90	0.06
-50.8797	-20.2237	3.03	0	2907.7	410.9	410.9	410.9	410.9	410.9	405.5	405.8	406.0	405.8	405.5	36.04	-	3,759.88	-
-50.8788	-20.224	2.62	0	3002.7	413.9	413.9	413.9	413.9	413.9	409.4	409.7	409.9	409.7	409.4	45.64	-	4,332.65	-
-50.8778	-20.2243	2.74	0	3107.0	416.0	416.0	416.1	416.2	416.2	412.4	412.7	412.9	412.7	412.4	37.21	-	3,882.61	-
-50.8769	-20.2246	3.35	214	3201.9	419.3	419.3	419.4	419.4	419.4	415.5	415.8	415.9	415.8	415.5	34.25	-	3,249.88	-
-50.8759	-20.2249	1.89	0	3303.4	422.6	422.6	422.7	422.7	422.7	417.6	417.9	418.0	417.9	417.6	41.28	-	4,190.12	-
-50.875	-20.2253	2.12	0	3404.9	423.2	423.2	423.2	425.8	425.8	421.0	421.3	421.4	421.3	421.0	36.62	-	3,716.84	-
-50.874	-20.2256	3.57	1162	3506.4	427.0	427.0	427.0	427.0	427.0	424.3	424.6	424.7	424.6	424.3	24.92	-	2,529.84	-
-50.8731	-20.226	0.88	743	3603.1	430.3	430.3	430.3	430.3	430.3	424.8	425.1	425.2	425.1	424.8	37.71	-	3,647.81	-
-50.8722	-20.2263	-2.60	743	3704.4	428.7	428.7	428.7	428.7	428.7	428.3	428.6	428.7	428.6	428.3	26.29	0.00	2,662.86	0.06
-50.8712	-20.2267	-4.63	0	3805.7	425.1	425.1	425.0	424.9	424.9	427.8	428.1	428.3	428.1	427.8	0.42	15.79	42.56	1,599.44
-50.8703	-20.227	-4.76	1508	3902.4	419.6	419.6	419.5	419.5	419.5	426.3	426.6	426.7	426.6	426.3	-	51.28	-	4,961.22
-50.8694	-20.2274	-2.55	0	4001.0	415.7	415.7	415.7	415.7	415.7	422.6	422.9	423.1	422.9	422.6	-	71.72	-	7,067.02
-50.8685	-20.2278	-3.78	1395	4099.5	414.5	414.5	414.5	414.5	414.5	417.1	417.4	417.6	417.4	417.1	-	51.10	-	5,034.86
-50.8675	-20.2282	-5.13	1395	4207.2	407.9	407.9	407.9	410.2	410.2	413.2	413.5	413.7	413.5	413.2	-	40.11	-	4,318.52
-50.8666	-20.2286	-3.93	627	4305.6	403.9	403.9	403.9	403.9	403.9	412.0	412.3	412.4	412.3	412.0	-	67.39	-	6,635.37
-50.8657	-20.229	-0.84	274	4404.2	400.2	400.2	400.2	400.2	400.2	405.5	405.8	405.9	405.8	405.5	-	70.59	-	6,955.81
-50.8648	-20.2294	2.17	0	4502.7	402.3	402.3	402.3	402.3	402.3	401.8	402.1	402.3	402.1	401.8	0.45	28.44	43.92	2,802.25
-50.8639	-20.2298	2.50	1361	4601.2	404.4	404.4	404.4	404.4	404.4	401.7	402.0	402.1	402.0	401.7	12.39	(0.00)	1,219.46	(0.00)
-50.8629	-20.2302	0.00	1106	4708.8	407.4	407.4	407.4	407.5	407.5	403.9	404.2	404.3	404.2	403.9	27.92	-	3,006.36	-

x	y	Rampa real(%)	Curva Real (m)	Posição (m)	CBETt (m)	CBETp (m)	CET (m)	CBDTp (m)	CBDTt (m)	CBEFt (m)	CBEFp (m)	CEF (m)	CBDFp (m)	CBDFt (m)	Corte	Aterro	Volume corte (m³)	Volume aterro (m³)
-49.8037	-20.5272	0.57	737	25354.5	536.4	536.4	536.4	536.3	536.3	536.0	536.3	536.4	536.3	536.0	10.72	0.00	1,099.86	0.31
-49.8027	-20.527	0.32	0	25455.8	537.6	537.6	537.6	537.7	537.7	537.2	537.5	537.6	537.5	537.2	0.76	0.01	76.60	0.78
-49.8017	-20.5269	-1.06	1874	25556.2	537.0	537.0	537.0	537.1	537.1	536.6	536.9	537.0	536.9	536.6	0.92	0.00	92.48	0.47
-49.8007	-20.5268	-0.82	1180	25651.9	535.5	535.5	535.5	535.6	535.6	535.2	535.5	535.7	535.5	535.2	0.67	0.24	63.72	23.06
-49.7998	-20.5269	-0.55	0	25746.8	535.5	535.5	535.5	535.5	535.5	535.1	535.4	535.5	535.4	535.1	0.53	0.24	50.31	22.95
-49.7989	-20.5273	-0.71	0	25849.7	534.5	534.5	534.5	534.5	534.5	534.0	534.3	534.5	534.3	534.0	0.93	0.00	96.08	0.08
-49.7981	-20.528	-0.23	0	25952.5	534.0	534.0	534.0	534.0	534.0	533.6	533.9	534.0	533.9	533.6	0.94	0.00	96.93	0.05
-49.7972	-20.5284	-1.36	0	26049.3	534.0	534.0	534.0	534.0	534.0	533.6	533.9	534.0	533.9	533.6	0.82	0.00	79.58	0.18
-49.7963	-20.5287	-1.68	304	26147.7	531.4	531.4	531.4	531.4	531.4	531.6	531.9	532.1	531.9	531.6	0.40	3.02	39.66	297.72
-49.7953	-20.5289	1.04	0	26248.9	530.6	530.6	530.7	530.7	530.7	531.6	531.9	532.0	531.9	531.6	-	9.39	-	950.45
-49.7943	-20.529	0.91	0	26349.5	533.5	533.5	533.5	533.4	533.4	532.9	533.2	533.4	533.2	532.9	0.82	6.37	82.49	640.54
-49.7933	-20.5289	-0.60	1383	26449.5	532.5	532.5	532.5	532.5	532.5	532.0	532.3	532.5	532.3	532.0	1.31	-	131.20	-
-49.7924	-20.5285	0.43	1361	26548.0	532.4	532.4	532.3	532.2	532.2	531.8	532.1	532.3	532.1	531.8	0.95	-	93.75	-
-49.7915	-20.5281	0.95	0	26648.8	533.4	533.4	533.3	533.3	533.3	532.9	533.2	533.3	533.2	532.9	0.88	0.00	88.78	0.05
-49.7906	-20.5276	0.33	1330	26747.8	534.2	534.2	534.1	534.1	534.1	533.7	534.0	534.2	534.0	533.7	0.81	0.00	79.93	0.46
-49.7897	-20.5273	-0.93	1361	26845.7	534.0	534.0	534.0	534.0	534.0	533.5	533.8	534.0	533.8	533.5	0.84	0.00	82.64	0.41
-49.7887	-20.5272	-0.46	0	26941.4	532.4	532.4	532.4	532.4	532.4	531.9	532.2	532.3	532.2	531.9	0.99	-	94.96	-
-49.7878	-20.5273	-0.20	1361	27039.0	533.1	533.1	533.1	533.1	533.1	532.7	533.0	533.1	533.0	532.7	0.98	-	95.49	-
-49.7868	-20.5276	1.15	1361	27140.5	532.0	532.0	532.0	531.9	531.9	531.5	531.8	532.0	531.8	531.5	0.92	-	93.24	-
-49.7859	-20.528	5.00	0	27241.3	535.5	535.5	535.4	535.3	535.3	534.7	535.0	535.1	535.0	534.7	2.41	-	243.18	-
-49.785	-20.5285	3.30	786	27340.0	541.9	541.9	541.9	535.0	535.0	533.5	533.8	534.0	533.8	533.5	32.64	-	3,221.26	-
-49.7842	-20.529	0.52	1105	27438.7	541.9	541.9	541.9	541.9	541.9	537.0	537.3	537.4	537.3	537.0	53.86	-	5,316.32	-
-49.7833	-20.5295	-1.85	0	27541.1	543.0	543.0	543.0	542.9	542.9	542.5	542.8	543.0	542.8	542.5	23.64	-	2,421.35	-
-49.7823	-20.5296	-5.93	798	27641.7	538.0	538.1	538.2	538.3	538.3	539.5	539.8	539.9	539.8	539.5	0.48	8.15	48.03	819.75
-49.7813	-20.5295	-5.10	1022	27742.2	531.2	531.2	531.1	531.0	531.0	540.5	540.8	541.0	540.8	540.5	-	57.18	-	5,744.47
-49.7803	-20.5294	-1.88	1022	27842.6	528.1	528.1	527.9	527.8	527.8	535.7	536.0	536.2	536.0	535.7	-	89.76	-	9,014.98
-49.7793	-20.5293	-0.11	1044	27942.8	527.4	527.4	527.3	527.1	527.1	528.6	528.9	529.1	528.9	528.6	-	49.20	-	4,931.47
-49.7783	-20.5293	0.54	1044	28045.3	527.8	527.8	527.7	527.7	527.7	527.3	527.6	527.7	527.6	527.3	0.48	8.48	48.97	869.26
-49.7773	-20.5296	0.46	1024	28145.0	528.4	528.4	528.4	528.4	528.4	527.9	528.2	528.4	528.2	527.9	0.85	0.00	84.93	0.37

Coordenadas				Cotas Terreno						Cotas Ferrovia					Área Média Total		Volumes	
X	Y	Rampa real(%)	Curva Real (m)	Posição (m)	CBETt (m)	CBETp (m)	CET (m)	CBDTp (m)	CBDTt (m)	CBEFt (m)	CBEFp (m)	CEF (m)	CBDFp (m)	CBDFt (m)	Corte	Aterro	Volume corte (m³)	Volume aterro (m³)
-49.7765	-20.5301	1.07	312	28243.7	528.7	528.7	528.6	528.6	528.6	528.2	528.5	528.6	528.5	528.2	0.82	0.00	80.81	0.37
-49.7756	-20.5306	1.49	0	28342.4	530.5	530.5	530.5	530.5	530.5	529.9	530.2	530.3	530.2	529.9	1.54	0.00	152.08	0.00
-49.7748	-20.5311	1.23	819	28439.7	531.6	531.6	531.6	531.6	531.6	530.2	530.5	530.6	530.5	530.2	6.28	-	611.45	-
-49.774	-20.5317	1.43	819	28543.7	533.0	533.0	533.0	532.9	532.9	532.0	532.3	532.5	532.3	532.0	8.02	-	834.72	-
-49.7731	-20.5323	1.04	1031	28644.0	534.5	534.5	534.5	534.5	534.5	533.2	533.5	533.6	533.5	533.2	7.79	-	780.57	-
-49.7722	-20.5324	-0.99	1792	28740.4	535.0	535.0	535.0	535.0	535.0	534.5	534.8	534.9	534.8	534.5	5.76	-	555.57	-
-49.7712	-20.5326	-0.19	1793	28843.2	532.4	532.4	532.5	532.6	532.6	532.1	532.4	532.5	532.4	532.1	1.29	-	132.23	-
-49.7702	-20.5324	-0.56	1031	28945.2	534.6	534.6	534.6	534.6	534.6	534.2	534.5	534.6	534.5	534.2	0.89	0.00	91.06	0.11
-49.7692	-20.5322	-2.00	0	29045.6	531.6	531.6	531.4	531.2	531.2	531.0	531.3	531.4	531.3	531.0	0.89	0.04	89.65	3.77
-49.7683	-20.5318	3.50	1687	29142.0	530.7	530.7	530.7	530.6	530.6	532.2	532.5	532.6	532.5	532.2	0.48	9.37	46.15	903.56
-49.7675	-20.5313	5.08	0	29242.3	535.6	535.6	538.3	538.2	538.2	532.9	533.2	533.4	533.2	532.9	21.22	9.34	2,129.15	936.92
-49.7667	-20.5306	-0.95	1792	29347.2	541.2	541.2	541.1	541.0	541.0	532.3	532.6	532.7	532.6	532.3	63.50	-	6,658.85	-
-49.7658	-20.5301	-4.28	0	29450.2	536.3	536.3	536.3	536.3	536.3	535.8	536.1	536.3	536.1	535.8	42.76	-	4,402.60	-
-49.765	-20.5297	-0.23	0	29547.2	532.6	532.6	532.5	533.8	533.8	538.6	538.9	539.1	538.9	538.6	0.48	30.51	46.53	2,961.66
-49.764	-20.5294	3.43	0	29651.6	535.9	535.9	535.9	535.8	535.8	535.4	535.7	535.8	535.7	535.4	0.55	30.51	57.62	3,183.26
-49.763	-20.5291	1.76	796	29755.9	539.7	539.7	539.7	539.6	539.6	534.2	534.5	534.6	534.5	534.2	26.34	-	2,748.38	-
-49.7621	-20.5288	-1.02	796	29853.8	539.5	539.5	539.4	539.3	539.3	537.4	537.7	537.9	537.7	537.4	33.90	-	3,317.84	-
-49.7611	-20.5288	-1.60	796	29953.7	537.7	537.7	537.7	537.6	537.6	537.3	537.6	537.7	537.6	537.3	8.46	0.01	845.48	1.02
-49.7601	-20.5288	0.74	0	30054.0	536.3	536.3	536.2	536.1	536.1	537.0	537.3	537.4	537.3	537.0	0.35	5.58	34.83	559.13
-49.7591	-20.5289	1.97	0	30154.8	539.1	539.1	539.2	539.2	539.2	538.7	539.0	539.2	539.0	538.7	0.43	5.57	43.14	561.32
-49.7581	-20.5288	0.32	1361	30255.6	540.2	540.2	540.2	540.1	540.1	537.8	538.1	538.2	538.1	537.8	10.58	0.00	1,066.82	0.03
-49.7571	-20.5289	-0.95	1329	30355.5	539.8	539.8	539.8	539.8	539.8	539.4	539.7	539.8	539.7	539.4	10.66	-	1,064.65	-
-49.7562	-20.5293	-0.58	0	30454.0	538.3	538.3	538.3	538.3	538.3	537.8	538.1	538.3	538.1	537.8	1.02	-	100.42	-
-49.7552	-20.5297	-0.15	1361	30561.6	538.7	538.7	538.6	538.6	538.6	538.2	538.5	538.6	538.5	538.2	1.00	-	107.18	-
-49.7543	-20.5301	0.94	1384	30658.4	538.0	538.0	538.0	538.0	538.0	537.5	537.8	538.0	537.8	537.5	0.89	0.00	86.14	0.08
-49.7534	-20.5304	2.68	0	30756.9	540.5	540.5	540.4	540.4	540.4	540.0	540.3	540.5	540.3	540.0	0.82	0.00	80.77	0.18
-49.7524	-20.5306	1.63	786	30858.4	543.3	543.3	543.3	543.3	543.3	539.5	539.8	540.0	539.8	539.5	17.63	0.00	1,790.73	0.11
-49.7514	-20.5305	1.35	0	30958.9	543.8	543.8	543.7	543.7	543.7	542.0	542.3	542.5	542.3	542.0	24.05	-	2,415.30	-
-49.7504	-20.5304	3.71	227	31060.1	546.1	546.1	546.1	546.0	546.0	544.9	545.2	545.3	545.2	544.9	10.80	-	1,093.65	-

Coordenadas				Cotas Terreno						Cotas Ferrovia					Área Média Total		Volumes	
X	Y	Rampa real(%)	Curva Real (m)	Posição (m)	CBETt (m)	CBETp (m)	CET (m)	CBDTp (m)	CBDTt (m)	CBEFt (m)	CBEFp (m)	CEF (m)	CBDFp (m)	CBDFt (m)	Corte	Aterro	Volume corte (m³)	Volume aterro (m³)
-49.7494	-20.5302	2.67	0	31161.7	551.5	551.5	551.3	551.1	551.0	545.3	545.6	545.8	545.6	545.3	31.92	-	3,241.89	-
-49.7484	-20.5303	2.15	0	31262.1	551.7	551.7	551.5	551.2	551.2	547.6	547.9	548.1	547.9	547.6	45.32	-	4,552.14	-
-49.7474	-20.5304	0.08	0	31360.2	555.6	555.5	555.5	555.5	555.5	552.8	553.1	553.3	553.1	552.8	29.15	-	2,859.59	-
-49.7465	-20.5307	-3.37	0	31456.8	551.6	551.6	551.6	551.6	551.6	551.2	551.5	551.6	551.5	551.2	12.21	0.00	1,178.65	0.02
-49.7456	-20.5311	-5.59	0	31554.9	549.0	549.0	549.0	548.9	548.9	553.1	553.4	553.6	553.4	553.1	0.43	22.52	42.11	2,209.18
-49.7446	-20.5315	-4.85	0	31656.3	540.5	540.5	540.4	540.4	540.4	549.2	549.5	549.6	549.5	549.2	-	67.88	-	6,887.52
-49.7437	-20.5318	-0.41	0	31754.8	539.3	539.3	539.3	539.3	539.3	546.5	546.8	547.0	546.8	546.5	-	83.37	-	8,208.78
-49.7427	-20.532	0.46	0	31856.7	539.6	539.6	539.6	539.7	539.7	539.2	539.5	539.6	539.5	539.2	0.46	38.00	46.77	3,873.77
-49.7417	-20.5322	1.60	0	31958.7	540.2	540.2	540.2	540.3	540.3	539.8	540.1	540.2	540.1	539.8	0.94	-	95.42	-
-49.7407	-20.5324	2.32	0	32054.8	542.8	542.8	542.8	542.8	542.8	541.2	541.5	541.6	541.5	541.2	6.82	-	655.79	-
-49.7398	-20.5324	1.60	0	32144.8	544.6	544.6	544.6	544.6	544.6	541.7	542.0	542.1	542.0	541.7	19.11	-	1,720.75	-
-49.7388	-20.5324	1.20	720	32244.8	545.9	545.9	545.8	545.8	545.8	544.3	544.6	544.7	544.6	544.3	19.01	-	1,900.25	-
-49.7378	-20.5324	0.08	1560	32345.0	547.0	547.0	547.0	546.9	546.9	546.1	546.4	546.6	546.4	546.1	8.66	-	867.99	-
-49.7368	-20.5323	-0.84	0	32445.2	546.1	546.1	546.0	545.9	545.9	545.6	545.9	546.0	545.9	545.6	2.77	0.01	277.61	1.18
-49.7358	-20.5323	-1.45	698	32545.7	545.3	545.3	545.3	545.2	545.2	544.8	545.1	545.3	545.1	544.8	0.81	0.01	81.43	1.19
-49.7348	-20.5322	-0.63	1591	32646.5	543.1	543.1	543.1	543.0	543.0	543.5	543.8	544.0	543.8	543.5	0.46	4.10	46.15	413.02
-49.7338	-20.5321	1.26	1190	32748.1	544.1	544.0	544.0	544.0	544.0	543.6	543.9	544.0	543.9	543.6	0.43	4.10	43.87	416.00
-49.7328	-20.5323	0.30	1586	32849.3	545.7	545.7	545.6	545.6	545.6	544.6	544.9	545.1	544.9	544.6	3.64	0.00	368.71	0.02
-49.7318	-20.5324	-2.40	0	32950.5	544.7	544.7	544.6	544.6	544.6	544.2	544.5	544.6	544.5	544.2	3.76	-	380.29	-
-49.7308	-20.5326	-0.69	0	33050.9	540.8	540.8	540.8	540.8	540.8	543.2	543.5	543.6	543.5	543.2	0.55	13.75	54.88	1,381.11
-49.7299	-20.533	1.65	1947	33149.5	543.2	543.2	543.2	543.2	543.2	542.8	543.1	543.3	543.1	542.8	0.34	13.76	33.82	1,355.75
-49.729	-20.5334	2.62	603	33250.2	544.1	544.1	544.1	544.1	544.1	542.3	542.6	542.8	542.6	542.3	7.27	0.01	732.55	0.82
-49.7281	-20.5339	1.83	0	33351.9	548.5	548.5	548.5	548.5	548.5	544.8	545.1	545.3	545.1	544.8	23.78	-	2,417.00	-
-49.7273	-20.5345	-1.05	0	33452.0	547.7	547.7	547.7	547.7	547.7	545.7	546.0	546.1	546.0	545.7	25.58	-	2,561.81	-
-49.7265	-20.5351	-3.77	0	33552.3	546.4	546.4	546.4	546.4	546.4	546.1	546.4	546.5	546.4	546.1	8.85	0.16	887.21	16.02
-49.7259	-20.5359	-3.45	0	33651.8	540.3	540.3	540.2	540.2	540.2	545.3	545.6	545.7	545.6	545.3	0.12	27.22	11.71	2,709.83
-49.7252	-20.5366	-1.74	0	33751.1	539.5	539.6	539.6	539.6	539.6	544.0	544.3	544.4	544.3	544.0	-	50.88	-	5,049.40
-49.7248	-20.5375	-1.09	992	33849.6	539.9	539.9	536.8	536.8	536.8	537.8	538.1	538.3	538.1	537.8	1.58	28.06	155.71	2,765.26
-49.7248	-20.5385	1.31	992	33949.6	537.5	537.5	537.4	537.3	537.3	537.2	537.5	537.6	537.5	537.2	1.63	4.83	163.34	482.75

Coordenadas				Cotas Terreno						Cotas Ferrovia					Área Média Total		Volumes	
X	Y	Rampa real(%)	Curva Real (m)	Posição (m)	CBETt (m)	CBETp (m)	CET (m)	CBDTp (m)	CBDTt (m)	CBEFt (m)	CBEFp (m)	CEF (m)	CBDFp (m)	CBDFt (m)	Corte	Aterro	Volume corte (m³)	Volume aterro (m³)
-49.7249	-20.5395	1.09	0	34050.0	539.4	539.4	539.4	539.4	539.5	538.4	538.7	538.8	538.7	538.4	3.59	0.58	360.74	58.56
-49.7252	-20.5404	0.72	0	34148.6	539.5	539.5	539.6	539.7	539.7	539.0	539.3	539.4	539.3	539.0	4.90	-	482.60	-
-49.7254	-20.5414	1.49	0	34251.9	540.8	540.8	540.9	540.9	541.0	540.4	540.7	540.9	540.7	540.4	1.73	0.01	178.53	0.82
-49.7257	-20.5424	0.19	0	34351.5	542.5	542.5	542.6	542.7	542.7	541.2	541.5	541.6	541.5	541.2	5.75	0.01	572.91	0.79
-49.7262	-20.5432	-1.13	0	34447.9	541.1	541.1	541.2	541.3	541.3	540.8	541.1	541.2	541.1	540.8	5.87	-	566.48	-
-49.7266	-20.5441	0.71	796	34546.5	540.3	540.3	540.4	540.5	540.5	540.2	540.5	540.7	540.5	540.2	0.53	0.85	52.70	83.58
-49.7266	-20.5451	2.67	482	34646.4	542.7	542.7	542.6	542.5	542.5	542.2	542.5	542.6	542.5	542.2	0.48	0.85	47.59	84.80
-49.7265	-20.5461	1.47	1936	34747.1	545.8	545.8	545.8	545.7	545.7	542.0	542.3	542.4	542.3	542.0	17.66	0.00	1,777.39	0.02
-49.7262	-20.547	-1.93	1934	34842.0	545.5	545.5	545.5	545.5	545.5	544.2	544.5	544.6	544.5	544.2	22.29	-	2,116.00	-
-49.7259	-20.548	-1.54	361	34946.4	541.9	541.9	541.9	541.9	541.9	543.3	543.6	543.8	543.6	543.3	5.06	8.75	527.99	913.70
-49.7256	-20.5489	-0.90	1307	35047.6	542.4	542.4	542.3	542.3	542.3	543.0	543.3	543.5	543.3	543.0	-	13.89	-	1,406.46
-49.7252	-20.5499	-0.59	0	35149.0	540.1	540.1	540.1	540.1	540.1	539.7	540.0	540.1	540.0	539.7	0.45	5.14	45.26	520.45
-49.7249	-20.5508	-1.79	1467	35247.4	541.2	541.2	541.1	541.1	541.1	540.7	541.0	541.2	541.0	540.7	0.84	0.00	82.99	0.21
-49.7247	-20.5518	-3.10	693	35349.3	536.5	536.5	536.5	536.5	536.5	537.7	538.0	538.1	538.0	537.7	0.40	7.48	40.35	761.95
-49.7246	-20.5528	-1.05	706	35449.8	534.8	534.8	534.9	534.9	534.9	538.7	539.0	539.1	539.0	538.7	-	28.25	-	2,837.22
-49.7245	-20.5538	-0.15	717	35550.4	534.4	534.4	534.4	534.4	534.4	534.1	534.4	534.5	534.4	534.1	0.10	20.98	9.75	2,112.27
-49.7244	-20.5548	-0.59	0	35650.9	534.5	534.5	534.6	534.6	534.6	534.1	534.4	534.6	534.4	534.1	0.54	0.21	53.96	21.10
-49.7242	-20.5558	-1.54	0	35752.8	533.2	533.2	533.2	533.3	533.3	532.8	533.1	533.2	533.1	532.8	0.97	0.00	99.16	0.00
-49.724	-20.5567	-1.34	0	35845.0	531.5	531.5	531.6	531.6	531.6	532.2	532.5	532.6	532.5	532.2	0.53	4.89	49.15	451.22
-49.7238	-20.5577	-0.92	0	35943.7	530.7	530.7	530.7	530.7	530.7	530.9	531.2	531.3	531.2	530.9	-	7.69	-	759.26
-49.7233	-20.5585	-0.09	706	36038.2	529.8	529.8	529.8	529.8	529.8	529.4	529.7	529.8	529.7	529.4	0.50	2.80	46.94	264.59
-49.7227	-20.5594	0.56	1497	36146.5	530.5	530.5	530.5	530.5	530.5	530.0	530.3	530.5	530.3	530.0	0.92	0.00	100.13	0.03
-49.7222	-20.5602	0.49	0	36245.1	531.0	531.0	531.0	531.0	531.0	530.5	530.8	531.0	530.8	530.5	0.90	0.00	88.30	0.02
-49.7217	-20.5611	0.05	0	36346.6	531.4	531.4	531.4	531.4	531.4	531.0	531.3	531.4	531.3	531.0	0.86	0.00	87.54	0.19
-49.7211	-20.5619	-0.55	340	36448.1	531.1	531.1	531.1	531.1	531.1	530.6	530.9	531.1	530.9	530.6	0.91	0.00	92.08	0.19
-49.7206	-20.5628	0.06	1144	36546.8	530.3	530.3	530.3	530.3	530.3	529.9	530.2	530.3	530.2	529.9	0.96	-	94.84	-
-49.7201	-20.5636	3.27	1121	36641.2	531.1	531.1	531.2	531.2	531.2	530.8	531.1	531.2	531.1	530.8	0.77	0.01	72.40	1.24
-49.7195	-20.5645	6.78	0	36749.4	537.0	537.0	537.0	537.0	537.0	531.9	532.2	532.4	532.2	531.9	23.83	0.01	2,576.92	1.42
-49.719	-20.5653	6.80	0	36843.6	545.0	545.0	544.9	544.8	544.8	532.7	533.0	533.2	533.0	532.7	82.45	-	7,771.12	-

Coordenadas				Cotas Terreno						Cotas Ferrovia					Área Média Total		Volumes	
X	Y	Rampa real(%)	Curva Real (m)	Posição (m)	CBETt (m)	CBETp (m)	CET (m)	CBDTp (m)	CBDTt (m)	CBEFt (m)	CBEFp (m)	CEF (m)	CBDFp (m)	CBDFt (m)	Corte	Aterro	Volume corte (m³)	Volume aterro (m³)
-49.7185	-20.5662	4.95	992	36945.2	550.2	550.2	550.3	550.3	550.3	538.5	538.8	538.9	538.8	538.5	116.09	-	11,793.11	-
-49.7179	-20.567	1.61	1687	37046.7	555.0	555.0	555.0	555.0	555.0	546.5	546.8	546.9	546.8	546.5	97.84	-	9,929.92	-
-49.7174	-20.5679	-5.43	1687	37145.4	553.4	553.4	553.5	553.6	553.6	551.8	552.1	552.3	552.1	551.8	47.24	-	4,662.41	-
-49.7169	-20.5687	-3.95	1687	37239.8	544.5	544.5	544.5	544.5	544.5	552.6	552.9	553.0	552.9	552.6	6.56	42.34	619.09	3,997.68
-49.7163	-20.5696	1.49	0	37347.8	545.5	545.5	545.5	545.5	545.5	551.0	551.3	551.5	551.3	551.0	-	71.67	-	7,738.14
-49.7158	-20.5704	-0.99	992	37446.5	547.6	547.6	547.5	547.5	547.5	546.1	546.4	546.5	546.4	546.1	5.41	29.33	534.22	2,894.86
-49.7153	-20.5713	-2.33	1687	37545.1	543.6	543.6	543.6	543.6	543.6	543.1	543.4	543.6	543.4	543.1	5.87	-	578.73	-
-49.7148	-20.5721	-3.11	1687	37642.4	542.9	542.9	543.0	543.0	543.0	545.1	545.4	545.6	545.4	545.1	0.46	12.63	44.34	1,229.12
-49.7142	-20.5729	-2.10	533	37744.0	537.4	537.4	537.4	537.4	537.4	541.2	541.5	541.6	541.5	541.2	-	33.16	-	3,369.02
-49.7137	-20.5738	1.39	743	37842.6	538.8	538.8	538.8	538.7	538.7	540.5	540.8	541.0	540.8	540.5	-	31.03	-	3,060.52
-49.7132	-20.5746	0.69	1465	37939.2	540.1	540.1	540.1	540.1	540.1	538.9	539.2	539.3	539.2	538.9	4.24	10.51	409.54	1,014.81
-49.7128	-20.5755	-0.74	1465	38037.7	540.1	540.1	540.1	540.1	540.1	539.7	540.0	540.1	540.0	539.7	4.69	0.00	461.86	0.00
-49.7127	-20.5765	-1.82	0	38138.1	538.6	538.6	538.6	538.7	538.7	538.2	538.5	538.6	538.5	538.2	0.91	0.00	91.45	0.00
-49.7126	-20.5775	-1.99	1947	38238.6	536.4	536.4	536.4	536.4	536.4	537.7	538.0	538.1	538.0	537.7	0.46	7.87	46.68	790.81
-49.7125	-20.5785	-1.56	0	38339.2	534.6	534.6	534.6	534.1	534.1	536.2	536.5	536.6	536.5	536.2	-	18.18	-	1,829.20
-49.7124	-20.5795	0.09	1854	38439.7	533.3	533.3	533.3	533.3	533.3	534.0	534.3	534.4	534.3	534.0	-	15.42	-	1,548.94
-49.7123	-20.5805	1.15	743	38540.1	534.9	534.9	534.8	534.8	534.8	534.4	534.7	534.8	534.7	534.4	0.59	5.11	59.10	513.41
-49.7122	-20.5815	1.52	743	38640.6	535.7	535.7	535.6	535.6	535.6	534.9	535.2	535.3	535.2	534.9	2.45	-	245.88	-
-49.7121	-20.5825	2.80	1936	38741.2	537.9	537.9	537.9	538.2	538.2	536.4	536.7	536.9	536.7	536.4	7.85	-	790.12	-
-49.712	-20.5835	1.43	0	38841.6	541.2	541.3	541.3	541.3	541.3	537.2	537.5	537.6	537.5	537.2	24.64	-	2,474.31	-
-49.7119	-20.5845	-0.44	1119	38942.1	540.7	540.7	540.7	540.8	540.8	539.5	539.8	539.9	539.8	539.5	23.37	-	2,347.78	-
-49.7118	-20.5855	-0.92	0	39042.7	540.4	540.4	540.4	540.4	540.4	539.9	540.2	540.4	540.2	539.9	5.20	-	523.30	-
-49.7117	-20.5865	-0.38	796	39143.2	538.9	538.9	538.9	538.9	538.9	538.4	538.7	538.9	538.7	538.4	0.94	-	94.86	-
-49.7116	-20.5875	1.24	796	39243.6	539.7	539.7	539.6	540.1	540.1	539.2	539.5	539.6	539.5	539.2	1.71	-	171.27	-
-49.7115	-20.5885	1.70	791	39344.1	541.4	541.4	541.4	541.4	541.4	540.5	540.8	540.9	540.8	540.5	4.13	-	415.41	-
-49.7114	-20.5895	1.38	0	39444.7	543.1	543.1	543.0	543.0	543.0	541.2	541.5	541.6	541.5	541.2	10.27	-	1,033.02	-
-49.7113	-20.5905	2.28	1003	39545.1	544.2	544.2	544.1	544.1	544.1	543.0	543.3	543.4	543.3	543.0	11.58	-	1,162.91	-
-49.7112	-20.5915	3.02	791	39645.6	547.7	547.7	547.6	547.5	547.5	544.6	544.9	545.0	544.9	544.6	17.42	-	1,750.02	-
-49.7108	-20.5924	2.86	0	39744.9	550.3	550.3	550.2	550.1	550.1	545.7	546.0	546.1	546.0	545.7	33.90	-	3,369.63	-

Coordenadas					Cotas Terreno						Cotas Ferrovia						Área Média Total		Volumes	
X	Y	Rampa real(%)	Curva Real (m)	Posição (m)	CBETt (m)	CBETp (m)	CET (m)	CBDTp (m)	CBDTt (m)	CBEFt (m)	CBEFp (m)	CEF (m)	CBDFp (m)	CBDFt (m)	Corte	Aterro	Volume corte (m³)	Volume aterro (m³)		
-49.7101	-20.5931	2.30	0	39841.8	553.2	553.2	553.2	553.2	553.2	549.1	549.4	549.6	549.4	549.1	39.40	-	3,814.47	-		
-49.7093	-20.5936	-0.20	813	39935.9	554.6	554.6	554.6	554.6	554.6	551.7	552.0	552.1	552.0	551.7	31.57	-	2,970.97	-		
-49.7084	-20.5942	-1.82	819	40044.1	552.9	552.9	552.9	552.8	552.7	552.4	552.7	552.8	552.7	552.4	13.29	0.00	1,438.08	0.12		
-49.7076	-20.5947	-1.38	819	40141.4	550.9	550.9	550.8	550.7	550.7	552.1	552.4	552.5	552.4	552.1	0.42	8.09	41.20	786.77		
-49.7068	-20.5953	3.80	0	40243.0	550.1	550.1	550.1	550.1	550.1	550.4	550.7	550.8	550.7	550.4	-	11.31	-	1,148.97		
-49.7059	-20.5958	4.09	1004	40344.4	558.6	558.6	558.6	558.5	558.5	552.4	552.7	552.9	552.7	552.4	28.91	3.22	2,931.93	326.68		
-49.7051	-20.5964	-1.33	304	40444.2	558.3	558.3	558.3	558.3	558.3	551.7	552.0	552.1	552.0	551.7	60.43	-	6,026.11	-		
-49.7043	-20.597	-2.05	1384	40545.8	555.9	555.9	555.9	555.8	555.8	556.1	556.4	556.5	556.4	556.1	31.52	2.95	3,203.81	300.00		
-49.7034	-20.5975	0.83	0	40647.4	560.2	560.2	560.2	560.2	560.2	555.8	556.1	556.3	556.1	555.8	5.58	8.11	566.79	823.78		
-49.7026	-20.5981	0.22	0	40747.6	557.6	557.6	557.5	557.5	557.5	557.1	557.4	557.5	557.4	557.1	5.95	5.16	595.88	516.55		
-49.7018	-20.5987	-2.46	1559	40843.8	554.6	554.6	554.5	554.5	554.5	554.1	554.4	554.6	554.4	554.1	0.76	0.01	72.88	0.79		
-49.7012	-20.5994	0.50	0	40936.2	552.9	552.9	552.9	552.9	552.9	555.2	555.5	555.6	555.5	555.2	0.38	13.22	35.43	1,221.33		
-49.7005	-20.6002	3.83	1497	41034.3	555.5	555.5	555.5	555.5	555.5	555.0	555.3	555.5	555.3	555.0	0.53	13.22	52.03	1,296.61		
-49.7001	-20.601	0.46	1495	41130.2	560.4	560.4	560.4	560.3	560.3	554.4	554.7	554.8	554.7	554.4	28.53	-	2,736.87	-		
-49.6999	-20.602	-3.59	1190	41232.1	556.4	556.4	556.4	556.4	556.4	556.0	556.3	556.4	556.3	556.0	28.45	-	2,899.14	-		
-49.6997	-20.603	-2.91	1189	41336.4	552.9	552.9	552.9	553.0	553.0	557.9	558.2	558.3	558.2	557.9	0.46	26.40	47.51	2,753.75		
-49.7	-20.604	-2.06	0	41440.8	550.3	550.3	550.3	551.9	552.0	553.9	554.2	554.3	554.2	553.9	-	43.72	-	4,563.85		
-49.7003	-20.6049	-1.47	1560	41537.5	548.7	548.7	548.8	548.9	548.9	550.5	550.8	550.9	550.8	550.5	-	27.47	-	2,657.13		
-49.7007	-20.6058	-1.72	1495	41636.1	547.5	547.5	547.5	547.5	547.5	548.0	548.3	548.4	548.3	548.0	-	14.24	-	1,402.72		
-49.7011	-20.6068	1.69	0	41737.4	545.2	545.2	545.4	545.5	545.5	546.4	546.7	546.8	546.7	546.4	-	10.87	-	1,101.80		
-49.7014	-20.6077	3.20	1616	41834.2	550.4	550.5	550.8	551.2	551.2	549.0	549.3	549.5	549.3	549.0	7.34	6.79	710.73	656.94		
-49.7018	-20.6086	0.78	0	41932.7	551.5	551.5	551.6	551.7	551.7	546.9	547.2	547.3	547.2	546.9	29.21	-	2,877.84	-		
-49.7022	-20.6096	-2.19	1213	42033.9	552.2	552.2	552.4	552.5	552.5	552.0	552.3	552.4	552.3	552.0	22.28	0.05	2,255.81	4.83		
-49.7025	-20.6105	-3.47	1497	42133.0	547.2	547.2	547.2	550.8	550.8	549.2	549.5	549.6	549.5	549.2	1.30	7.52	128.50	745.24		
-49.703	-20.6114	-0.71	1495	42230.8	545.4	545.4	545.6	545.7	545.7	550.0	550.3	550.4	550.3	550.0	0.88	31.25	86.33	3,057.63		
-49.7036	-20.6121	-0.02	688	42323.2	545.7	545.7	545.9	546.1	546.1	545.4	545.7	545.9	545.7	545.4	0.50	23.82	46.15	2,200.44		
-49.7043	-20.6129	-0.05	701	42429.3	545.4	545.4	545.5	545.7	545.7	545.1	545.4	545.5	545.4	545.1	0.96	0.06	101.43	6.02		
-49.7049	-20.6136	-0.70	721	42521.4	545.6	545.6	545.8	545.9	545.9	545.4	545.7	545.8	545.7	545.4	0.85	0.09	78.04	8.69		
-49.7056	-20.6144	0.84	1425	42624.1	544.0	544.0	544.2	544.3	544.3	543.7	544.0	544.2	544.0	543.7	0.80	0.15	82.59	15.35		

Coordenadas					Cotas Terreno						Cotas Ferrovia						Área Média Total		Volumes	
X	Y	Rampa real(%)	Curva Real (m)	Posição (m)	CBETt (m)	CBETp (m)	CET (m)	CBDTp (m)	CBDTt (m)	CBEFt (m)	CBEFp (m)	CEF (m)	CBDFp (m)	CBDFt (m)	Corte	Aterro	Volume corte (m³)	Volume aterro (m³)		
-49.7063	-20.6151	1.68	627	42723.7	547.4	547.4	547.5	547.6	547.6	547.0	547.3	547.5	547.3	547.0	1.00	0.06	99.94	6.36		
-49.7069	-20.6159	-0.65	1934	42823.3	547.4	547.4	547.5	547.6	547.7	545.7	546.0	546.1	546.0	545.7	7.90	-	786.94	-		
-49.7076	-20.6166	-1.28	1854	42925.9	546.0	546.0	546.2	546.4	546.4	545.8	546.1	546.2	546.1	545.8	7.79	0.05	799.93	5.02		
-49.7083	-20.6174	0.29	1913	43032.3	544.7	544.7	544.8	545.0	545.0	545.0	545.3	545.4	545.3	545.0	0.48	2.63	51.12	279.95		
-49.7089	-20.6181	0.42	0	43124.4	546.6	546.6	546.8	546.9	547.0	546.3	546.6	546.8	546.6	546.3	0.50	2.64	46.02	243.05		
-49.7096	-20.6189	-0.57	534	43227.1	545.4	545.5	545.6	545.8	545.9	545.2	545.5	545.6	545.5	545.2	1.01	0.10	103.38	10.69		
-49.7103	-20.6196	1.59	992	43326.7	545.4	545.4	545.6	545.7	545.7	545.2	545.5	545.6	545.5	545.2	0.91	0.11	90.68	11.40		
-49.7109	-20.6204	1.15	0	43426.3	548.7	548.7	548.8	548.9	548.9	547.2	547.5	547.6	547.5	547.2	6.70	0.07	667.19	6.53		
-49.7116	-20.6211	-1.15	0	43525.9	547.8	547.8	547.9	547.9	548.0	547.1	547.4	547.6	547.4	547.1	8.23	-	820.44	-		
-49.7122	-20.6219	-1.23	0	43623.1	546.5	546.5	546.6	546.6	546.6	546.4	546.7	546.8	546.7	546.4	1.96	0.91	190.59	87.97		
-49.7127	-20.6227	-0.63	0	43719.6	545.5	545.5	545.5	545.5	545.5	545.5	545.8	545.9	545.8	545.5	0.03	2.65	2.46	255.96		
-49.7131	-20.6236	-0.75	451	43818.1	545.4	545.4	545.3	545.3	545.3	544.9	545.2	545.4	545.2	544.9	0.40	1.75	39.66	172.36		
-49.713	-20.6246	0.99	0	43918.5	544.0	544.0	544.0	544.0	544.0	543.6	543.9	544.0	543.9	543.6	0.87	0.00	87.24	0.15		
-49.7128	-20.6256	3.16	1042	44019.0	547.4	547.4	547.3	547.3	547.3	546.9	547.2	547.3	547.2	546.9	0.97	-	97.66	-		
-49.7124	-20.6265	4.74	1042	44115.5	550.3	550.3	550.2	550.1	550.1	545.5	545.8	546.0	545.8	545.5	22.25	-	2,145.95	-		
-49.7119	-20.6273	2.14	1094	44209.9	556.4	556.4	556.4	556.4	556.4	548.8	549.1	549.3	549.1	548.8	57.89	-	5,465.86	-		
-49.7113	-20.6282	-2.40	1094	44318.0	554.5	554.5	554.5	554.6	554.6	551.8	552.1	552.3	552.1	551.8	47.99	-	5,188.61	-		
-49.7108	-20.629	-3.38	1024	44416.6	551.3	551.3	551.4	551.5	551.5	553.9	554.2	554.3	554.2	553.9	11.83	14.12	1,167.18	1,392.39		
-49.7103	-20.6299	-4.08	1024	44518.1	547.7	547.7	547.8	547.9	547.9	552.1	552.4	552.5	552.4	552.1	-	37.46	-	3,802.45		
-49.7097	-20.6307	-2.99	1044	44615.3	543.2	543.2	543.3	543.4	543.4	549.0	549.3	549.4	549.3	549.0	-	53.55	-	5,203.39		
-49.7092	-20.6315	-1.01	1064	44709.7	542.1	542.1	542.1	542.1	542.1	545.4	545.7	545.9	545.7	545.4	-	48.73	-	4,601.15		
-49.7087	-20.6324	0.42	1062	44811.3	541.3	541.3	541.3	541.3	541.3	540.9	541.2	541.3	541.2	540.9	0.35	18.54	35.98	1,883.00		
-49.7081	-20.6332	2.09	1042	44912.8	543.0	543.0	542.9	542.9	542.9	542.5	542.8	542.9	542.8	542.5	0.78	0.01	79.19	0.70		
-49.7076	-20.6341	2.83	1024	45011.4	545.5	545.5	545.5	545.5	545.4	542.9	543.2	543.3	543.2	542.9	11.74	0.00	1,157.75	0.03		
-49.7071	-20.6349	2.15	803	45105.7	548.4	548.4	548.4	548.3	548.3	544.4	544.7	544.8	544.7	544.4	29.35	-	2,766.73	-		
-49.7065	-20.6358	1.15	803	45213.8	549.9	549.9	549.9	549.9	549.9	547.1	547.4	547.5	547.4	547.1	30.20	-	3,265.45	-		
-49.706	-20.6366	-0.53	1024	45312.5	550.8	550.8	550.8	550.7	550.7	550.0	550.3	550.4	550.3	550.0	14.21	-	1,402.28	-		
-49.7055	-20.6375	-2.17	1044	45414.1	548.7	548.7	548.8	548.4	548.4	548.4	548.7	548.8	548.7	548.4	2.20	0.30	223.19	30.53		
-49.7049	-20.6383	-0.84	1044	45515.7	546.3	546.3	546.3	546.3	546.3	548.3	548.6	548.7	548.6	548.3	0.15	11.90	15.13	1,209.45		

Coordenadas				Cotas Terreno							Cotas Ferrovia					Área Média Total		Volumes	
X	Y	Rampa real(%)	Curva Real (m)	Posição (m)	CBETt (m)	CBETp (m)	CET (m)	CBDTp (m)	CBDTt (m)	CBEFt (m)	CBEFp (m)	CEF (m)	CBDFp (m)	CBDFt (m)	Corte	Aterro	Volume corte (m³)	Volume aterro (m³)	
-49.7044	-20.6392	0.32	1024	45614.4	547.1	547.1	547.1	547.1	547.1	546.7	547.0	547.1	547.0	546.7	0.42	11.60	41.81	1,144.23	
-49.7039	-20.64	-0.54	0	45708.6	544.9	544.9	546.9	546.9	546.9	546.5	546.8	546.9	546.8	546.5	0.69	2.51	65.48	236.67	
-49.7033	-20.6409	1.44	1022	45816.7	546.0	546.0	546.0	546.0	546.0	545.6	545.9	546.0	545.9	545.6	0.74	2.51	80.44	271.46	
-49.7028	-20.6417	1.07	1044	45911.2	549.9	549.9	549.9	549.9	549.9	548.5	548.8	549.0	548.8	548.5	5.39	-	509.04	-	
-49.7023	-20.6425	2.86	816	46005.4	548.0	548.0	548.0	550.2	550.2	547.5	547.8	547.9	547.8	547.5	8.94	-	842.29	-	
-49.7017	-20.6434	3.12	803	46113.8	555.6	555.6	555.6	555.6	555.6	551.5	551.8	551.9	551.8	551.5	23.22	-	2,515.67	-	
-49.7012	-20.6442	-1.28	1024	46212.4	554.5	554.5	554.5	554.5	554.5	549.7	550.0	550.1	550.0	549.7	41.65	-	4,107.79	-	
-49.7007	-20.6451	-1.77	1024	46314.0	553.1	553.1	553.1	553.1	553.1	553.2	553.5	553.6	553.5	553.2	22.45	2.34	2,280.25	237.46	
-49.7001	-20.6459	0.50	1024	46415.4	550.9	550.9	550.9	550.9	550.9	552.0	552.3	552.5	552.3	552.0	-	9.70	-	984.92	
-49.6996	-20.6468	3.09	0	46514.1	554.1	554.1	554.1	554.1	554.1	553.6	553.9	554.1	553.9	553.6	0.53	7.37	52.65	726.53	
-49.6991	-20.6476	-0.42	1033	46608.5	556.9	556.9	556.9	556.9	556.9	552.4	552.7	552.8	552.7	552.4	21.14	-	1,995.85	-	
-49.6985	-20.6485	-2.70	1024	46716.6	553.3	553.3	553.2	553.2	553.2	552.8	553.1	553.2	553.1	552.8	21.00	0.00	2,270.60	0.22	
-49.698	-20.6493	-1.78	0	46810.9	551.4	551.4	551.4	551.4	551.4	554.4	554.7	554.8	554.7	554.4	0.39	16.70	37.18	1,574.09	
-49.6975	-20.6502	-2.63	816	46911.7	549.7	549.7	549.8	546.1	546.1	550.9	551.2	551.3	551.2	550.9	-	28.92	-	2,915.47	
-49.6971	-20.6511	-2.44	1064	47010.0	546.2	546.2	546.2	546.2	546.2	549.0	549.3	549.4	549.3	549.0	-	27.98	-	2,752.36	
-49.6972	-20.652	-0.51	0	47100.6	545.1	545.1	545.2	545.3	545.3	547.4	547.7	547.9	547.7	547.4	-	28.83	-	2,611.06	
-49.6972	-20.653	0.20	1044	47200.6	545.3	545.3	545.2	545.1	545.1	544.8	545.1	545.2	545.1	544.8	0.41	13.08	41.46	1,307.12	
-49.6973	-20.654	1.41	1044	47301.0	545.4	545.4	545.6	545.7	545.7	545.1	545.4	545.6	545.4	545.1	0.85	0.00	85.38	0.27	
-49.6974	-20.655	2.14	0	47401.6	545.8	545.8	548.0	548.0	548.0	546.8	547.1	547.2	547.1	546.8	3.06	1.14	307.88	114.83	
-49.6975	-20.656	0.67	1157	47502.1	548.8	548.8	549.9	549.9	549.9	547.1	547.4	547.6	547.4	547.1	13.10	1.14	1,315.63	114.58	
-49.6975	-20.657	-1.66	1120	47602.0	549.3	549.3	549.4	548.9	548.9	548.9	549.2	549.4	549.2	548.9	10.65	0.36	1,064.70	35.58	
-49.6976	-20.658	-1.59	0	47702.7	546.5	546.5	546.5	546.5	546.5	547.4	547.7	547.9	547.7	547.4	0.18	6.54	17.92	658.14	
-49.6977	-20.659	-0.67	1024	47803.1	546.2	546.2	546.2	546.1	546.1	546.9	547.2	547.4	547.2	546.9	-	11.74	-	1,179.09	
-49.6978	-20.66	0.09	1024	47903.5	545.9	545.9	545.2	545.2	545.2	544.8	545.1	545.2	545.1	544.8	1.52	5.56	152.78	558.19	
-49.6978	-20.661	1.05	0	48003.5	546.4	546.4	546.4	546.3	546.3	545.9	546.2	546.3	546.2	545.9	2.02	-	201.89	-	
-49.6979	-20.662	0.74	0	48104.1	547.2	547.2	547.3	547.3	547.3	546.8	547.1	547.2	547.1	546.8	1.31	-	131.91	-	
-49.698	-20.663	1.79	1094	48204.6	547.8	547.8	547.8	547.9	547.9	547.4	547.7	547.9	547.7	547.4	1.19	0.00	119.59	0.46	
-49.6981	-20.664	2.49	1094	48305.0	550.8	550.8	550.9	551.0	551.0	548.9	549.2	549.3	549.2	548.9	8.86	0.00	890.02	0.45	
-49.6981	-20.665	2.96	0	48405.2	553.0	553.0	552.9	552.7	552.7	549.4	549.7	549.8	549.7	549.4	23.97	-	2,399.79	-	

Coordenadas					Cotas Terreno						Cotas Ferrovia						Área Média Total		Volumes	
X	Y	Rampa real(%)	Curva Real (m)	Posição (m)	CBETt (m)	CBETp (m)	CET (m)	CBDTp (m)	CBDTt (m)	CBEFt (m)	CBEFp (m)	CEF (m)	CBDFp (m)	CBDFt (m)	Corte	Aterro	Volume corte (m³)	Volume aterro (m³)		
-49.698	-20.666	3.17	1033	48505.6	556.9	556.9	556.8	556.8	556.8	552.5	552.8	552.9	552.8	552.5	35.61	-	3,576.64	-		
-49.6975	-20.6668	1.27	1024	48604.3	559.2	559.2	559.2	557.2	557.2	554.4	554.7	554.8	554.7	554.4	39.54	-	3,903.22	-		
-49.697	-20.6677	0.09	0	48705.0	559.4	559.4	559.4	559.4	559.4	558.4	558.7	558.8	558.7	558.4	22.45	-	2,261.19	-		
-49.6966	-20.6686	-3.51	1024	48805.8	559.3	559.3	559.3	559.4	559.4	558.9	559.2	559.3	559.2	558.9	3.43	0.00	345.43	0.34		
-49.6961	-20.6695	-3.94	803	48905.0	552.3	552.3	552.4	552.4	552.4	556.9	557.2	557.4	557.2	556.9	0.38	24.61	37.80	2,439.98		
-49.6958	-20.6704	0.18	0	49006.2	551.6	551.5	551.5	551.4	551.4	556.9	557.2	557.3	557.2	556.9	-	53.53	-	5,420.97		
-49.6954	-20.6714	2.38	0	49107.5	552.8	552.8	552.7	552.6	552.6	552.3	552.6	552.7	552.6	552.3	0.47	28.93	47.60	2,930.70		
-49.6951	-20.6723	2.98	1022	49204.3	556.2	556.2	556.2	556.2	556.1	553.0	553.3	553.4	553.3	553.0	14.60	-	1,412.77	-		
-49.6947	-20.6732	1.58	1022	49303.7	558.6	558.6	558.6	558.6	558.6	554.2	554.5	554.7	554.5	554.2	34.04	-	3,383.55	-		
-49.6941	-20.674	-0.40	798	49403.2	559.3	559.3	559.3	559.3	559.3	557.7	558.0	558.2	558.0	557.7	26.05	-	2,590.87	-		
-49.6934	-20.6747	-1.85	529	49502.8	557.8	557.8	557.8	557.8	557.8	557.3	557.6	557.8	557.6	557.3	6.53	0.00	650.27	0.30		
-49.6928	-20.6755	-3.25	1913	49602.4	555.6	555.6	555.6	555.6	555.6	556.9	557.2	557.3	557.2	556.9	0.38	7.96	37.96	793.22		
-49.6921	-20.6762	-3.17	1854	49701.9	551.3	551.3	551.3	551.3	551.3	555.3	555.6	555.8	555.6	555.3	-	29.78	-	2,961.91		
-49.6915	-20.677	0.88	751	49805.0	549.2	549.2	549.2	549.2	549.2	553.2	553.5	553.6	553.5	553.2	-	43.47	-	4,483.51		
-49.6908	-20.6778	2.16	760	49906.4	553.2	553.2	553.1	553.1	553.1	552.7	553.0	553.1	553.0	552.7	0.41	21.64	41.30	2,193.09		
-49.6905	-20.6787	0.03	0	50001.3	553.4	553.4	553.4	553.4	553.4	550.7	551.0	551.2	551.0	550.7	12.18	0.00	1,156.27	0.10		
-49.6902	-20.6797	-1.53	1936	50105.8	553.2	553.2	553.2	553.1	553.1	552.7	553.0	553.2	553.0	552.7	12.21	0.00	1,275.09	0.00		
-49.6903	-20.6807	-0.27	0	50206.2	550.2	550.2	550.3	550.4	550.4	550.9	551.2	551.4	551.2	550.9	0.43	4.93	43.63	495.23		
-49.6903	-20.6817	2.59	0	50306.1	552.7	552.7	552.6	552.6	552.5	552.2	552.5	552.6	552.5	552.2	0.43	4.93	43.18	492.82		
-49.6902	-20.6827	1.67	1934	50406.6	555.5	555.5	555.5	555.4	555.4	551.9	552.2	552.3	552.2	551.9	16.72	0.00	1,679.16	0.01		
-49.6902	-20.6837	0.33	743	50506.7	556.0	556.0	556.0	555.9	555.9	554.2	554.5	554.6	554.5	554.2	23.49	-	2,351.72	-		
-49.6901	-20.6847	1.00	743	50607.1	556.1	556.1	556.1	556.1	556.1	555.7	556.0	556.1	556.0	555.7	7.61	0.00	764.78	0.05		
-49.6899	-20.6856	1.89	0	50702.7	558.0	558.0	557.9	557.9	557.9	557.5	557.8	557.9	557.8	557.5	0.83	0.00	79.43	0.11		
-49.6895	-20.6865	1.23	1854	50802.0	559.9	559.9	559.8	559.8	559.8	557.6	557.9	558.1	557.9	557.6	9.62	0.00	954.41	0.07		
-49.6888	-20.6872	-2.09	1854	50905.6	560.4	560.4	560.4	560.4	560.4	559.5	559.8	560.0	559.8	559.5	12.06	-	1,250.09	-		
-49.6879	-20.6878	-4.06	1874	51006.4	555.7	555.6	555.6	555.5	555.5	557.4	557.7	557.8	557.7	557.4	2.86	10.69	287.92	1,077.34		
-49.687	-20.688	-2.28	0	51098.6	552.7	552.7	552.6	552.5	552.5	558.1	558.4	558.5	558.4	558.1	-	39.77	-	3,667.55		
-49.686	-20.6882	-0.24	0	51199.8	551.2	551.2	551.1	551.1	551.1	553.2	553.5	553.6	553.5	553.2	-	41.10	-	4,160.64		
-49.685	-20.6883	0.57	1934	51301.2	555.7	555.7	552.1	552.0	552.0	551.7	552.0	552.1	552.0	551.7	5.26	12.03	533.16	1,220.03		

Coordenadas				Cotas Terreno						Cotas Ferrovia					Área Média Total		Volumes	
X	Y	Rampa real(%)	Curva Real (m)	Posição (m)	CBETt (m)	CBETp (m)	CET (m)	CBDTp (m)	CBDTt (m)	CBEFt (m)	CBEFp (m)	CEF (m)	CBDFp (m)	CBDFt (m)	Corte	Aterro	Volume corte (m³)	Volume aterro (m³)
-49.684	-20.6885	0.24	0	51402.7	552.3	552.3	552.3	552.3	552.3	551.9	552.2	552.3	552.2	551.9	5.76	0.00	583.86	0.18
-49.683	-20.6886	0.93	1913	51503.1	552.7	552.7	552.6	552.5	552.5	552.2	552.5	552.6	552.5	552.2	0.96	-	96.69	-
-49.682	-20.6887	0.03	1854	51599.5	554.1	554.1	554.1	554.1	554.1	553.7	554.0	554.1	554.0	553.7	0.91	0.00	87.62	0.00
-49.6811	-20.6889	-2.30	751	51695.9	552.7	552.7	552.7	552.7	552.7	552.2	552.5	552.7	552.5	552.2	0.99	0.00	95.41	0.00
-49.6801	-20.689	-1.46	760	51797.1	549.7	549.7	549.6	549.5	549.5	551.7	552.0	552.2	552.0	551.7	0.54	12.31	55.04	1,245.93
-49.6791	-20.6892	-1.45	0	51898.4	549.7	549.7	549.7	549.7	549.7	550.2	550.5	550.7	550.5	550.2	-	16.64	-	1,684.54
-49.6781	-20.6893	-2.59	1123	51999.6	546.7	546.7	546.7	546.6	546.6	547.1	547.4	547.6	547.4	547.1	-	8.50	-	860.00
-49.6771	-20.6895	-1.28	499	52100.8	544.5	544.5	544.5	544.5	544.5	547.2	547.5	547.7	547.5	547.2	-	19.73	-	1,996.74
-49.6761	-20.6896	-0.32	1591	52202.2	544.1	544.1	544.1	544.1	544.1	544.2	544.5	544.6	544.5	544.2	-	17.90	-	1,815.43
-49.6751	-20.6898	1.13	0	52303.6	543.8	543.8	543.8	543.9	543.9	543.4	543.7	543.8	543.7	543.4	0.48	2.34	49.05	237.25
-49.6741	-20.6899	2.74	0	52404.1	546.3	546.3	546.3	546.3	546.3	545.7	546.0	546.1	546.0	545.7	2.22	-	223.05	-
-49.6731	-20.69	1.49	0	52500.5	550.5	550.5	549.2	549.2	549.3	545.4	545.7	545.8	545.7	545.4	21.06	-	2,029.73	-
-49.6722	-20.6902	1.36	0	52596.9	549.2	549.2	549.2	549.3	549.3	547.8	548.1	548.3	548.1	547.8	24.44	-	2,355.99	-
-49.6712	-20.6903	2.07	1497	52698.1	551.9	551.9	551.9	551.9	551.9	550.8	551.1	551.2	551.1	550.8	9.11	-	921.75	-
-49.6702	-20.6905	0.45	1495	52800.0	553.4	553.4	553.4	553.5	553.5	550.8	551.1	551.2	551.1	550.8	15.34	-	1,563.39	-
-49.6692	-20.6907	-1.05	0	52902.0	552.8	552.8	552.8	552.8	552.8	552.4	552.7	552.8	552.7	552.4	11.72	0.00	1,194.86	0.48
-49.6682	-20.6909	-2.10	0	53003.4	551.3	551.3	551.3	551.3	551.3	551.0	551.3	551.4	551.3	551.0	0.50	0.15	50.30	15.48
-49.6672	-20.691	0.87	0	53104.8	548.5	548.5	548.5	548.6	548.6	550.3	550.6	550.8	550.6	550.3	0.13	10.89	13.10	1,104.60
-49.6662	-20.6912	1.77	0	53206.7	553.0	553.0	553.1	553.1	553.1	552.6	552.9	553.1	552.9	552.6	0.39	10.75	39.43	1,095.40
-49.6653	-20.6914	-1.92	0	53298.9	552.0	552.0	552.0	552.0	552.0	550.0	550.3	550.5	550.3	550.0	8.42	0.00	776.31	0.24
-49.6643	-20.6916	-2.46	0	53400.9	549.4	549.4	549.3	549.3	549.3	550.7	551.0	551.1	551.0	550.7	8.03	8.44	818.56	860.54
-49.6633	-20.6918	-1.04	0	53502.1	547.0	547.0	547.0	547.0	547.0	549.5	549.8	550.0	549.8	549.5	-	22.82	-	2,309.65
-49.6623	-20.6919	1.95	0	53603.3	547.2	547.2	547.2	547.3	547.3	546.9	547.2	547.3	547.2	546.9	0.21	14.46	21.21	1,463.75
-49.6613	-20.6921	2.18	1497	53705.3	550.9	550.9	550.9	551.0	551.0	548.6	548.9	549.0	548.9	548.6	10.25	0.08	1,044.39	8.34
-49.6603	-20.6923	-0.57	1559	53807.2	551.7	551.7	551.7	551.7	551.7	548.8	549.1	549.3	549.1	548.8	22.55	-	2,298.09	-
-49.6594	-20.6925	0.50	0	53899.4	549.9	549.9	549.9	552.9	552.9	549.4	549.7	549.8	549.7	549.4	17.19	-	1,584.92	-
-49.6584	-20.6927	3.25	0	54000.8	552.5	552.5	552.7	552.8	552.8	552.2	552.5	552.7	552.5	552.2	5.09	0.00	516.10	0.46
-49.6574	-20.6928	2.47	0	54102.2	556.4	556.4	556.4	556.5	556.5	551.5	551.8	551.9	551.8	551.5	23.64	0.00	2,397.83	0.46
-49.6564	-20.693	-0.07	0	54204.1	557.7	557.7	557.7	557.7	557.7	554.3	554.6	554.7	554.6	554.3	38.74	-	3,949.09	-

Coordenadas				Cotas Terreno							Cotas Ferrovia						Área Média Total		Volumes	
X	Y	Rampa real(%)	Curva Real (m)	Posição (m)	CBETt (m)	CBETp (m)	CET (m)	CBDTp (m)	CBDTt (m)	CBEFt (m)	CBEFp (m)	CEF (m)	CBDFp (m)	CBDFt (m)	Corte	Aterro	Volume corte (m³)	Volume aterro (m³)		
-49.6554	-20.6932	-1.61	0	54306.0	556.3	556.3	556.3	556.3	556.3	555.9	556.2	556.3	556.2	555.9	15.90	0.00	1,619.85	0.23		
-49.6544	-20.6934	-2.17	0	54408.0	554.5	554.5	554.4	554.3	554.3	555.2	555.5	555.7	555.5	555.2	0.39	5.93	39.94	604.11		
-49.6535	-20.6936	-0.44	1492	54504.4	552.1	552.1	552.0	551.9	551.9	553.9	554.2	554.3	554.2	553.9	-	16.98	-	1,637.13		
-49.6525	-20.6937	-0.78	190	54602.7	561.3	561.3	553.6	553.5	553.5	553.1	553.4	553.5	553.4	553.1	11.05	11.06	1,086.37	1,086.99		
-49.6517	-20.6942	-2.49	0	54703.3	550.5	550.5	550.4	550.4	550.4	550.0	550.3	550.4	550.3	550.0	11.43	0.00	1,150.71	0.45		
-49.651	-20.695	1.20	0	54805.9	552.5	552.5	548.5	548.5	548.5	551.1	551.4	551.5	551.4	551.1	1.04	9.86	106.76	1,011.84		
-49.6503	-20.6957	1.85	0	54908.7	552.9	552.9	552.9	552.9	552.9	552.0	552.3	552.5	552.3	552.0	3.23	9.85	331.34	1,012.10		
-49.6496	-20.6965	-1.03	0	55014.9	552.3	552.3	552.4	552.4	552.4	550.1	550.4	550.6	550.4	550.1	11.95	-	1,269.87	-		
-49.649	-20.6972	-1.83	0	55110.6	550.8	550.8	550.8	550.9	550.9	550.5	550.8	550.9	550.8	550.5	9.62	0.05	919.62	4.51		
-49.6483	-20.6979	-2.13	0	55213.2	548.7	548.7	548.7	548.7	548.7	549.9	550.2	550.4	550.2	549.9	0.23	7.77	23.86	797.49		
-49.6476	-20.6987	-1.43	0	55319.5	546.4	546.4	546.4	546.4	546.4	548.3	548.6	548.7	548.6	548.3	-	19.05	-	2,026.39		
-49.647	-20.6994	-0.25	0	55411.7	545.9	545.9	545.9	545.9	545.9	546.3	546.6	546.8	546.6	546.3	-	15.15	-	1,396.13		
-49.6463	-20.7002	0.00	0	55514.3	545.9	545.9	545.9	545.9	545.9	545.5	545.8	545.9	545.8	545.5	0.42	3.83	42.78	392.86		
-49.6456	-20.7009	-0.17	0	55613.4	545.9	545.9	545.9	545.9	545.9	545.5	545.8	545.9	545.8	545.5	0.86	0.00	85.55	0.06		
-49.6449	-20.7016	0.52	0	55713.1	545.5	545.5	545.6	545.6	545.6	545.1	545.4	545.6	545.4	545.1	0.86	0.00	85.23	0.10		
-49.6443	-20.7024	1.10	333	55813.4	546.9	546.9	546.9	546.9	546.9	546.5	546.8	546.9	546.8	546.5	0.90	0.00	90.63	0.10		
-49.6435	-20.703	0.56	0	55913.1	547.7	547.7	547.7	547.7	547.7	547.1	547.4	547.6	547.4	547.1	1.88	-	187.00	-		
-49.6427	-20.7036	0.78	994	56010.4	548.0	548.0	548.0	548.0	548.0	547.6	547.9	548.0	547.9	547.6	1.78	0.00	172.93	0.18		
-49.6419	-20.7041	1.29	994	56109.1	549.3	549.3	549.3	549.3	549.3	548.8	549.1	549.3	549.1	548.8	0.98	0.00	96.89	0.18		
-49.641	-20.7046	0.68	1013	56211.7	550.6	550.6	550.6	550.6	550.7	549.6	549.9	550.0	549.9	549.6	3.97	-	406.83	-		
-49.64	-20.7046	0.64	0	56311.9	550.6	550.6	550.6	549.6	549.6	550.2	550.5	550.7	550.5	550.2	3.46	1.26	346.92	126.43		
-49.639	-20.7045	1.48	996	56413.1	551.8	551.8	551.9	552.0	552.0	551.5	551.8	551.9	551.8	551.5	0.53	1.26	54.08	127.68		
-49.638	-20.7043	1.68	1015	56514.3	553.5	553.5	553.6	553.7	553.8	552.2	552.5	552.7	552.5	552.2	5.73	-	580.39	-		
-49.637	-20.7042	0.83	1013	56614.8	555.3	555.3	555.3	555.3	555.3	553.5	553.8	553.9	553.8	553.5	12.49	-	1,254.78	-		
-49.636	-20.7041	-0.20	994	56715.2	555.3	555.3	555.3	555.3	555.3	554.9	555.2	555.3	555.2	554.9	7.68	-	771.96	-		
-49.635	-20.704	0.88	994	56812.0	554.9	554.9	554.9	556.8	556.8	554.5	554.8	554.9	554.8	554.5	3.50	-	338.33	-		
-49.6341	-20.7042	1.89	1013	56905.4	557.0	557.0	557.0	557.0	557.0	556.6	556.9	557.0	556.9	556.6	3.48	-	325.03	-		
-49.6332	-20.7045	0.52	0	57006.9	558.6	558.6	558.6	558.6	558.6	556.4	556.7	556.8	556.7	556.4	9.61	-	975.15	-		
-49.6322	-20.7049	-0.06	1015	57114.9	558.1	558.1	558.1	558.1	558.1	557.7	558.0	558.1	558.0	557.7	9.58	0.00	1,034.51	0.06		

Coordenadas				Cotas Terreno						Cotas Ferrovia					Área Média Total		Volumes	
X	Y	Rampa real(%)	Curva Real (m)	Posição (m)	CBETt (m)	CBETp (m)	CET (m)	CBDTp (m)	CBDTt (m)	CBEFt (m)	CBEFp (m)	CEF (m)	CBDFp (m)	CBDFt (m)	Corte	Aterro	Volume corte (m³)	Volume aterro (m³)
-49.6313	-20.7053	-1.03	996	57211.2	558.4	558.5	558.5	558.5	558.5	558.0	558.3	558.5	558.3	558.0	0.83	0.00	79.84	0.14
-49.6305	-20.7058	-1.25	994	57310.0	556.1	556.1	556.1	556.1	556.1	555.7	556.0	556.1	556.0	555.7	0.66	0.04	65.27	3.61
-49.6296	-20.7063	-1.00	1013	57413.0	555.9	555.9	555.9	555.9	555.9	556.0	556.3	556.4	556.3	556.0	0.25	2.16	25.87	222.15
-49.6287	-20.7068	-2.78	0	57514.6	554.1	554.0	554.0	554.0	554.0	553.6	553.9	554.0	553.9	553.6	0.38	2.12	39.07	215.64
-49.6279	-20.7074	-1.77	994	57616.2	550.3	550.3	550.3	550.3	550.3	553.5	553.8	553.9	553.8	553.5	0.38	17.58	39.07	1,785.40
-49.627	-20.7079	0.09	1019	57714.8	550.5	550.5	550.5	550.5	550.5	551.6	551.9	552.0	551.9	551.6	-	24.74	-	2,439.20
-49.6262	-20.7084	-0.32	510	57813.4	550.5	550.5	550.5	550.5	550.5	550.0	550.3	550.5	550.3	550.0	0.52	7.17	51.37	706.45
-49.6253	-20.7089	0.59	1024	57912.1	549.9	549.9	549.9	549.9	549.9	549.4	549.7	549.9	549.7	549.4	0.90	0.00	89.12	0.30
-49.6245	-20.7094	2.43	798	58010.8	551.6	551.6	551.6	551.7	551.7	551.2	551.5	551.6	551.5	551.2	0.82	0.00	81.23	0.30
-49.6236	-20.7099	2.17	798	58116.4	554.8	554.8	554.8	554.8	554.8	551.5	551.8	551.9	551.8	551.5	15.47	0.00	1,634.31	0.00
-49.6227	-20.7105	1.99	0	58224.6	556.2	556.3	556.3	556.3	556.3	553.3	553.6	553.8	553.6	553.3	27.91	-	3,020.57	-
-49.6219	-20.711	4.61	0	58323.3	558.9	558.9	558.9	559.0	559.0	556.5	556.8	556.9	556.8	556.5	23.60	-	2,329.68	-
-49.621	-20.7115	3.85	0	58421.9	565.3	565.3	565.3	565.4	565.4	557.8	558.1	558.2	558.1	557.8	46.67	-	4,599.40	-
-49.6202	-20.712	-0.43	1361	58518.3	566.4	566.4	566.4	566.4	566.4	560.5	560.8	560.9	560.8	560.5	64.08	-	6,176.71	-
-49.6193	-20.7124	-0.61	1106	58619.8	564.5	564.5	564.5	564.5	564.5	564.1	564.4	564.5	564.4	564.1	28.56	0.00	2,898.90	0.06
-49.6183	-20.7127	-0.20	0	58724.1	565.2	565.2	565.2	565.2	565.1	564.7	565.0	565.2	565.0	564.7	0.95	0.00	98.99	0.06
-49.6173	-20.713	0.42	0	58822.4	564.1	564.1	564.1	564.1	564.1	563.7	564.0	564.1	564.0	563.7	1.02	-	100.69	-
-49.6164	-20.7132	-0.02	0	58920.7	566.0	566.0	566.0	566.0	566.0	565.6	565.9	566.0	565.9	565.6	0.88	0.00	86.46	0.41
-49.6154	-20.7135	-0.42	1098	59023.4	564.1	564.1	564.1	564.0	564.0	563.6	563.9	564.1	563.9	563.6	0.79	0.00	81.33	0.49
-49.6144	-20.7136	0.47	1106	59123.7	565.3	565.3	565.1	565.0	565.0	564.7	565.0	565.1	565.0	564.7	0.91	0.05	90.95	4.66
-49.6134	-20.7136	4.27	0	59223.9	565.1	565.1	565.0	564.9	564.9	564.6	564.9	565.0	564.9	564.6	0.92	0.05	91.82	4.71
-49.6124	-20.7135	3.87	0	59323.8	574.0	573.9	573.7	573.5	573.4	566.7	567.0	567.1	567.0	566.7	33.61	0.00	3,356.98	0.11
-49.6115	-20.7131	-1.95	0	59424.5	573.0	572.9	572.8	572.6	572.6	566.6	566.9	567.0	566.9	566.6	62.45	-	6,291.83	-
-49.6106	-20.7126	-7.15	0	59522.5	570.2	570.2	569.8	569.4	569.4	571.3	571.6	571.7	571.6	571.3	29.27	9.02	2,866.24	883.47
-49.6097	-20.7124	-5.78	1085	59614.7	559.3	559.3	559.2	559.1	559.1	570.4	570.7	570.9	570.7	570.4	-	67.02	-	6,181.16
-49.6087	-20.7122	2.35	1294	59716.6	558.7	558.7	558.6	558.5	558.5	567.4	567.7	567.9	567.7	567.4	-	103.95	-	10,595.93
-49.6077	-20.712	5.26	0	59814.4	563.9	563.9	563.9	563.9	563.9	560.7	561.0	561.2	561.0	560.7	13.97	45.95	1,365.83	4,493.64
-49.6068	-20.7122	6.94	0	59906.6	568.5	568.5	568.6	568.7	568.7	560.1	560.4	560.5	560.4	560.1	55.03	-	5,074.89	-
-49.6058	-20.7124	-2.89	0	60008.5	577.2	577.2	577.4	577.5	577.5	565.4	565.7	565.8	565.7	565.4	99.18	-	10,097.71	-

Coordenadas				Cotas Terreno							Cotas Ferrovia					Área Média Total		Volumes	
X	Y	Rampa real(%)	Curva Real (m)	Posição (m)	CBETt (m)	CBETp (m)	CET (m)	CBDTp (m)	CBDTt (m)	CBETf (m)	CBEPf (m)	CEF (m)	CBDFp (m)	CBDFt (m)	Corte	Aterro	Volume corte (m³)	Volume aterro (m³)	
-49.605	-20.713	-9.60	798	60108.8	562.7	562.7	562.7	558.2	558.2	566.2	566.5	566.6	566.5	566.2	58.12	24.99	5,833.72	2,508.63	
-49.6044	-20.7138	-1.84	798	60208.8	558.1	558.1	558.1	558.1	558.1	574.9	575.2	575.3	575.2	574.9	-	110.71	-	11,072.99	
-49.6038	-20.7146	0.62	1105	60310.6	559.0	559.0	559.0	559.1	559.1	560.3	560.6	560.7	560.6	560.3	-	93.70	-	9,533.54	
-49.6036	-20.7156	4.13	0	60409.1	559.4	559.4	559.4	559.3	559.3	558.9	559.2	559.4	559.2	558.9	0.44	7.99	43.26	787.06	
-49.6033	-20.7165	7.02	0	60504.0	567.4	567.4	567.0	566.6	566.6	560.5	560.8	561.0	560.8	560.5	31.10	0.00	2,952.09	0.00	
-49.603	-20.7175	0.27	796	60608.5	577.4	577.4	573.3	573.3	573.3	560.9	561.2	561.4	561.2	560.9	96.57	-	10,088.02	-	
-49.603	-20.7185	-4.03	0	60708.5	567.6	567.6	567.6	567.5	567.5	567.1	567.4	567.6	567.4	567.1	66.29	0.00	6,624.92	0.42	
-49.6029	-20.7195	-0.32	0	60808.9	565.3	565.3	565.3	565.2	565.2	570.9	571.2	571.3	571.2	570.9	0.37	29.90	37.31	3,003.52	
-49.6022	-20.7202	0.12	0	60908.0	566.9	566.9	566.9	566.9	566.9	566.5	566.8	566.9	566.8	566.5	0.52	29.90	51.72	2,964.03	
-49.6015	-20.7209	-4.87	0	61010.7	565.6	565.6	565.5	565.5	565.5	565.1	565.4	565.5	565.4	565.1	1.10	-	112.89	-	
-49.6008	-20.7217	-5.38	0	61117.2	556.8	556.8	556.8	556.8	556.8	564.4	564.7	564.8	564.7	564.4	0.58	39.93	61.50	4,253.15	
-49.6002	-20.7224	-1.32	0	61212.9	554.6	554.6	554.6	554.7	554.7	563.1	563.4	563.5	563.4	563.1	-	83.84	-	8,019.58	
-49.5995	-20.7231	-1.05	0	61315.5	554.1	554.1	554.1	554.1	554.1	554.3	554.6	554.8	554.6	554.3	-	46.72	-	4,794.97	
-49.5988	-20.7239	-1.75	0	61418.2	552.5	552.5	552.5	552.5	552.5	552.2	552.5	552.6	552.5	552.2	0.09	3.07	8.83	315.17	
-49.5981	-20.7246	-1.59	0	61517.8	550.6	550.6	550.6	550.6	550.6	551.7	552.0	552.1	552.0	551.7	0.09	7.31	8.58	728.30	
-49.5975	-20.7254	-1.29	1687	61617.3	549.3	549.3	549.3	549.3	549.3	550.0	550.3	550.5	550.3	550.0	-	12.54	-	1,248.00	
-49.5968	-20.7261	-0.59	992	61716.2	548.0	548.0	548.0	548.0	548.0	548.2	548.5	548.6	548.5	548.2	-	8.06	-	796.65	
-49.5961	-20.7268	1.30	0	61818.9	548.1	548.1	548.1	548.1	548.1	547.7	548.0	548.1	548.0	547.7	0.45	2.56	46.62	263.01	
-49.5954	-20.7276	1.58	0	61925.0	550.7	550.7	550.7	550.8	550.8	549.7	550.0	550.1	550.0	549.7	4.10	-	434.82	-	
-49.5948	-20.7283	1.48	0	62017.3	551.3	551.3	551.3	551.2	551.2	549.7	550.0	550.1	550.0	549.7	9.92	-	916.39	-	
-49.5941	-20.7291	2.61	0	62120.0	553.7	553.7	553.6	553.6	553.6	552.3	552.6	552.7	552.6	552.3	11.48	-	1,177.89	-	
-49.5934	-20.7298	2.31	0	62219.1	556.5	556.5	556.5	556.6	556.6	552.8	553.1	553.3	553.1	552.8	21.93	-	2,173.88	-	
-49.5927	-20.7305	1.81	0	62321.8	558.3	558.3	558.3	558.3	558.3	555.2	555.5	555.7	555.5	555.2	30.34	-	3,116.17	-	
-49.592	-20.7313	0.97	0	62424.5	560.2	560.2	560.2	560.2	560.2	558.2	558.5	558.6	558.5	558.2	22.27	-	2,287.21	-	
-49.5913	-20.732	-0.63	0	62523.4	560.2	560.2	560.2	560.2	560.2	559.8	560.1	560.3	560.1	559.8	9.07	0.00	896.24	0.12	
-49.5906	-20.7327	-0.68	0	62622.5	559.0	559.0	559.0	559.0	559.0	558.6	558.9	559.0	558.9	558.6	0.92	0.00	91.02	0.12	
-49.5899	-20.7334	-0.43	0	62721.4	558.9	558.9	558.9	558.9	558.9	558.5	558.8	558.9	558.8	558.5	1.02	-	100.62	-	
-49.5892	-20.7341	-2.45	0	62820.5	558.2	558.2	558.1	558.1	558.1	557.7	558.0	558.1	558.0	557.7	0.94	0.00	93.54	0.02	
-49.5885	-20.7348	-3.60	0	62919.4	554.1	554.1	554.1	554.0	554.0	556.5	556.8	556.9	556.8	556.5	0.44	13.94	43.27	1,378.42	

Coordenadas				Cotas Terreno						Cotas Ferrovia					Área Média Total		Volumes	
X	Y	Rampa real(%)	Curva Real (m)	Posição (m)	CBETt (m)	CBETp (m)	CET (m)	CBDTp (m)	CBDTt (m)	CBEFt (m)	CBEFp (m)	CEF (m)	CBDFp (m)	CBDFt (m)	Corte	Aterro	Volume corte (m³)	Volume aterro (m³)
-49.5878	-20.7355	-1.84	0	63018.9	551.0	551.0	551.0	551.0	551.0	555.7	556.0	556.2	556.0	555.7	-	39.21	-	3,901.77
-49.587	-20.7361	-0.14	0	63118.2	550.4	550.4	550.4	550.4	550.4	551.6	551.9	552.1	551.9	551.6	-	33.15	-	3,293.02
-49.5861	-20.7365	0.75	1687	63216.7	550.7	550.7	550.8	550.8	550.8	550.3	550.6	550.7	550.6	550.3	0.49	7.88	47.85	776.50
-49.5851	-20.7369	0.91	0	63324.8	551.9	551.9	552.0	552.0	552.0	551.5	551.8	552.0	551.8	551.5	0.98	-	106.33	-
-49.5842	-20.7373	0.83	437	63421.1	552.6	552.6	552.6	552.6	552.6	552.2	552.5	552.6	552.5	552.2	0.85	0.01	82.01	0.66
-49.5834	-20.7378	0.56	1024	63518.4	553.6	553.6	553.6	553.6	553.6	553.1	553.4	553.6	553.4	553.1	0.76	0.01	73.61	0.78
-49.5826	-20.7384	-1.25	1022	63618.4	553.7	553.7	553.7	553.7	553.7	553.3	553.6	553.7	553.6	553.3	0.94	0.00	93.74	0.12
-49.5818	-20.739	-1.68	1022	63718.5	551.1	551.1	551.1	551.1	551.1	551.1	551.4	551.6	551.4	551.1	0.53	2.01	53.33	200.83
-49.581	-20.7396	-0.38	1044	63820.0	550.3	550.3	550.3	550.3	550.3	551.3	551.6	551.7	551.6	551.3	-	8.48	-	860.01
-49.5801	-20.7401	0.14	1044	63921.6	550.3	550.3	550.3	550.3	550.3	549.9	550.2	550.3	550.2	549.9	0.43	6.47	43.50	657.50
-49.5793	-20.7407	0.97	1024	64021.6	550.6	550.6	550.6	550.6	550.6	550.1	550.4	550.6	550.4	550.1	0.91	0.00	90.95	0.02
-49.5785	-20.7413	0.74	1024	64121.8	552.3	552.3	552.3	552.3	552.3	551.8	552.1	552.3	552.1	551.8	1.02	-	102.09	-
-49.5777	-20.7419	-0.14	1094	64218.9	552.1	552.1	552.1	552.0	552.0	551.6	551.9	552.1	551.9	551.6	1.02	-	98.56	-
-49.5769	-20.7424	-0.03	0	64313.3	552.0	552.0	552.0	552.0	552.0	551.6	551.9	552.0	551.9	551.6	0.85	0.00	80.43	0.35
-49.576	-20.743	1.19	1054	64417.5	552.0	552.0	552.0	552.0	552.0	551.6	551.9	552.0	551.9	551.6	0.79	0.00	82.48	0.45
-49.5752	-20.7436	2.41	1033	64513.6	554.3	554.3	554.4	554.4	554.4	553.6	553.9	554.0	553.9	553.6	2.80	0.00	268.64	0.06
-49.5745	-20.7442	0.58	1024	64609.9	556.6	556.6	556.6	556.6	556.6	553.5	553.8	553.9	553.8	553.5	16.38	-	1,577.63	-
-49.5739	-20.745	-2.41	1024	64713.1	553.5	553.5	555.5	555.5	555.5	555.1	555.4	555.5	555.4	555.1	14.16	2.66	1,461.06	274.02
-49.5732	-20.7458	-2.64	1024	64816.1	551.6	551.6	551.7	551.7	551.7	554.1	554.4	554.6	554.4	554.1	0.15	16.68	15.95	1,717.95
-49.5726	-20.7466	-0.15	798	64916.0	550.2	550.2	550.2	550.2	550.2	553.0	553.3	553.5	553.3	553.0	-	30.14	-	3,009.55
-49.572	-20.7474	0.69	0	65016.2	551.4	551.4	551.4	551.3	551.3	550.9	551.2	551.4	551.2	550.9	0.42	16.11	42.51	1,615.42
-49.5714	-20.7482	0.47	0	65116.1	551.5	551.5	551.5	551.5	551.5	551.1	551.4	551.5	551.4	551.1	0.82	0.00	81.41	0.25
-49.5708	-20.749	1.43	0	65216.1	552.3	552.3	552.3	552.2	552.2	551.9	552.2	552.3	552.2	551.9	0.77	0.01	76.85	0.62
-49.5702	-20.7498	1.49	0	65312.2	554.3	554.3	554.3	554.3	554.3	553.1	553.4	553.5	553.4	553.1	5.10	0.00	489.94	0.38
-49.5696	-20.7505	1.50	0	65404.6	555.1	555.1	555.1	555.1	555.1	553.7	554.0	554.2	554.0	553.7	9.81	-	905.75	-
-49.5689	-20.7513	2.50	796	65507.8	557.3	557.3	557.3	557.2	557.2	555.9	556.2	556.3	556.2	555.9	10.31	-	1,064.01	-
-49.5683	-20.7521	2.10	796	65607.9	560.2	560.2	560.2	560.1	560.1	556.7	557.0	557.1	557.0	556.7	20.86	-	2,088.26	-
-49.5682	-20.7531	0.12	0	65708.3	561.5	561.5	561.5	561.5	561.5	558.8	559.1	559.3	559.1	558.8	27.16	-	2,728.19	-
-49.5682	-20.7541	-2.88	304	65808.5	560.5	560.5	560.4	560.3	560.3	560.0	560.3	560.4	560.3	560.0	11.98	-	1,199.80	-

Coordenadas				Cotas Terreno						Cotas Ferrovia					Área Média Total		Volumes	
X	Y	Rampa real(%)	Curva Real (m)	Posição (m)	CBETt (m)	CBETp (m)	CET (m)	CBDTp (m)	CBDTt (m)	CBEFt (m)	CBEFp (m)	CEF (m)	CBDFp (m)	CBDFt (m)	Corte	Aterro	Volume corte (m³)	Volume aterro (m³)
-49.5682	-20.7551	-3.48	0	65908.4	555.8	555.7	555.7	555.7	555.7	559.0	559.3	559.5	559.3	559.0	0.46	18.33	45.63	1,832.25
-49.5681	-20.7561	1.61	1312	66008.9	553.6	553.6	553.5	553.4	553.3	558.0	558.3	558.4	558.3	558.0	-	42.73	-	4,291.21
-49.5681	-20.7571	5.93	1339	66108.8	559.1	559.1	558.9	558.8	558.8	557.3	557.6	557.7	557.6	557.3	6.54	24.39	653.21	2,437.98
-49.5681	-20.7581	2.77	0	66208.9	565.4	565.4	565.3	565.2	565.2	555.0	555.3	555.5	555.3	555.0	56.29	-	5,636.93	-
-49.5681	-20.7591	-2.60	0	66308.9	564.5	564.5	564.5	564.5	564.4	560.5	560.8	560.9	560.8	560.5	67.85	-	6,781.23	-
-49.568	-20.7601	-2.90	0	66409.3	560.2	560.2	560.1	560.0	560.0	562.9	563.2	563.3	563.2	562.9	18.09	15.60	1,817.13	1,566.70
-49.5683	-20.761	-0.83	1585	66510.6	558.3	558.4	558.6	558.9	558.9	562.0	562.3	562.5	562.3	562.0	-	34.23	-	3,465.84
-49.5687	-20.762	1.35	1530	66611.9	558.3	558.3	558.4	558.5	558.5	558.0	558.3	558.4	558.3	558.0	0.36	18.64	36.82	1,888.23
-49.569	-20.7629	3.30	0	66706.8	561.1	561.2	561.3	561.4	561.4	560.2	560.5	560.6	560.5	560.2	4.20	0.01	398.72	0.82
-49.5693	-20.7639	2.06	0	66805.2	564.7	564.7	564.8	564.8	564.8	559.9	560.2	560.3	560.2	559.9	26.46	-	2,601.34	-
-49.5695	-20.7648	1.31	1384	66902.1	565.3	565.3	565.3	565.3	565.3	562.8	563.1	563.2	563.1	562.8	33.44	-	3,240.38	-
-49.5691	-20.7657	0.22	1395	67000.6	567.4	567.4	567.4	567.3	567.3	566.3	566.6	566.7	566.6	566.3	14.39	-	1,417.59	-
-49.5687	-20.7666	-0.53	0	67099.1	565.7	565.7	565.7	565.7	565.7	565.3	565.6	565.7	565.6	565.3	3.96	0.00	390.22	0.24
-49.5683	-20.7675	0.60	0	67197.7	566.3	566.3	566.3	568.1	568.1	565.9	566.2	566.3	566.2	565.9	3.31	0.00	326.01	0.44
-49.5679	-20.7685	0.48	0	67296.2	566.9	566.9	566.9	566.9	566.9	566.5	566.8	566.9	566.8	566.5	3.44	0.00	339.20	0.20
-49.5675	-20.7693	0.50	0	67394.5	566.9	566.9	567.3	567.3	567.3	566.8	567.1	567.3	567.1	566.8	0.79	0.33	77.12	32.15
-49.5668	-20.7701	-1.44	0	67497.1	568.0	568.0	567.9	567.9	567.9	567.5	567.8	567.9	567.8	567.5	0.75	0.33	76.94	33.59
-49.5661	-20.7708	-0.98	0	67594.9	564.3	564.3	564.4	564.4	564.4	564.8	565.1	565.2	565.1	564.8	0.49	3.96	47.43	386.70
-49.5658	-20.7717	1.22	1465	67693.4	566.0	566.0	566.0	566.0	566.0	565.6	565.9	566.0	565.9	565.6	0.41	3.96	40.33	389.64
-49.5656	-20.7727	1.71	1465	67794.7	566.8	566.8	566.8	566.8	566.8	565.9	566.2	566.4	566.2	565.9	3.06	0.00	309.83	0.10
-49.5655	-20.7737	1.38	1384	67895.3	569.5	569.5	569.4	569.4	569.4	567.6	567.9	568.0	567.9	567.6	10.15	-	1,022.14	-
-49.5654	-20.7747	0.96	1425	67995.8	569.6	569.6	569.6	569.6	569.6	568.4	568.7	568.8	568.7	568.4	11.81	-	1,186.16	-
-49.5656	-20.7757	2.15	0	68097.7	571.3	571.3	571.4	571.5	571.5	571.0	571.3	571.4	571.3	571.0	4.75	0.00	484.02	0.00
-49.5658	-20.7766	1.57	0	68189.9	573.5	573.5	573.8	574.0	574.0	571.1	571.4	571.5	571.4	571.1	12.07	0.00	1,112.67	0.00
-49.5659	-20.7776	3.01	0	68290.4	574.4	574.4	574.4	574.5	574.5	572.9	573.2	573.3	573.2	572.9	17.64	-	1,771.53	-
-49.5661	-20.7786	1.10	0	68392.5	579.8	579.8	579.8	579.9	579.9	575.4	575.7	575.8	575.7	575.4	26.71	-	2,728.42	-
-49.5661	-20.7796	-3.83	709	68492.5	576.7	576.7	576.7	576.6	576.6	576.0	576.3	576.5	576.3	576.0	22.14	-	2,212.77	-
-49.5659	-20.7806	-2.70	0	68594.4	572.1	572.1	572.1	572.1	572.1	577.4	577.7	577.8	577.7	577.4	1.44	28.12	147.07	2,867.84
-49.5657	-20.7816	-0.63	706	68692.6	571.2	571.2	571.2	571.3	571.3	574.2	574.5	574.7	574.5	574.2	-	44.71	-	4,389.90

Coordenadas				Cotas Terreno						Cotas Ferrovia					Área Média Total		Volumes	
X	Y	Rampa real(%)	Curva Real (m)	Posição (m)	CBETt (m)	CBETp (m)	CET (m)	CBDTp (m)	CBDTt (m)	CBEFt (m)	CBEFp (m)	CEF (m)	CBDFp (m)	CBDFt (m)	Corte	Aterro	Volume corte (m³)	Volume aterro (m³)
-49.5651	-20.7823	-0.47	0	68788.9	570.9	570.9	570.9	570.9	570.9	570.5	570.8	570.9	570.8	570.5	0.45	16.59	43.02	1,596.87
-49.5643	-20.7829	-0.61	1415	68886.8	570.3	570.3	570.3	570.3	570.3	569.9	570.2	570.3	570.2	569.9	0.86	0.00	84.26	0.07
-49.5634	-20.7832	-4.57	0	68988.0	569.8	569.7	569.7	569.6	569.6	569.2	569.5	569.7	569.5	569.2	0.91	0.00	91.89	0.08
-49.5624	-20.7836	-5.29	1398	69088.1	561.1	561.1	561.1	561.1	561.1	567.9	568.2	568.3	568.2	567.9	0.49	35.44	49.34	3,546.30
-49.5615	-20.7838	-0.44	1356	69180.3	559.5	559.5	559.5	559.5	559.5	567.3	567.6	567.8	567.6	567.3	-	76.31	-	7,037.91
-49.5605	-20.784	0.83	1437	69281.6	560.3	560.3	560.3	560.3	560.3	559.8	560.1	560.3	560.1	559.8	0.42	40.87	42.68	4,137.01
-49.5595	-20.7841	1.63	1559	69383.0	561.2	561.2	561.2	561.2	561.2	560.7	561.0	561.2	561.0	560.7	0.88	0.00	88.75	0.03
-49.5585	-20.7843	-0.64	0	69485.3	563.5	563.5	563.6	563.7	563.7	561.9	562.2	562.3	562.2	561.9	7.29	-	745.69	-
-49.5575	-20.7845	-0.65	1461	69586.4	559.8	559.8	559.9	562.3	562.3	559.4	559.7	559.9	559.7	559.4	10.53	0.00	1,064.92	0.01
-49.5565	-20.7845	1.75	0	69686.6	562.2	562.3	562.3	562.3	562.3	561.8	562.1	562.3	562.1	561.8	4.21	0.00	422.09	0.01
-49.5555	-20.7846	0.18	700	69786.8	563.3	563.3	563.4	563.4	563.4	561.4	561.7	561.9	561.7	561.4	8.46	-	848.03	-
-49.5545	-20.7846	-0.46	723	69887.1	562.6	562.6	562.7	562.7	562.7	562.2	562.5	562.7	562.5	562.2	8.42	-	843.71	-
-49.5535	-20.7847	0.30	0	69985.0	562.4	562.4	562.4	562.5	562.5	562.0	562.3	562.4	562.3	562.0	0.84	0.00	81.93	0.45
-49.5526	-20.785	2.48	1311	70079.8	564.9	564.9	563.2	563.2	563.2	562.8	563.1	563.2	563.1	562.8	3.00	0.01	284.68	0.68
-49.5516	-20.7853	4.06	0	70184.2	567.4	567.4	567.4	567.4	567.4	564.0	564.3	564.4	564.3	564.0	17.81	0.00	1,857.77	0.26
-49.5507	-20.7856	3.46	308	70282.7	571.5	571.5	571.5	571.5	571.5	564.8	565.1	565.3	565.1	564.8	46.62	-	4,591.87	-
-49.5497	-20.7858	-0.65	1635	70386.0	574.3	574.4	574.4	574.4	574.4	569.0	569.3	569.4	569.3	569.0	56.71	-	5,861.24	-
-49.5487	-20.7861	-2.55	0	70484.5	570.3	570.3	570.2	570.0	570.0	569.7	570.0	570.1	570.0	569.7	25.79	-	2,539.87	-
-49.5478	-20.7863	-2.19	0	70582.3	569.4	569.4	569.4	569.3	569.3	572.0	572.3	572.4	572.3	572.0	0.52	14.61	51.20	1,428.23
-49.5469	-20.7868	0.06	1051	70683.7	565.8	565.8	565.8	565.8	565.7	567.7	568.0	568.2	568.0	567.7	-	26.07	-	2,643.20
-49.5461	-20.7874	-0.54	831	70783.7	569.5	569.5	569.5	569.5	569.5	569.1	569.4	569.5	569.4	569.1	0.47	11.46	46.52	1,146.17
-49.5453	-20.788	-4.21	0	70881.4	564.7	564.7	564.7	564.7	564.7	564.3	564.6	564.7	564.6	564.3	0.91	0.00	88.69	0.01
-49.5448	-20.7888	-1.66	1765	70980.1	561.2	561.2	561.2	561.3	561.3	567.1	567.4	567.5	567.4	567.1	0.44	31.04	43.61	3,061.16
-49.5443	-20.7897	0.70	1668	71083.0	561.4	561.4	561.4	561.4	561.4	562.3	562.6	562.7	562.6	562.3	-	37.15	-	3,825.03
-49.5438	-20.7906	1.27	0	71183.8	562.7	562.7	562.7	562.6	562.6	562.2	562.5	562.7	562.5	562.2	0.40	6.11	40.21	615.87
-49.5434	-20.7915	0.64	804	71280.6	563.9	563.9	563.9	563.9	563.9	562.9	563.2	563.4	563.2	562.9	3.41	0.00	329.98	0.15
-49.5431	-20.7924	0.75	979	71375.5	563.9	563.9	563.9	563.9	563.9	563.4	563.7	563.9	563.7	563.4	3.43	0.00	326.05	0.03
-49.5428	-20.7934	-0.07	0	71479.8	565.4	565.4	565.4	565.4	565.4	564.9	565.2	565.4	565.2	564.9	0.86	0.00	89.33	0.05
-49.5425	-20.7943	-1.20	485	71581.1	563.7	563.7	563.7	564.8	564.8	563.3	563.6	563.7	563.6	563.3	2.32	0.00	234.62	0.01

Coordenadas					Cotas Terreno						Cotas Ferrovia				Área Média Total		Volumes	
X	Y	Rampa real(%)	Curva Real (m)	Posição (m)	CBETt (m)	CBETp (m)	CET (m)	CBDTp (m)	CBDTt (m)	CBEFt (m)	CBEFp (m)	CEF (m)	CBDFp (m)	CBDFt (m)	Corte	Aterro	Volume corte (m³)	Volume aterro (m³)
-49.5421	-20.7953	0.09	1894	71681.2	563.0	563.0	563.0	563.0	563.0	562.9	563.2	563.4	563.2	562.9	1.88	1.51	188.50	151.22
-49.5419	-20.7962	-0.27	1894	71779.5	563.9	563.9	563.9	563.9	563.9	563.5	563.8	563.9	563.8	563.5	0.39	1.51	38.32	148.86
-49.5416	-20.7972	-0.46	0	71882.8	562.4	562.4	562.4	562.4	562.4	562.0	562.3	562.4	562.3	562.0	0.82	0.00	84.93	0.28
-49.5414	-20.7982	2.15	0	71986.0	563.0	563.0	563.0	562.9	562.9	562.5	562.8	563.0	562.8	562.5	0.94	0.00	96.72	0.01
-49.5411	-20.7992	2.48	0	72084.3	566.8	566.8	566.7	566.7	566.7	564.0	564.3	564.4	564.3	564.0	12.53	-	1,231.47	-
-49.5409	-20.8001	2.81	294	72182.7	567.8	567.8	567.8	567.9	567.9	564.5	564.8	564.9	564.8	564.5	26.97	-	2,651.28	-
-49.5406	-20.8011	0.00	366	72287.0	572.5	572.5	572.4	572.4	572.4	568.3	568.6	568.8	568.6	568.3	33.74	-	3,521.79	-

APÊNDICE C: CUSTOS UNITÁRIOS DE TERRENOS

Tabela C.1 - Custos unitários de terrenos rurais

	Descrição	Valor (R\$)	R\$/m²
A	Sítio, 3.8 alqueires, pastagem, a dois km do distrito de Engenheiro Schmitt, região administrativa de São José do Rio Preto, SP	850.000,00	9,24
B	Sítio, 48 alqueires, formado em cana, São José do Rio Preto, SP	2.400.000,00	2,07
C	Sítio, 19 alqueires, à 4km da cidade local e à 50km de São José do Rio Preto, SP	1.000.000,00	2,17
D	Fazenda à 50km de São José do Rio Preto, SP	50.000,00/alq	2,07
E	Sítio, 40 alqueires, em frente à rodovia de asfalto, formado em pastagem, à 50km de São José do Rio Preto, SP	1.600.000,00	1,65
F	Fazenda, frente para rodovia, 40 alqueires de cana, à 50km de São José do Rio Preto, SP	50.000,00/alq	2,07
G	Fazenda, 183 alqueires, à 64km de São José do Rio Preto, SP	6.954.000,00	1,57
H	Fazenda, 106 alqueires, à 6km do asfalto, 15km da cidade e à 70 km de São José do Rio Preto, SP	3.700.000,00	1,44
I	Sítio, 6 alqueires de terra, à 1km do asfalto, próximo à São José do Rio Preto	500.000,00	3,44
J	Fazenda, 162,5 alqueires, próximo à São José do Rio Preto, SP	6.200.000,00	1,58
K	Sítio, Vila Azul, São José do Rio Preto, SP	90.000,00/alq	3,72
L	Sítio, 2 alqueires, Mirassol, SP	200.000,00	4,13
M	Sítio, 7,5 alqueires, entre os municípios de São Joaquim e Zacarias, SP	300.000,00	1,65
N	Sítio, 28 alqueires, na região de Jales, SP	980.000,00	1,45

Tabela C.2 – Custos unitários de terrenos intermediários

	Descrição	Valor (R\$)	R\$/m²
A	Terreno, 200m ² , São José do Rio Preto, SP	30.000,00	150,00
C	Terreno, 210m ² , São José do Rio Preto, SP	25.000,00	119,00
D	Residência, 205m ² , Conjunto habitacional São José do Rio Preto I, São José do Rio Preto, SP	25.600,00	125,00
E	Residência, 200m ² , Parque da Cidadania, São José do Rio Preto, SP	21.000,00	105,00
F	Residência, 200m ² , Parque da Cidadania, São José do Rio Preto, SP	15.600,00	78,00

ANEXO A: MODELOS DE SEÇÕES TRANSVERSAIS PARA VIAS FÉRREAS

Figura A.1 – Seção transversal para linha dupla em tangente (cotas em cm). (Fonte: Stopatto, 1987)

Figura A.2 – Gabarito para linha dupla - obstáculos adjacentes – linha dupla. (Fonte: Amaral, 1957)

Figura A.3- Gabarito livre mínimo de bitola métrica para linha dupla – ALL

Figura A.4 – Seção transversal ferroviária. (Fonte: DNIT, 2007)