

# PROJETO DE TRANSPOSIÇÃO DO MORRO DOS CAVALOS

Duplicação da Rodovia BR 101 no Segmento Km 232,0 ao Km 235,3

## ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL



**TOMO I**  
**SUMÁRIO**

<b>APRESENTAÇÃO.....</b>	<b>5</b>
<b>1. IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR E EMPRESA CONSULTORA..</b>	<b>11</b>
1.1. Identificação do Empreendedor.....	11
1.2. Identificação da Empresa Consultora.....	11
1.3. Dados da Equipe Técnica Multidisciplinar .....	12
<b>2. DADOS DO EMPREENDIMENTO .....</b>	<b>30</b>
2.1. Caracterização do Empreendimento .....	30
2.1.1. <i>Histórico</i> .....	30
2.1.2. <i>Objetivos do Empreendimento</i> .....	32
2.1.3. <i>Justificativas</i> .....	32
2.1.4. <i>Localização Geográfica</i> .....	33
2.1.5. <i>Inserção Regional</i> .....	35
2.1.6. <i>Órgão Financiador/ Valor do Empreendimento</i> .....	45
2.2. Descrição do Projeto .....	46
2.2.1. <i>Estudos de Tráfego</i> .....	53
2.2.1.1. Metodologia .....	53
2.2.1.2. Dados Existentes.....	54
2.2.1.3. Dados Primários .....	55
2.2.1.4. Projeção do Tráfego .....	56
2.2.1.5. Estudo de Acidentes.....	61
2.2.1.6. Estudo de Capacidade.....	62

2.2.2. Estudos Topográficos .....	64
2.2.2.1. Locação, nivelamento do eixo e, amarrações .....	65
2.2.2.2. Seções transversais.....	66
2.2.2.3. Levantamentos cadastrais .....	66
2.2.3. Concepção do Túnel.....	67
2.2.3.1. Escavação dos Túneis.....	69
2.2.3.2. Emboques .....	70
2.2.3.3. Seções.....	72
2.2.3.4. Pavimentação .....	76
2.2.3.5. Sistema Operacional.....	76
2.2.3.5.1. Conceitos e Critérios de Projeto .....	77
2.2.3.5.2. Sistema Elétrico .....	80
2.2.3.5.3. Sistema de Ventilação Longitudinal .....	80
2.2.3.5.4. Medidores de Monóxido de Carbono (CO) e Visibilidade.....	82
2.2.3.5.5. Iluminação do Túnel .....	82
2.2.3.5.6. Equipamentos do Sistema de Supervisão e Automação.....	82
2.2.3.5.7. Subestação / Casa de Comando .....	83
2.2.3.5.8. Equipamentos do Sistema de Combate a Incêndio .....	83
2.2.3.5.9. Cabines S.O.S.....	84
2.2.3.5.10. Sistema Televisivo - CFTV.....	84
2.2.3.5.11. Sinalização luminosa.....	85
<b>3. ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS E LOCACIONAIS .....</b>	<b>87</b>
3.1. Alternativas Locacionais .....	90
3.1.1. Descrição das Alternativas .....	91
3.1.2. Critérios indicados para a Magnitude dos Impactos .....	97
3.1.3. Planilha Comparativa das Interferências Ambientais Vinculadas a cada Alternativa e justificativas para escolha da Alternativa selecionada	132

3.2. Alternativas Tecnológicas.....	135
3.2.1. <i>Alternativa sem túnel: transposição em superfície a partir da duplicação em paralelo à pista existente.....</i>	136
3.2.2. <i>Alternativa com túnel: transposição em subsuperfície por meio da escavação de túneis nas áreas de relevo montanhoso .....</i>	142
3.2.3. <i>Aspectos Institucionais acerca das Alternativas consideradas... ..</i>	148
3.2.4. <i>Alternativa de Não-Realização .....</i>	153
<b>4. ÁREA DE INFLUÊNCIA DO EMPREENDIMENTO.....</b>	<b>155</b>
4.1. Área Diretamente Afetada – ADA.....	155
4.2. Área de Influência Direta – AID .....	157
4.3. Área de Influência Indireta – All .....	160
<b>5. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL.....</b>	<b>171</b>
5.1. Meio Físico .....	171
5.1.1. <i>Metodologia Aplicada .....</i>	171
5.1.2. <i>Clima .....</i>	172
5.1.2.1. Sistema de Classificação Climática de Köppen .....	174
5.1.2.2. Temperatura .....	178
5.1.2.3. Precipitação.....	181
5.1.2.4. Circulação Atmosférica .....	185
5.1.3. <i>Geologia .....</i>	186
5.1.3.1. Metodologia .....	186
5.1.3.2. Geologia Regional .....	187
5.1.3.3. Geologia da Área de Influência Direta .....	194
5.1.3.3.1. Perfil Estratigráfico .....	198
5.1.3.4. Investigações Geotécnicas .....	200
5.1.3.4.1. Sondagens Rotativas .....	200



5.1.3.4.2.	Caminhamento Elétrico – CE .....	216
5.1.3.4.3.	Sondagem Elétrica Vertical – SEV .....	223
5.1.3.4.4.	Discussão .....	228
5.1.3.5.	Potencial Erosivo .....	230
5.1.3.6.	Mecanismos Condicionantes de Movimentos de Massa .....	231
5.1.3.7.	Hidrogeologia.....	233
5.1.3.7.1.	Perfil Hidrogeológico .....	235
5.1.3.7.2.	Influência do Túnel na Hidrogeologia Local .....	235
5.1.3.8.	Jazidas, Áreas de Empréstimo e Bota-Foras .....	236
5.1.4.	<i>Geomorfologia</i> .....	239
5.1.4.1.	Metodologia .....	239
5.1.4.2.	Geomorfologia Regional .....	239
5.1.4.3.	Geomorfologia da Área de Influência Direta .....	244
5.1.4.4.	Formas, Dinâmica de Relevo e Declividade das Vertentes .....	251
5.1.4.5.	Caracterização Topográfica da Área Diretamente Afetada .....	253
5.1.5.	<i>Pedologia</i> .....	256
5.1.5.1.	Metodologia .....	256
5.1.5.2.	Mapeamento das Classes de Solo da Área de Influência Indireta... 256	
5.1.5.3.	Mapeamento das Classes de Solo e indicação do Grau de Erodibilidade para a Área de Influência Direta..... 263	
5.1.5.4.	Caracterização dos Solos Expostos na Área Diretamente Afetada e Características Geotécnicas dos Terrenos..... 268	
5.1.6.	<i>Recursos Hídricos</i> .....	275
5.1.6.1.	Hidrologia e Hidrogeologia .....	275
5.1.6.2.	Qualidade da Água .....	285
5.1.6.2.1.	Significado Ambiental das Variáveis Analisadas .....	307
5.1.6.2.2.	Discussão dos Resultados .....	312

5.1.6.3. Fontes Potenciais de Poluição .....	315
<b>5.1.7. Ruídos .....</b>	<b>318</b>
5.1.7.1. Especificações das Condições do Tempo nos dias e Locais da Medição	319
5.1.7.2. Pontos de Medição .....	324
5.1.7.3. Análise dos Dados pela NBR 10151 .....	324
5.1.7.4. Resumo dos Monitoramentos Realizados .....	330
5.1.7.5. Geração de Ruídos na Fase de Obras.....	331
5.1.7.6. Considerações Gerais .....	352
<b>5.1.8. Potencial de Geração de Vibrações na Fase de Obras.....</b>	<b>353</b>

## APRESENTAÇÃO

A Fundação de Apoio à Educação, Pesquisa e Extensão da UNISUL (FAEPESUL) e a MPB Engenharia apresentam, por meio deste relatório, o Estudo de Impacto Ambiental – EIA relativo ao projeto de duplicação da rodovia BR-101, segmento Km 232,0 ao Km 235,3, transposição do Morro dos Cavalos.

O órgão responsável pelo empreendimento e pela condução do processo de licenciamento ambiental junto ao IBAMA é o Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes - DNIT que, através de convênio com a Fundação de Apoio à Educação, Pesquisa e Extensão da UNISUL (FAEPESUL), viabilizou a elaboração dos estudos ora apresentados.

Este trabalho técnico foi desenvolvido seguindo rigorosamente o Termo de Referência emitido pelo IBAMA para o empreendimento e visa instrumentalizar os responsáveis pela coordenação e execução das obras, com informações, recomendações e exigências fundamentadas na legislação, no compêndio de normas técnicas e nas normas, manuais e diretrizes do DNIT, permitindo que o empreendimento atinja a qualidade ambiental desejada.

Salienta-se ainda que, tendo em vista a presença da Comunidade Indígena Guarani de Morro dos Cavalos entre as populações afetadas pelo empreendimento, o IBAMA solicitou a elaboração do Componente Indígena como parte integrante dos estudos e seguindo as especificações próprias exigidas pelo “Termo de Referência para os Estudos de Complementação do EIA/RIMA – Componente Indígena”, expedido pela FUNAI a pedido do IBAMA.

Dessa forma, para cumprir com as exigências legais, sociais e institucionais, foi atendida a determinação e o Relatório do Componente Indígena foi elaborado sob a coordenação de uma Antropóloga independente, habilitada pela FUNAI e com a anuência da comunidade indígena envolvida. Ressalta-se que a equipe de antropologia teve total autonomia para a realização de suas análises e interpretações.

O presente Estudo de Impacto Ambiental está organizado em quatro Tomos. O Tomo I contém a caracterização do empreendimento, definição das áreas de

influência e o diagnóstico do meio físico. O Tomo II traz o diagnóstico do meio biótico. O Tomo III traz o diagnóstico do meio socioeconômico e o Tomo IV apresenta a análise integrada, o prognóstico ambiental e avaliação dos impactos ambientais, as medidas mitigadoras, compensatórias e os programas ambientais sugeridos, as conclusões, a bibliografia e o glossário.

Quer-se destacar que, no item referente à avaliação dos impactos ambientais, foram incluídas duas seções não inicialmente previstas no Termo de Referência do IBAMA. A primeira destas seções é relativa à avaliação dos impactos potenciais sobre as unidades de conservação que é feita em atendimento à Instrução Normativa nº 05/2009, do Instituto Chico Mendes de Biodiversidade – ICMBIO. A segunda seção incluída contém os elementos para o cálculo do grau de impacto ambiental nos termos do Decreto 6.848/2009.

No que tange à Bibliografia, destaca-se que em estrito atendimento ao Termo de Referência Definitivo expedido pelo IBAMA em julho de 2008, a mesma encontra-se apresentada integralmente no capítulo 10 do presente Estudo de Impacto.

Por fim, consta também, na sequência desta apresentação, uma Autorização para o Uso de Imagem, assinada pelo Cacique da Aldeia de Morro dos Cavalos, permitindo o uso de fotografias em materiais de interesse dos estudos e discussões sobre o empreendimento.

Embora a Portaria nº 177/PRES, de 16 de fevereiro de 2006 que dispõe sobre a proteção do patrimônio material e imaterial relacionados à imagem, criações artísticas e culturais dos povos indígenas, permita o uso de imagens indígenas para fins de informação pública conforme os termos de seu Artigo 10, considerou-se válido pedir a autorização formal do representante político da comunidade, com o intuito de valorizar sua participação no processo e respeitar sua autonomia. Transcreve-se a seguir o citado parágrafo da portaria em questão:

Art. 10 – O uso de imagens indígenas para fins de informação pública é livre e gratuito, respeitados os limites da privacidade,



honra e intimidade dos retratados, conforme disposto na Lei nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998.

§ 1º - A coleta de materiais de vídeo, foto e áudio para fins jornalísticos atenderá exclusivamente à finalidade proposta e será restrita em sua divulgação a 15 fotos e 05 minutos de gravação de qualquer natureza, sujeita à fiscalização pela Coordenadoria Geral de Assuntos Externos.

§ 2º - As imagens indígenas coletadas para fins de informação pública não podem ser exploradas comercialmente.

Destaca-se que as informações contidas nos estudos ambientais, resguardado o sigilo industrial, são informações de interesse público. Vale lembrar que, segundo o Artigo 4º, inciso V da Lei 6.938/1981, a Política Nacional do Meio Ambiente, visará “(...) à divulgação de dados e informações e à formação de uma consciência pública sobre a necessidade de preservação ambiental e do equilíbrio ecológico”.

Feitas estas considerações, reitera-se que o trabalho transcorreu dentro da mais elevada técnica, seguindo os princípios de cientificidade, imparcialidade e compromisso com o meio ambiente e com a sociedade.

**EIA/RIMA DO PROJETO DE CONSTRUÇÃO DOS TÚNEIS PARA  
TRANSPOSIÇÃO DO MORRO DOS CAVALOS**

**TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE USO DE IMAGEM**

Eu, Cacique Teófilo Gonçalves, do Morro dos Cavalos, depois de conhecer e entender os objetivos e procedimentos metodológicos do ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL - EIA e seu RELATÓRIO DE IMPACTO SOBRE O MEIO AMBIENTE - RIMA, em elaboração pela empresa MPB SANEAMENTO LTDA, a serviço do DNIT, AUTORIZO o uso das imagens (fotografias) produzidas na TI Morro dos Cavalos, envolvendo recursos naturais, construções, pessoas e peças de artesanato, única e exclusivamente nos relatórios técnicos e materiais associados ao processo de discussões junto à Comunidade Indígena e ao processo de licenciamento ambiental junto ao IBAMA.

Morro dos Cavalos, município de Palhoça/SC, 18 de agosto de 2010.

Teófilo Gonçalves  
Cacique

Adriano Roberto Mendes  
Representante MPB Saneamento Ltda.

Marcos Moreira  
Testemunha

## 1. IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR E EMPRESA CONSULTORA

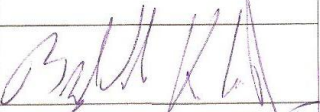
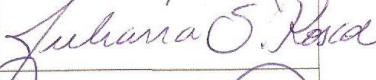
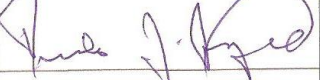
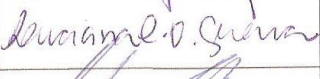

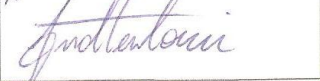
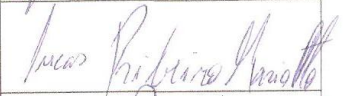
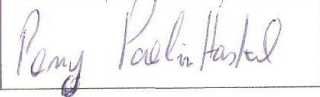
### 1.1. Identificação do Empreendedor

- Nome ou razão social: Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT
- Número do CNPJ: 04.892.707/0001-00
- Endereço Comercial: Setor de Autarquias Norte, Edifício Núcleo dos Transportes, Quadra-3, Bloco A
- Telefone e fax: (61) 3315-4185
- Representante Legal: Luiz Antonio Pagot
- Pessoa de contato: Aline Figueiredo Freitas Pimenta
- Registro no Cadastro Técnico Federal: 61.360

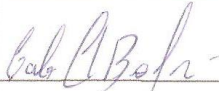



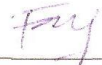
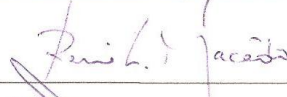

### 1.2. Identificação da Empresa Consultora

- Nome ou razão social: MPB Saneamento Limitada.
- Número do CNPJ: 78.221.066/0001-07
- Endereço Comercial:
  - Em Brasília/DF:** SHS, Quadra 06, Lote 1/2, Bloco C, Edifício Brasil XXI, Sala 312. CEP 70-300-000
  - Em Florianópolis/SC:** Rua Felipe Schmidt, 649; Sala 304 – Centro Executivo Torre da Colina. CEP: 88010-001.
- Telefone e fax: (61) 3039-9191 / (48) 3225-3682.
- Representante legal: Bertoldo Silva Costa
- Pessoa de contato: Juliana Sarti Roscoe
- Registro no Cadastro Técnico Federal: 51.674

### 1.3. Dados da Equipe Técnica Multidisciplinar

Nome	Formação Profissional	Função no Projeto	Registro Profissional	CTF (IBAMA)	Assinatura
Bertoldo Silva Costa	Eng. Sanitarista e Amb.	Coordenador Geral	CREA/SC Nº 17.2816	141157	
Juliana Sarti Roscoe	Geóloga	Coordenadora Técnica	CREA/DF Nº 9642/D	962625	
Paulo José Aragão	Eng. Sanitarista e Amb.	Coordenador Meio Físico	CREA/SC Nº 17.445-1	195170	
Luciana Cristina Oliveira Guerra	Socióloga	Coordenadora Meio Socioeconômico	-	3300647	
Célio Testoni	Biólogo	Coordenador Meio Biótico	CRBio Nº 053150/03-D	1662502	
André Filipe Testoni	Biólogo	Especialista mastofauna	CRBio 53708-03D	2124661	
Lucas Ribeiro Mariotto	Biólogo	Especialista herpetofauna	CRBio 63847-03D	1844434	
Rony Paolin Hasckel	Biólogo	Especialista herpetofauna	CRBio 58275-03	197315	



Nome	Formação Profissional	Função no Projeto	Registro Profissional	CTF (IBAMA)	Assinatura
Carlos Alberto Borchardt Jr	Biólogo	Especialista avifauna	CRBio 58246-03D	324656	
Simone de Andrade	Biólogo	Especialista herpetofauna	CRBio 69765-03	2234758	
Glauco Ubiratan Kohler	Biólogo	Especialista avifauna	CRBio 58237-03	546432	
Guilherme Gropp	Biólogo	Especialista ictiofauna	CRBio 58371-03D	1967773	
Francisco Antônio da Silva Filho	Biólogo	Especialista Flora	CRBio: 04626/03D	255412-	
Rene Lebarbenchon Macedo	Eng. Sanitarista e Amb.	Especialista Meio Físico	CREA/SC Nº 99636-4	152255	
Juliano Roberto Cunha	Eng. Sanitarista e Amb.	Especialista Meio Físico	CREA/SC Nº 87055-2'	5004897	

### DECLARAÇÃO DE PARTICIPAÇÃO TÉCNICA

Eu, BERTOLDO SILVA COSTA, Engenheiro Sanitarista e Ambiental, declaro ter participado na condição de COORDENADOR GERAL, da equipe responsável pela elaboração do ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL – EIA e seu respectivo RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL – RIMA, do Projeto de Duplicação da Rodovia BR 101, no segmento entre o km 232,0 e o km 235,3 – Transposição do Morro dos Cavalos.



**BERTOLDO SILVA COSTA**  
Coordenador Geral

### DECLARAÇÃO DE PARTICIPAÇÃO TÉCNICA

Eu, LUCIANA CRISTINA OLIVEIRA GUERRA, Socióloga, declaro ter participado na condição de COORDENADORA DO MEIO SOCIOECONÔMICO, da equipe responsável pela elaboração do ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL – EIA e seu respectivo RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL – RIMA, do Projeto de Duplicação da Rodovia BR 101, no segmento entre o km 232,0 e o km 235,3 – Transposição do Morro dos Cavalos.

*Luciana C.O. Guerra*

**LUCIANA CRISTINA OLIVEIRA GUERRA**  
Coordenadora do Meio Socioeconômico

### DECLARAÇÃO DE PARTICIPAÇÃO TÉCNICA

Eu, JULIANA SARTI ROSCOE, Geóloga, declaro ter participado na condição de COORDENADORA TÉCNICA, da equipe responsável pela elaboração do ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL – EIA e seu respectivo RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL – RIMA, do Projeto de Duplicação da Rodovia BR 101, no segmento entre o km 232,0 e o km 235,3 – Transposição do Morro dos Cavalos.



**JULIANA SARTI ROSCOE**  
Coordenadora Técnica



### DECLARAÇÃO DE PARTICIPAÇÃO TÉCNICA

Eu, CÉLIO TESTONI, Biólogo, declaro ter participado na condição de COORDENADOR (FAUNA) E MASTOZOÓLOGO, da equipe responsável pela elaboração do ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL – EIA e seu respectivo RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL – RIMA, do Projeto de Duplicação da Rodovia BR 101, no segmento entre o km 232,0 e o km 235,3 – Transposição do Morro dos Cavalos.



**CÉLIO TESTONI**  
Coordenador (Fauna) e Mastozoólogo

### DECLARAÇÃO DE PARTICIPAÇÃO TÉCNICA

Eu, RONY PAOLIN HASCKEL, Biólogo, declaro ter participado na condição de HERPETÓLOGO, da equipe responsável pela elaboração do ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL – EIA e seu respectivo RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL – RIMA, do Projeto de Duplicação da Rodovia BR 101, no segmento entre o km 232,0 e o km 235,3 – Transposição do Morro dos Cavalos.

  
RONY PAOLIN HASCKEL  
Herpetólogo

### DECLARAÇÃO DE PARTICIPAÇÃO TÉCNICA

Eu, SIMONE DE ANDRADE, Bióloga, declaro ter participado na condição de HERPETÓLOGA, da equipe responsável pela elaboração do ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL – EIA e seu respectivo RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL – RIMA, do Projeto de Duplicação da Rodovia BR 101, no segmento entre o km 232,0 e o km 235,3 – Transposição do Morro dos Cavalos.

*Simone de Andrade*  
**SIMONE DE ANDRADE**  
Herpetóloga

### DECLARAÇÃO DE PARTICIPAÇÃO TÉCNICA

Eu, LUCAS RIBEIRO MARIOTTO, Biólogo, declaro ter participado na condição de HERPETÓLOGO, da equipe responsável pela elaboração do ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL – EIA e seu respectivo RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL – RIMA, do Projeto de Duplicação da Rodovia BR 101, no segmento entre o km 232,0 e o km 235,3 – Transposição do Morro dos Cavalos.

  
**LUCAS RIBEIRO MARIOTTO**  
Herpetólogo



### DECLARAÇÃO DE PARTICIPAÇÃO TÉCNICA

Eu, CARLOS ALBERTO BORCHARDT JUNIOR, Biólogo, declaro ter participado na condição de ORNITÓLOGO, da equipe responsável pela elaboração do ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL – EIA e seu respectivo RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL – RIMA, do Projeto de Duplicação da Rodovia BR 101, no segmento entre o km 232,0 e o km 235,3 – Transposição do Morro dos Cavalos.



**CARLOS ALBERTO BORCHARDT JUNIOR**  
Ornitólogo

### DECLARAÇÃO DE PARTICIPAÇÃO TÉCNICA

Eu, GUILHERME GROPP, Biólogo, declaro ter participado na condição de ICTIÓLOGO, da equipe responsável pela elaboração do ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL – EIA e seu respectivo RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL – RIMA, do Projeto de Duplicação da Rodovia BR 101, no segmento entre o km 232,0 e o km 235,3 – Transposição do Morro dos Cavalos.

  
GUILHERME GROPP  
Ictiólogo

### DECLARAÇÃO DE PARTICIPAÇÃO TÉCNICA

Eu, ANDRÉ FILIPE TESTONI, Biólogo, declaro ter participado na condição de MASTOZOÓLOGO, da equipe responsável pela elaboração do ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL – EIA e seu respectivo RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL – RIMA, do Projeto de Duplicação da Rodovia BR 101, no segmento entre o km 232,0 e o km 235,3 – Transposição do Morro dos Cavalos.



**ANDRÉ FILIPE TESTONI**  
Mastozoólogo

### DECLARAÇÃO DE PARTICIPAÇÃO TÉCNICA

Eu, GLAUCO UBIRATAN KOHLER, Biólogo, declaro ter participado na condição de ORNITÓLOGO, da equipe responsável pela elaboração do ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL – EIA e seu respectivo RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL – RIMA, do Projeto de Duplicação da Rodovia BR 101, no segmento entre o km 232,0 e o km 235,3 – Transposição do Morro dos Cavalos.

  
GLAUCO UBIRATAN KOHLER  
Ornitólogo

### DECLARAÇÃO DE PARTICIPAÇÃO TÉCNICA

Eu, LUCAS RIBEIRO MARIOTTO, Biólogo, declaro ter participado na condição de HERPETÓLOGO, da equipe responsável pela elaboração do ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL – EIA e seu respectivo RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL – RIMA, do Projeto de Duplicação da Rodovia BR 101, no segmento entre o km 232,0 e o km 235,3 – Transposição do Morro dos Cavalos.



LUCAS RIBEIRO MARIOTTO  
Herpetólogo

### DECLARAÇÃO DE PARTICIPAÇÃO TÉCNICA

Eu, FRANCISCO ANTÔNIO DA SILVA FILHO, biólogo, declaro ter participado na condição de ESPECIALISTA DE FLORA, da equipe responsável pela elaboração do ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL – EIA e seu respectivo RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL – RIMA, do Projeto de Duplicação da Rodovia BR 101, no segmento entre o km 232,0 e o km 235,3 – Transposição do Morro dos Cavalos.

Florianópolis, 15 de dezembro de 2010.


  
**FRANCISCO ANTÔNIO DA SILVA FILHO**  
Especialista de Flora



### DECLARAÇÃO DE PARTICIPAÇÃO TÉCNICA

Eu, PAULO JOSÉ ARAGÃO, Engenheiro Sanitarista e Ambiental e Advogado, declaro ter participado na condição de COORDENADOR DO MEIO FÍSICO, da equipe responsável pela elaboração do ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL – EIA e seu respectivo RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL – RIMA, do Projeto de Duplicação da Rodovia BR 101, no segmento entre o km 232,0 e o km 235,3 – Transposição do Morro dos Cavalos.

Florianópolis, 15 de dezembro de 2010.

  
PAULO JOSÉ ARAGÃO  
Coordenador do Meio Físico

### DECLARAÇÃO DE PARTICIPAÇÃO TÉCNICA

Eu, RENÊ LEBARBENCHON MACEDO, Engenheiro Sanitarista e Ambiental, declaro ter participado na condição de ESPECIALISTA DO MEIO FÍSICO, da equipe responsável pela elaboração do ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL – EIA e seu respectivo RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL – RIMA, do Projeto de Duplicação da Rodovia BR 101, no segmento entre o km 232,0 e o km 235,3 – Transposição do Morro dos Cavalos.

Florianópolis, 15 de dezembro de 2010.

  
**RENÊ LEBARBENCHON MACEDO**  
Especialista do Meio Físico

### DECLARAÇÃO DE PARTICIPAÇÃO TÉCNICA

Eu, JULIANO ROBERTO CUNHA, Engenheiro Sanitarista e Ambiental, declaro ter participado na condição de ESPECIALISTA DO MEIO FÍSICO, da equipe responsável pela elaboração do ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL – EIA e seu respectivo RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL – RIMA, do Projeto de Duplicação da Rodovia BR 101, no segmento entre o km 232,0 e o km 235,3 – Transposição do Morro dos Cavalos.

Florianópolis, 15 de dezembro de 2010.



**JULIANO ROBERTO CUNHA**  
Especialista do Meio Físico

## **2. DADOS DO EMPREENDIMENTO**

### **2.1. Caracterização do Empreendimento**

#### **2.1.1. Histórico**

A discussão do processo transposição do Morro dos Cavalos, integrante do Programa de Ampliação da Modernização da Ligação Rodoviária Florianópolis/SC - Osório/RS, remonta desde 1999, quando do Estudo de Impacto Ambiental para duplicação do referido trecho da BR-101.

Na discussão da escolha da melhor alternativa para a transposição do Morro dos Cavalos, foram promovidas diligências entre os diversos organismos intervenientes, abrangendo DNIT, Ministério Público Federal, Ministério Público do Estado de Santa Catarina, Advocacia Geral da União – AGU, Fundação Nacional do Índio – FUNAI (Coordenação Geral do Patrimônio Indígena e do Meio Ambiente – CGPIMA), Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA e Ministério da Justiça.

O segmento foi contemplado pelo Estudo de Impacto Ambiental e respectivo Relatório de Impacto Ambiental, entretanto, por ocasião da emissão da LP nº 093/2001, o Lote 02/SC, que contempla a transposição do Morro dos Cavalos foi excluído, motivado a princípio pela manifestação do Ministério Público de Santa Catarina, que questionou a constitucionalidade da utilização do subsolo indígena, gerando grande controvérsia sobre o tema.

Mesmo sendo a opção do túnel considerada pelo EIA/RIMA e pelos agentes envolvidos no licenciamento, como a melhor opção técnica, econômica e ambiental, o DNER solicitou ao IBAMA que considerasse a alternativa de duplicação em paralelo à pista existente, uma vez que o assunto da constitucionalidade era de difícil resolução.

Com base em solicitação do DNER, o IBAMA analisou os estudos técnico-ambientais da alternativa de duplicação em paralelo à pista existente e emitiu a LP 103/2001.

Com base nas condicionantes impostas pelo IBAMA, o DNIT deu início ao processo de contratação de novos estudos para o segmento em questão – transposição do Morro dos cavalos.

No ano de 2002 o DNIT encaminhou o Ofício UGP/BID Nº 025/02 de Janeiro/2002, solicitando ao IBAMA a exclusão da transposição do Morro dos Cavalos para a emissão da Licença de Instalação, considerando o cenário crítico da rodovia, quanto aos aspectos operacionais e de segurança.

Nesse contexto, o IBAMA, atendendo à solicitação do DNIT, emitiu a LI 181/2002, excluindo o segmento da travessia do Morro dos Cavalos.

No ano de 2005, tendo em vista dar andamento às providências necessárias para viabilização da transposição do Morro dos Cavalos, o DNIT lançou edital de licitação para contratação do Projeto de Engenharia relativo ao trecho.

No mesmo ano o TCU determinou a paralisação da licitação para contratação do projeto no intuito de promover diligências acerca da melhor alternativa para a realização da travessia no trecho em questão, ouvindo os diversos atores envolvidos.

Tais diligências culminaram no Acórdão nº 533/2005-TCU-PLENÁRIO, determinando ao DNIT, na condição de responsável pela duplicação da Rodovia BR-101/Sul, e ao Ministério dos Transportes, que adotassem, conjuntamente ou isoladamente, as ações necessárias à efetiva escolha e implementação do melhor projeto para a travessia do Morro dos Cavalos em Santa Catarina, em especial recomendando que *“proceda aos estudos e levantamentos necessários à escolha e implantação do melhor projeto de travessia do Morro dos Cavalos em Santa Catarina. Sob os aspectos técnico, econômico, social e ambiental e da preservação dos direitos indígenas, levando em consideração, neste último caso, a opinião das próprias comunidades e das organizações e pessoas que apóiam e defendem a sua causa, ...”*

Posteriormente, pelo Acórdão nº 1163/2006, o TCU considerou que o DNIT cumpriu todas as exigências estabelecidas liberando a continuidade do

processo licitatório, orientando no sentido de que a travessia fosse realizada por meio de túneis duplos paralelos, que se mostrou a solução técnica capaz de melhor atender aos critérios técnicos, econômicos, ambientais e resguardar os direitos da comunidade indígena.

### **2.1.2. Objetivos do Empreendimento**

O empreendimento em questão – *Duplicação da Rodovia BR-101, segmento km 232,0 ao km 235,5 na Transposição do Morro dos Cavalos* – faz parte do Programa de Ampliação da Modernização da Ligação Rodoviária Florianópolis/SC-Osório/RS, iniciado em 1997 pelo Governo Federal.

Os objetivos do empreendimento podem ser descritos como os que seguem:

- Dar prosseguimento às obras de Ampliação da Modernização da Ligação Rodoviária Florianópolis/SC-Osório/RS, rodovia BR-101;
- Melhoria das condições de tráfego e segurança aos usuários da rodovia;
- Suprir à demanda do aumento do fluxo de veículos, considerando, inclusive, a demanda futura.

### **2.1.3. Justificativas**

As justificativas de um empreendimento se fundamentam nos argumentos plausíveis que atestam que o mesmo é estritamente necessário, viável e, que irá trazer grandes benefícios ao público-alvo.

Considerando a natureza do empreendimento em questão, elencam-se as seguintes justificativas:

- Obras rodoviárias são empreendimentos de utilidade pública;

- A pavimentação da pista existente ocorreu há 40 anos, entre 1968 e 1971, e encontra-se defasada em relação ao estado ideal de trafegabilidade;
- As condições atuais da rodovia não atendem aos princípios de segurança viária;
- A rodovia existente não atenderá com suficiência ao fluxo de tráfego futuro;
- A não duplicação deste trecho da rodovia se configuraria num gargalo para o trânsito de veículos, uma vez outros segmentos da BR-101 já se encontram duplicados.
- A implantação do empreendimento irá suprir todas as restrições citadas acima.

#### **2.1.4. Localização Geográfica**

A Travessia do Morro dos Cavalos está inserida no município de Palhoça, litoral sul do Estado de Santa Catarina. Este empreendimento faz parte do Projeto Executivo de Engenharia das Obras de Melhoria da Capacidade do Lote 22/SC da rodovia BR-101SC/RS, lote limitado entre o km 216,5 e o km 245,0, e cujo segmento de travessia situa-se entre o km 232,0 e o km 235,3.

Apresenta-se a seguir o mapa de localização do empreendimento supracitado.



MAPA DE LOCALIZAÇÃO.

### **2.1.5. Inserção Regional**

O conceito de inserção regional pressupõe a integração do empreendimento com a dinâmica regional. Portanto a estratégia de inserção regional consiste na canalização de benefícios a partir das oportunidades decorrentes da implantação do empreendimento, efetivando as potencialidades da região e de suas comunidades.

Para o êxito desta intenção, a inserção regional do empreendimento deverá considerar a incorporação no processo de planejamento, implantação e operação do empreendimento, de um conjunto de princípios, posturas, estratégias e ações, visando minimizar custos, ampliar benefícios e criar e manter as oportunidades de desenvolvimento regional, de forma a administrar de maneira positiva possíveis conflitos de interesses.

Assim sendo, neste item do trabalho, busca-se uma análise completa das inter-relações do empreendimento com os planos e/ou programas em andamento ou propostos na sua área de influência. Conforme solicitado no Termo de Referência proposto pelo IBAMA para este estudo, foram identificados tanto os programas e iniciativas públicos quanto os da iniciativa privada que possam interferir, positiva ou negativamente, no projeto em questão.

Foram elencadas todas as atividades que irão incidir na configuração regional em que se contextua o empreendimento, embora a maioria delas não tenha relação direta com o mesmo e possa potencializar seus impactos negativos. São todas iniciativas que estão relacionadas ao desenvolvimento regional, indicando seu crescimento e diversificação econômica e, neste sentido sim, associam-se à solução dos túneis, propostos para transposição do Morro dos Cavalos em continuidade ao projeto de duplicação, modernização e ampliação da capacidade da BR-101 sul, em andamento já há vários anos.

A análise da inserção regional do empreendimento foi realizada considerando-se quatro níveis: local, regional, nacional e internacional. Estes quatro níveis de análise, como se verá no decorrer desta argumentação, se justificam pela abrangência das implicações do mesmo sobre a estrutura socioeconômica e

política, desde o nível mais elementar, ou seja, das comunidades afetadas (em especial a comunidade indígena), até programas estratégicos nacionais que visam a integração de mercados e ampliação das relações internacionais.

A inserção regional do empreendimento no nível local, pelas considerações feitas no decorrer deste EIA se dá pela maneira como o mesmo irá atingir as comunidades diretamente afetadas. A população de Enseada de Brito, por exemplo, localiza-se numa área que precisa ser integrada fisicamente, atendendo à pressão do aumento de circulação. É preciso fluidez e competitividade, que a conclusão do projeto de transposição do Morro dos Cavalos tende a propiciar. Essa comunidade é grande produtora de mariscos, participando ativamente da economia do município e do estado de Santa Catarina.

Também ocorrem problemas diversos associados à mobilidade da população de Massiambu Pequeno, que são descritos no Diagnóstico Socioeconômico deste trabalho. Esta comunidade faz uso rotineiro da rodovia BR-101, pois a maioria de seus membros trabalha e realiza outras atividades no centro de Florianópolis, retornando ao fim do dia para suas residências. A construção dos túneis facilitaria a locomoção destas pessoas, contribuindo diretamente para sua qualidade de vida, tendo em vista a diminuição do tempo de viagem.

Já a comunidade indígena Guarani de Morro dos Cavalos, considerada a principal atingida pelo projeto, tendo em vista que os túneis passariam pela T.I. de Morro dos Cavalos, vive hoje em condições precárias de sobrevivência (situação também descrita minuciosamente no Diagnóstico do Meio Socioeconômico) e as possíveis compensações advindas da execução do empreendimento poderiam contribuir significativamente para sua promoção social. Ao contrário, a situação de vida desta comunidade tende até mesmo a piorar, uma vez que o município de Palhoça vem crescendo bastante em termos de negócios e o fluxo de mercadorias transitando pela BR-101, passando em frente à Aldeia de Morro dos Cavalos está em expansão.

Aliás, o aumento do tráfego por esta rodovia tem previsão alta de crescimento, não só pelo crescimento econômico de Palhoça, mas da região sul em geral, que necessita deste vetor para distribuição dos produtos e mercadorias. As informações sobre o crescimento da demanda do tráfego podem ser encontradas no decorrer deste volume e em várias menções ao tema feitas ao longo de todo o estudo.

Este fato nos remete à dimensão regional da inserção do empreendimento. Como foi dito, o município de Palhoça, que constitui a Área de Influência Indireta – AII do empreendimento vem crescendo a níveis consideráveis.

Em 2008, a publicação do jornal Gazeta Mercantil, intitulada Atlas do Mercado Brasileiro, considerou Palhoça o município mais dinâmico do Brasil para atração de novos investimentos. Desde 2005, Palhoça atraiu 2,4 mil novas empresas, que investiram cerca de R\$ 10 bilhões de reais e estimam gerar 10 mil novos empregos no município. Isso dá uma idéia da dimensão do crescimento que se espera para esta cidade e por outro lado, da importância de resolver gargalos na infra-estrutura de transportes, o que a hipótese de não realização do empreendimento significa.

Palhoça também vem experimentando um crescimento urbano acelerado, com relevante expansão imobiliária e incentivos ao turismo, com projetos habitacionais ousados.

Além disto, a cidade é o município mais ao sul da área conurbada da chamada Grande Florianópolis, apresentando características próprias que fazem da mesma um local estratégico no processo de metropolização da capital do estado e consolidação da região.

A inserção regional do empreendimento pode ser ampliada na região sul, considerando sua importância vital para a manutenção e desenvolvimento desta parte do país. O Governo Federal vem buscando sistematicamente reduzir os custos do transporte de cargas na região, investindo na infra-estrutura, para integrar e melhorar a conexão entre os diversos modais. Esta multimodalidade dos transportes inclui os sistemas rodoviário, ferroviário e

hidroviário, destacando-se a Rodovia do MERCOSUL (BR-116/376/101) que vai da cidade de São Paulo (ainda no sudeste) ao Uruguai, facilitando o acesso aos portos de Santos, Paranaguá, São Francisco do Sul e Itajaí.

Esse é o chamado Corredor MERCOSUL que também serve de estímulo para o comércio de produtos industriais e agropecuários entre estados brasileiros do Centro-Oeste e com mais intensidade, os do sul e sudeste. Esse corredor, que já recebeu pesados investimentos federais, tem contribuído ainda para aumentar o turismo nacional e internacional no sul do país.

Assim, fica demonstrado que a inserção regional do empreendimento ora em estudo extrapola a região em que se localiza, possuindo um caráter nacional e é vital para a economia do país. No entanto, se não bastasse esta dimensão, a associação entre estas diversas instâncias liga-se ainda ao projeto de aliança econômica entre o Brasil e os países do Mercado Comum do Sul, o MERCOSUL, conferindo-lhe um caráter, que se pode considerar, portanto, de interesse internacional.

O MERCOSUL vem acelerando as potencialidades para negócios entre indivíduos e empresas. O objetivo maior deste projeto é ampliação de mercados e esses esforços comportam transformações sócio-espaciais importantes na medida em que tendem a gerar maior mobilidade sobre os territórios nacionais envolvidos e maior demanda por estradas e obras de arte especiais (como é o caso dos túneis) a elas acopladas.

Esse novo momento da economia mundial, a exemplo de outros blocos econômicos articula a organização de redes internacionais de transporte, em especial daquelas de caráter continental.

O empreendimento em questão seria um elo importante ao conjunto de esforços de desenvolvimento da infra-estrutura na região sul do Brasil, que costuma ser incluída, no sentido geográfico, ao chamado Cone Sul, composto pelas regiões sul e parte do sudeste brasileiro (São Paulo), Argentina, Chile, Paraguai e Uruguai, umas das mais prósperas macro-regiões da América Latina.

A integração comercial com os países do Cone Sul das Américas exige perfeita conexão entre os diversos modais de transportes no Brasil, objetivando obter o menor custo de transporte entre as nações envolvidas, o que coloca o empreendimento em questão no contexto das relações econômicas internacionais.

Sob esta perspectiva o projeto de transposição do Morro dos Cavalos, no município de Palhoça/SC, reveste-se de um caráter mais amplo e tem por pano de fundo a implementação do MERCOSUL.

A Tabela 1 traz a descrição básica dos planos, programas, projetos e ações que estão sendo desenvolvidos na área de abrangência do empreendimento de modo a delinear o cenário futuro desta região em termos de seu desenvolvimento e perspectivas de crescimento.

**Tabela 1. Programas/ Projetos/ Ações localizados na Área de Influência do Empreendimento.**

<b>Programa/ Projeto/ Ação</b>	<b>Descrição</b>	<b>Abrangência</b>
Rede de Distribuição Elétrica de Média Tensão	Atravessando o Morro dos Cavalos existe uma rede de distribuição de 34,5 kV que deverá ser relocada em função das obras do empreendimento. A rede é mantida pela CELESC e é limitada pelas sub-estações da Palhoça e Imbituba, abastecendo toda população desta região.	Área de Influência Direta
Linha de Transmissão de Alta Tensão	Distante do local das obras do empreendimento, situado a oeste da BR-101 existe uma linha de transmissão de 138 kV que liga a Usina Jorge Lacerda a Florianópolis. Esta linha é de responsabilidade da Eletrosul e não haverá interferência da obra sobre a mesma.	Área de Influência Indireta
Sistema de abastecimento	Está sendo implantado um sistema de captação	Morro dos

Programa/ Projeto/ Ação	Descrição	Abrangência
de água da Terra Indígena	(0,50L/s), estação de tratamento (filtro lento) e distribuição de água para aldeia indígena Morro dos Cavalos (considerando uma população de final de plano igual a 224 habitantes, em 2026).	Cavalos
Linha Férrea Imbituba – Araquari	Trata-se de um projeto do Governo do Estado de Santa Catarina para implantação da Ferrovia Litorânea que liga Imbituba à Araquari. Tal projeto ainda encontra-se em elaboração e será objeto de um Estudo de Impacto Ambiental (EIA).	Estado de Santa Catarina
Maricultura	Maricultura bem desenvolvida na Enseada do Brito, onde se apresenta como um grande atrativo gastronômico.	Enseada do Brito
Parque Estadual da Serra do Tabuleiro	Maior Unidade de Conservação do Estado de Santa Catarina, ocupando uma área de 87.405 hectares e, abrangendo 9 municípios. Foi criada a partir do Decreto Estadual n.º 1.260 de 1975.	Estado de Santa Catarina
Terra Indígena Morro dos Cavalos	Área de 1.988 hectares de ocupação indígena demarca legalmente pela Portaria 771 de 18 de abril de 2008.	Município de Palhoça



Maricultura – Enseada do Brito



Maricultura – Enseada do Brito





**Estação Tratamento de Água – Morro dos Cavalos**



**Estação Tratamento de Água – Morro dos Cavalos**



**Rede de Distribuição Elétrica de Média Tensão**



**Rede de Distribuição Elétrica Média Tensão –**

**Figura 1. Infra-estruturas envolvidas na Área de Influência do Empreendimento.**

Apresenta-se ainda um exame da legislação ambiental incidente e aplicável à implantação do empreendimento de duplicação da BR-101 no trecho de transposição do Morro dos Cavalos, com ênfase nas questões relativas ao processo de licenciamento e às medidas de controle e proteção ambientais.

Desse modo, procura-se estabelecer um referencial básico que contribua para o entendimento da natureza e dos objetivos deste estudo, enquanto instrumento de planejamento necessário e obrigatório no ordenamento jurídico nacional. Para isto foi elaborado um quadro (Tabela 2) com a legislação básica aplicável ao tipo de empreendimento em questão, de modo a nortear o trabalho.

**Tabela 2. Síntese da Legislação Ambiental do Estado de Santa Catarina e do Município de Palhoça.**

Diploma Legal	Objeto	Interfaces					
		A	B	C	D	E	F
Constituição Federal	Estabelece normas e diretrizes para instituir um Estado Democrático, destinado a assegurar o exercício dos direitos sociais e individuais, a liberdade, a segurança, o bem-estar, e desenvolvimento, a igualdade e a justiça.	VERMELHO	VERMELHO	VERMELHO	VERMELHO	VERMELHO	VERMELHO
Lei 6.938/81	Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.	VERMELHO	VERMELHO	VERMELHO			VERMELHO
Lei 4.771/65	Institui o Novo Código Florestal.	VERMELHO	VERMELHO				AMARELO
Lei 9.985/00	Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências.	VERMELHO		VERMELHO			
Lei 3.924/61	Dispõe sobre os monumentos Arqueológicos e pré-históricos.					VERMELHO	
Lei 9.605/98	Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências.						VERMELHO
Lei 6.001/73	Dispõe sobre o Estatuto do Índio				VERMELHO		
Decreto 4.340/02	Regulamenta artigos da Lei no 9.985, de 18 de julho de 2000, que dispõe sobre o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza - SNUC, e dá outras providências.	VERMELHO		VERMELHO			
Decreto 6.848/09	Altera e acrescenta dispositivos ao Decreto no 4.340, de 22 de agosto de 2002, para regulamentar a compensação ambiental.	VERMELHO		VERMELHO			
Decreto 95.733/88	Dispõe sobre a inclusão no orçamento dos projetos e obras federais, de recursos destinados a prevenir ou corrigir os prejuízos de natureza ambiental, cultural e social decorrente da execução desses projetos e obras.						
Res. CONAMA 01/86	Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para Relatório de Impacto Ambiental – RIMA.	VERMELHO					
Res. CONAMA 09/87	Dispõe sobre a questão das audiências públicas.	VERMELHO					
Res. CONAMA 237/97	Regulamenta os aspectos de licenciamento ambiental estabelecidos na Política Nacional de Meio Ambiente.	VERMELHO	AMARELO	AMARELO	AMARELO		
Res. CONAMA 01/88	Dispõe sobre critérios e procedimentos básicos para implementação do Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental.	VERMELHO					
Res. CONAMA 371/06	Estabelece diretrizes aos órgãos ambientais para o cálculo, cobrança e aplicação de recursos advindos de compensação ambiental, conforme a Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, e dá outras providências.	VERMELHO		VERMELHO			

**Tema da interface:** A – Licenciamento Ambiental; B – Política Florestal; C – Compensação Ambiental; D – Política Indigenista; E – Proteção ao Patrimônio; e F – Crimes Ambientais. **Qualificação da Interface:** VERMELHO – diretamente relacionado; AMARELO – relação indireta, mas produz interferências.

Diploma Legal	Objeto	Interfaces					
		A	B	C	D	E	F
Res. CONAMA 13/90	Dispõe sobre normas referentes ao entorno das Unidades de Conservação visando a proteção dos ecossistemas ali existentes.	■					
Res. CONAMA 303/02	Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente	■	■				
Res. CONAMA 378/06	Define os empreendimentos potencialmente causadores de impacto ambiental nacional ou regional para fins do disposto no inciso II, § 1o, art. 19 da Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e dá outras providências.		■				
Res. CONAMA 369/06	Dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em Área de Preservação Permanente-APP.	■	■				
Res. CONAMA 02/96	REVOGADA PELA RESOLUÇÃO CONAMA 371/06						
Res. CONAMA 371/06	Dispõe sobre a compensação ambiental nos casos de licenciamento ambiental de empreendimentos considerados de relevante impacto ambiental.	■		■			
Res. CONAMA 307/02	Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, disciplinando as ações necessárias de forma a minimizar os impactos ambientais	■					
Res. CONAMA 273/00	Estabelece a necessidade do licenciamento ambiental específico para tanques de combustível com capacidade superior a 15.000l	■					
Res. CONAMA 382/06	Estabelece limites máximos para a emissão de poluentes atmosféricos por fontes fixas	■					
Res. CONAMA 362/05	Dispõe sobre óleos lubrificantes usados ou contaminados a serem recolhidos para destinação final adequada de modo a não contaminar o meio-ambiente	■					
Res. CONAMA 357/05	Estabelece critérios para a classificação dos corpos hídricos, diretrizes ambientais para o seu enquadramento, padrões e condicionantes para o lançamento de efluentes	■					
Port. SPHAN 08/88	Estabelece os procedimentos necessários à comunicação prévia, permissões e autorizações para realização de pesquisa, prospecção e escavação de sítios arqueológicos.					■	
Port. IPHAN 230/02	Estabelece critérios e procedimentos para compatibilizar as fases de obtenção de licenças ambientais em urgência com os estudos preventivos de arqueologia, objetivando o licenciamento de empreendimentos potencialmente capazes de afetar o patrimônio arqueológico.	■				■	
IN IBAMA 184/08	Estabelece os procedimentos para o licenciamento ambiental federal.	■					
IN IBAMA 06/09	Estabelece critérios e procedimentos para a emissão de Autorização de Supressão de Vegetação - ASV e as respectivas Autorizações de Utilização de Matéria-Prima Florestal – AUMPF.	■	■				
IN ICMBio 01/09	Estabelece os procedimentos para a concessão de autorização para atividades ou empreendimentos com potencial impacto para unidades de conservação instituídas pela União, suas zonas de amortecimento ou áreas circundantes, sujeitos a licenciamento ambiental.	■					
IN ICMBio 05/09	Estabelecer procedimentos para a análise dos pedidos e concessão da Autorização para o Licenciamento Ambiental de atividades ou empreendimentos que afetem as unidades de conservação federais, suas zonas de amortecimento ou áreas circundantes.	■		■			

**Tema da interface:** A – Licenciamento Ambiental; B – Política Florestal; C – Compensação Ambiental; D – Política Indigenista; E – Proteção ao Patrimônio; e F – Crimes Ambientais. **Qualificação da Interface:** VERMELHO – diretamente relacionado; AMARELO – relação indireta, mas produz interferências.

Diploma Legal	Objeto	Interfaces					
		A	B	C	D	E	F
<b>ESTADUAL</b>							
Constituição Estadual	Estabelece normas e diretrizes para instituir um Estado Democrático, destinado a assegurar o exercício dos direitos sociais e individuais, a liberdade, a segurança, o bem-estar, e desenvolvimento, a igualdade e a justiça.						
Lei 5.793/80	Dispõe sobre a proteção e melhoria da qualidade ambiental e dá outras providências.						
Lei 9.022/93	Dispõe sobre a instituição, estruturação e organização do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos.						
Lei 9.748/94	Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e dá outras providências.						
Decreto 14.250/81	Regulamenta dispositivos da Lei nº. 5.793, de 15 de outubro de 1980, referentes à proteção e a melhoria da qualidade ambiental.						
Portaria Intersetorial nº01/92	Aprova a listagem das atividades consideradas potencialmente causadoras de degradação ambiental.						
<b>MUNICIPAL</b>							
Lei 15/93	Institui o Plano Diretor do Município de Palhoça (PD).						
Lei 16/93	Dispõe sobre o zoneamento de uso e ocupação do território do município de Palhoça, Estado de Santa Catarina.						
Lei 17/93	Institui o código de obras e edificações do município de Palhoça.						

**Tema da interface:** A – Licenciamento Ambiental; B – Política Florestal; C – Compensação Ambiental; D – Política Indigenista; E – Proteção ao Patrimônio; e F – Crimes Ambientais. **Qualificação da Interface:** VERMELHO – diretamente relacionado; AMARELO – relação indireta, mas produz interferências.



### **2.1.6. Órgão Financiador/ Valor do Empreendimento**

Tendo em vista que o Projeto de Engenharia não foi finalizado, em função de que o mesmo aguarda definições de ordem sócio-ambiental oriundas do processo de licenciamento em curso, não existe hoje disponível um valor global atualizado orçado para o empreendimento.

Tendo em vista as discussões havidas desde 1998, dispõe-se hoje de valores estimados em estudos anteriores, que serão apresentados a seguir para permitir à sociedade apreender a ordem de grandeza dos valores envolvidos na implantação do empreendimento.

Em 1998 o DNER, por meio do Consórcio Iguatemi-Dynatest, elaborou estudo de alternativas de traçado, estimando em R\$ 289.688.180,00 (duzentos e oitenta e nove milhões, seiscentos e oitenta e oito mil, cento e oitenta reais) o custo da alternativa de duplicação em túneis duplos paralelos (DNIT, 2006). Tal estimativa reúne o custo de implantação (R\$ 70.197.187,00), o custo operacional (R\$ 218.316.402,00) e o custo de manutenção (R\$ 1.174.591,00). Os custos operacionais e de manutenção apresentados representam os custos econômicos da alternativa, em termos de valor presente líquido – VPL, para o período de 15 anos, considerando-se a taxa de 12% a.a. de oportunidade de capital.

Posteriormente tal estimativa foi revista, com atualização dos valores para o mês de dezembro de 1999, resultando no valor de R\$ 323.433.564,00 (trezentos e vinte e três milhões, quatrocentos e trinta e três mil, quinhentos e sessenta e quatro reais) (DNIT, 2006). Para esta atualização de custos não foram discriminadas as parcelas referentes à implantação, operação e manutenção.

No ano de 2006 o DNIT elaborou o Relatório para Atendimento ao Acórdão TCU N<sup>o</sup> 0533/2005, e apresentou nova atualização da estimativa de preços para as alternativas de projeto. Este Relatório traz, como estimativa de custo total da alternativa de construção de dois túneis paralelos, atualizada para o mês de dezembro de 2005, o valor de R\$ 647.564.196,16 (seiscentos e

quarenta e sete milhões, quinhentos e sessenta e quatro mil, cento e noventa e seis reais e dezesseis centavos). Esta estimativa foi realizada atualizando-se os preços de março de 1998. Destaca-se que tal estimativa inclui os custos de implantação dos túneis (R\$ 134.504.000,00), os custos operacionais (R\$ 510.314.589,70) e os custos de manutenção (R\$ 1.583.810,88). Uma vez que tais valores foram obtidos a partir das estimativas anteriores, deve-se atentar para a futura atualização dos critérios econômicos utilizados.

Quando da finalização do Projeto de Engenharia o DNIT terá a estimativa global atualizada dos custos de implantação do empreendimento, em função da concepção final do projeto, incorporando as restrições ambientais cabíveis. É necessário que o mesmo seja apresentado ao IBAMA anteriormente à emissão da Licença de Instalação, para fins de formalização do Termo de Compromisso para a implantação do Plano de Compensação Ambiental, nos termos do Art. 30, parágrafo único, da Instrução Normativa IBAMA nº 184/2008.

O empreendimento em questão está inserido no PAC - Plano de Aceleração do Crescimento, e será custeado integralmente com recursos do Orçamento Geral da União.

## **2.2. Descrição do Projeto**

O empreendimento objeto deste Estudo de Impacto Ambiental consiste na construção de dois túneis paralelos destinados à transposição do Morro dos Cavalos, no segmento entre o km 232,0 e o km 235,3, da rodovia BR 101 Sul.

A rodovia BR 101 sul, no trecho entre Florianópolis/SC e Osório/RS, encontra-se em obras de duplicação da capacidade desde 2005, com processo de licenciamento devidamente instruído junto ao IBAMA.

A decisão da construção de dois túneis paralelos para a duplicação do segmento de travessia do Morro dos Cavalos, com a consequente desativação das pistas atuais, foi motivada por uma série de discussões técnicas e

diligências promovidas pelo Tribunal de Contas da União, no ano de 2005, que demonstraram ser esta alternativa a mais vantajosa dos pontos de vista social, econômico e ambiental.

O Projeto Executivo de Engenharia encontra-se em elaboração pelo **Consórcio Sondotécnica – STE**. No bojo deste contrato estão sendo realizados Estudos de Tráfego, Estudos Geológicos, Hidrológicos, Topográficos, Estudos do Plano Funcional, Concepção do Túnel e Componente Ambiental.

O projeto, ora em desenvolvimento, consiste em dois túneis paralelos que se iniciam no Km 232+780, na vertente norte do Morro dos Cavalos. No eixo direito o túnel se estende até o km 234+580, onde se inicia um túnel falso que se prolonga até o km 235+000. No eixo esquerdo o túnel se estende até o km 235+000.

O túnel da esquerda possui 2.220m, e o da direita 1.800m (+420m de túnel falso). Os túneis estão separados por um septo de cerca de 18m, e as seções de escavação apresentam área de 124 m<sup>2</sup>.

O projeto adotou a estratégia da construção do túnel falso tendo em vista minimizar a necessidade de cortes na região de ocorrência de depósitos de talus, de elevada instabilidade geotécnica. O lay-out do projeto é apresentado na Figura 2.

No lado norte, a conexão dos túneis com a pista atual será feita por meio de viadutos duplos paralelos, que se iniciam no km 232+340, estendendo-se até o km 232+680. No km 232+147 as pistas atuais sofrem ligeira inflexão, unindo-se ao encabeçamento dos viadutos no km 232+340, como pode ser visto em detalhe na Figura 3. Destaca-se que a extensão dos viadutos no interior da TI Morro dos cavalos será de 105m, estando o restante situado fora da TI.

Para permitir o acesso dos veículos que transitam no sentido de norte para sul à Enseada de Brito, será construído um acesso, com 534m de extensão, que sairá paralelamente à pista atual, no km 232+345, passando por baixo dos viadutos e se unindo ao acesso atualmente utilizado (detalhe na Figura 3). Este



acesso foi projetado de forma a estar inserido inteiramente fora da TI Morro dos Cavalos, minimizando a interferência na mesma.

Para os veículos que transitam no sentido de sul para norte, após passar pelo túnel, o acesso à Enseada de Brito será realizado por meio do acesso atualmente utilizado, com entrada à direita, situada cerca de 300m, após o final do viaduto (detalhe na Figura 3).

Ainda no lado norte estão projetados aterros para permitir a estabilização das encostas, tanto no local onde ocorreu deslizamento no ano de 2008, em sua porção a jusante da rodovia, quanto no talude de encabeçamento dos viadutos. Tais intervenções são mostradas na Figura 3.

Na vertente sul do Morro dos Cavalos os túneis falsos se conectam às pontes sobre o rio Massiambu, por meio de duas novas pistas duplas paralelas. O túnel falso do lado direito se sobrepõe totalmente às pistas existentes no km 234+955 e, para permitir o acesso da Comunidade do interior da TI Morro dos Cavalos para o sul, foi projetado um alargamento do aterro existente, que interfere diretamente na Área de Preservação Permanente do rio Massiambu, no lado direito da rodovia atual (detalhe Figura 4).

Na vertente sul, para permitir que os veículos que trafegam de sul para norte possam acessar as residências situadas na margem esquerda do rio Massiambu, a jusante da ponte, e para permitir que veículos vindos desta área possam acessar o túnel no mesmo sentido, foram projetados um acesso de entrada e outro de saída da rodovia, como pode ser observado em detalhe na Figura 4.

A legenda das Figuras 2, 3 e 4 é apresentada a seguir.

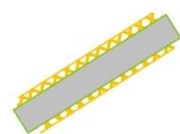
**LEGENDAS REFERENTES ÀS FIGURAS 2, 3 E 4**



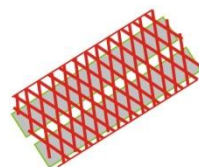
Talude



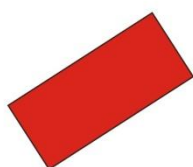
Pistas novas



Túnel



ou



Viaduto



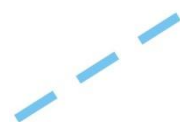
Pista existente



Acesso local a ser construído



Túneis falsos



Limite TI Morro dos Cavalos



Muro de corte grampeado

Fig, 2 PROJETO LAY-OUT GERAL

Fig. 3 PROJETO DETALHE EMBOQUE NORTE

Fig. 4 PROJETO DETALHE EMBOQUE SUL

Uma vez realizada a descrição sucinta do projeto dos túneis, serão apresentadas a seguir as principais informações contidas nos estudos de engenharia já realizados.

### **2.2.1. Estudos de Tráfego**

Os estudos de tráfego foram desenvolvidos visando estimar o tráfego atual e futuro na rodovia BR-101/SC, segmento do km 232,0 ao km 235,3, envolvendo a transposição do Morro dos Cavalos.

Os resultados obtidos nortearam, principalmente, as soluções a serem adotadas no projeto geométrico e no projeto de pavimentação da rodovia, que têm como foco a ampliação da capacidade e melhorias na segurança neste segmento.

#### **2.2.1.1. Metodologia**

A metodologia utilizada para o desenvolvimento do estudo obedeceu aos critérios constantes na IS-201: Estudos de Tráfego em Rodovias, das Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários do DNIT, e nas orientações complementares definidas no Termo de Referência anexo ao edital nº. 92/2008-00.

Para a estimativa dos volumes de tráfego atual e futuro, a empresa responsável pelo Projeto de Engenharia (Sondotécnica – STE) buscou dados existentes de contagens e, estudos anteriores realizados no trecho. Também foram efetuadas, em maio de 2009, contagens volumétricas e classificatórias complementares, cujos resultados foram devidamente tratados para a obtenção dos dados desejados.

As contagens volumétricas/classificatórias – V/C foram realizadas durante sete dias consecutivos, no período de 24 horas, em um posto de contagem localizado no km 233,0 da BR- 101/SC, no município de Palhoça/SC.

Sobre os volumes de 24 horas, foi aplicado o Fator de Sazonalidade (*fa*), para a definição do Volume Médio Diário Anual - VMDa, no ano da contagem. Sobre este tráfego, aplicou-se a taxa de crescimento anual para a obtenção do volume de tráfego futuro no trecho.

Adotou-se 2012 como o ano de abertura ao tráfego e, conseqüentemente, 2021 como o 10º ano. O ano de abertura foi determinado considerando um período de 2 anos, a partir do início das obras. Envolve-se nesse período o tempo necessário para a licitação e execução da obra. A seguir, são apresentados os dados referentes ao estudo de tráfego.

#### **2.2.1.2. Dados Existentes**

Os dados existentes utilizados no estudo de tráfego do Projeto de Engenharia foram obtidos nas seguintes fontes:

- Relatório de Ocorrência de Acidentes, no trecho do km 232,0 ao km 235,3 para o ano de 2008 – DNIT;
- Relatório de Contagem Volumétrica Mecanizada – Região Sul – Anos 1994 a 2001, posto localizado no km 267, Plano Nacional de Contagem de Trânsito – DOR – DEST – DNIT;

Os valores de VMDa (volume médio diário anual) obtidos nas contagens do Plano Nacional de Contagem de Tráfego são apresentados na Tabela 3.



**Tabela 3. Volume Médio Diário anual entre os anos 1994 e 2001 no km 342 – PNCT.**

<b>Ano</b>	<b>VMDa</b>
1994	8.275
1995	9.266
1996	10.173
1997	10.606
1998	10.273
1999	-
2000	11.226
2001	11.805

### 2.2.1.3. Dados Primários

Os dados primários são referentes às contagens volumétricas e classificatórias efetuadas em maio de 2009, conforme descritas anteriormente. As tabelas a seguir apresentam os principais resultados obtidos (Tabela 4 e

Tabela 5).

**Tabela 4. Resumo das contagens volumétricas/classificatórias V/C – BR-101/SC – km 233.**

<b>Data</b>	<b>Passeio</b>		<b>Cargas</b>		<b>Coletivos</b>		<b>Total</b>	
	<b>VMDm</b>	<b>%</b>	<b>VMDm</b>	<b>%</b>	<b>VMDm</b>	<b>%</b>	<b>VMDm</b>	<b>%</b>
6/5/2009	13254	58,6%	9017	39,9%	352	1,6%	22623	100,0%
7/5/2009	12721	60,3%	8032	38,1%	335	1,6%	21088	100,0%
8/5/2009	12746	61,7%	7609	36,9%	293	1,4%	20648	100,0%
9/5/2009	12441	58,1%	8601	40,2%	373	1,7%	21415	100,0%
10/5/2009	12035	60,4%	7590	38,1%	317	1,6%	19942	100,0%
11/5/2009	10880	60,1%	6918	38,2%	314	1,7%	18112	100,0%
12/5/2009	12139	58,0%	8391	40,1%	400	1,9%	20930	100,0%

Tabela 5. Distribuição de tráfego por modo e por sentido (Sondotécnica - STE).

Veículo		Percentual Tráfego Total	Distribuição por Sentido	
			N - S	S - N
Automóveis/ Utilitários		1,6%	50,0%	50,0%
Veículos Comerciais	Coletivos	38,8%	43,4%	56,6%
	Cargas	59,6%	50,7%	49,3%
<b>Total</b>		38,6%	38,6%	49,9%

#### 2.2.1.4. *Projeção do Tráfego*

Para a determinação do tráfego na rodovia foi considerada a contagem volumétrica/classificatória – V/C realizadas no posto de contagem.

O posto de contagem foi inserido exatamente no trecho de projeto e não possui influência de nenhum acesso. Dessa forma, os dados de contagem verificados caracterizam o tráfego do trecho sem a necessidade de nenhuma consideração adicional para cálculo do VDMa.

Para a definição do **Fator de Sazonalidade Mensal**, foram utilizados os dados das contagens sistemáticas realizadas pelo Programa Nacional de Contagens do DNIT, no posto 3 (Penha), localizado no km 267 (PNV101BSC4115), conforme sintetizado na Tabela 6 .

Foram utilizados dados de contagem nos anos de 1994 a 2001. Utilizando os dados de VMD mensal do mês de maio e VMD anual para cada ano no período citado, foram calculados os fatores de sazonalidade em cada ano. O fator utilizado nos cálculos subseqüentes foi tomado como a média destes fatores de expansão anual.

Tabela 6. Fatores de Sazonalidade Mensal (fa).

Ano	VMDa	VMDm - Maio	Fator de Expansão Anual – fa
1994	8.275	6.872	1,204
1995	9.266	8.449	1,097
1996	10.173	10.049	1,012
1997	10.606	9.492	1,117
1998	10.273	9708	1,058
1999	-	-	-
2000	11.226	10.103	1,111
2001	11.805	11.417	1,034
<b>Média</b>			<b>1,091</b>

Com o emprego do fator de sazonalidade mensal, determinou-se o Volume Médio Diário Anual (VMDa) no ano da contagem (2009) a partir do VMD mensal do mês das contagens (maio). O VMD do mês de maio foi considerado como sendo a média do VMD de cada dia da semana. O cálculo do VMDa 2009 está apresentado na tabela a seguir (Tabela 7).

A taxa de crescimento de tráfego adotada no Projeto de Engenharia é a indicada pelo DNIT no Manual de Estudos de Tráfego, ou seja, 3% ao ano.

Por se tratar de uma rodovia existente e pavimentada, o tráfego total será composto pelo tráfego normal, existente na rodovia, sendo desconsideradas as parcelas provenientes do tráfego gerado, devido a futuras fontes geradoras, e tendo em vista as condições da malha rodoviária na região, não há condições de ocorrer parcela de tráfego desviado.

A partir do VMDa determinado e, com a taxa de crescimento adotada foram efetuadas as projeções do tráfego (Tabela 8). O ano de abertura ao tráfego foi considerado o de 2012, e foi projetado para um horizonte de 10 anos.

**Tabela 7. Cálculo do Volume Médio Diário Anual nos dias de contagem.**

Contagem	Autos	Camionetes	Ônibus			Caminhões				Carretas						Cavalo Truck						Romeu & Julieta					Bitren e Rodotrens			Total	
			2C B	3C B	4 C B	2C	2CL	3C	4 C	2S1	2S2	2S3	2I2	2I3	2I3	3 S 1	3S 2	3S3	3S 4	3I 2	3I 3	3I 3	2C 2	2C 3	3C 2	3C 3	3C 4	3D4	3D 6		3T6
06/05/09	11316	1938	217	131	4	989	504	2965	26	8	330	1973	15	27	39	1	15	1344	2	20	61	32	2	2	9	0	0	598	13	42	22623
07/05/09	11108	1613	197	131	7	789	540	2599	14	6	300	1916	17	24	38	1	8	1092	1	16	46	28	1	0	5	1	0	541	2	47	21088
08/05/09	11012	1734	167	121	5	893	512	2741	6	2	249	1590	13	15	21	0	5	1009	1	4	22	13	0	0	1	0	0	486	2	24	20648
09/05/09	10633	1808	225	142	6	937	503	2826	24	8	331	1834	16	28	38	1	16	1264	2	20	62	32	1	2	8	0	0	593	14	41	21415
10/05/09	10440	1595	181	132	4	873	482	2509	15	6	290	1635	17	21	26	2	9	1097	0	15	36	26	3	2	1	1	0	486	4	34	19942
11/05/09	9450	1430	183	127	4	782	421	2297	15	6	269	1484	21	20	28	1	11	998	1	12	34	19	1	2	0	0	1	458	3	34	18112
12/05/09	10403	1736	248	148	4	947	501	2598	33	12	335	1819	16	33	44	0	18	1256	4	24	63	27	4	1	7	1	1	585	14	48	20930
VMDm Maio 2009	10623	1693	203	133	5	887	495	2648	19	7	301	1750	16	24	33	1	12	1151	2	16	46	25	2	1	4	0	0	535	7	39	20680
Coeficiente de Expansão Anual (fa) = 1,091																															
VMDa 2009	11585	1847	221	145	5	967	540	2888	21	7	328	1909	18	26	36	1	13	1256	2	17	50	28	2	1	5	0	0	584	8	42	<b>22552</b>

**Tabela 8. Projeção do Tráfego – horizonte de 25 anos (Sondotécnica – STE).**

Ano	Autos	Camionetes	Ônibus			Caminhões				Carretas						Cavalo Truck						Romeu & Julieta					Bitren e Rodotrens			Total	
			2CB	3CB	4CB	2C	2CL	3C	4C	2S1	2S2	2S3	2I2	2I3	2J3	3S1	3S2	3S3	3S4	3I2	3I3	3J3	2C2	2C3	3C2	3C3	3C4	3D4	3D6		3T6
2009	11585	1847	221	145	5	967	540	2888	21	7	328	1909	18	26	36	1	13	1256	2	17	50	28	2	1	5	0	0	584	8	42	22552
2010	11933	1902	228	150	5	997	556	2974	21	8	338	1966	18	27	38	1	13	1293	2	18	52	28	2	1	5	0	0	601	8	43	23229
2011	12291	1959	234	154	6	1026	572	3063	22	8	348	2025	19	28	39	1	14	1332	2	18	54	29	2	1	5	0	0	619	9	45	23926
<b>2012</b>	<b>12659</b>	<b>2018</b>	<b>241</b>	<b>159</b>	<b>6</b>	<b>1057</b>	<b>590</b>	<b>3155</b>	<b>23</b>	<b>8</b>	<b>358</b>	<b>2086</b>	<b>20</b>	<b>29</b>	<b>40</b>	<b>1</b>	<b>14</b>	<b>1372</b>	<b>2</b>	<b>19</b>	<b>55</b>	<b>30</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>638</b>	<b>9</b>	<b>46</b>	<b>24644</b>
2013	13039	2079	249	163	6	1089	607	3250	23	8	369	2148	20	29	41	1	14	1413	2	19	57	31	2	2	5	1	0	657	9	47	25383
2014	13430	2141	256	168	6	1122	625	3348	24	9	380	2213	21	30	42	1	15	1456	2	20	59	32	2	2	6	1	0	677	9	49	26144
2015	13833	2205	264	173	6	1155	644	3448	25	9	391	2279	21	31	44	1	15	1499	2	21	60	33	2	2	6	1	0	697	10	50	26929
2016	14248	2271	272	179	7	1190	664	3551	25	9	403	2347	22	32	45	1	16	1544	2	21	62	34	2	2	6	1	0	718	10	52	27737
2017	14676	2339	280	184	7	1226	683	3658	26	9	415	2418	23	33	46	1	16	1591	2	22	64	35	2	2	6	1	0	739	10	53	28569
2018	15116	2410	288	189	7	1262	704	3768	27	10	428	2490	23	34	48	1	17	1638	2	23	66	36	2	2	6	1	0	762	11	55	29426
2019	15569	2482	297	195	7	1300	725	3881	28	10	441	2565	24	35	49	1	17	1688	2	23	68	37	3	2	6	1	0	785	11	57	30309
2020	16037	2556	306	201	7	1339	747	3997	29	10	454	2642	25	36	50	1	18	1738	2	24	70	38	3	2	7	1	0	808	11	58	31218
<b>2021</b>	<b>16518</b>	<b>2633</b>	<b>315</b>	<b>207</b>	<b>8</b>	<b>1379</b>	<b>769</b>	<b>4117</b>	<b>30</b>	<b>11</b>	<b>467</b>	<b>2721</b>	<b>26</b>	<b>37</b>	<b>52</b>	<b>1</b>	<b>18</b>	<b>1790</b>	<b>2</b>	<b>25</b>	<b>72</b>	<b>39</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>7</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>832</b>	<b>12</b>	<b>60</b>	<b>32154</b>
2022	17013	2712	324	213	8	1421	792	4241	30	11	481	2803	26	38	54	1	19	1844	3	25	74	40	3	2	7	1	0	857	12	62	33119

Ano	Autos	Camionetes	Ônibus			Caminhões				Carretas						Cavalo Truck						Romeu & Julieta					Bitren e Rodotrens			Total	
			2CB	3CB	4CB	2C	2CL	3C	4C	2S1	2S2	2S3	2I2	2I3	2I3	2I3	3S1	3S2	3S3	3S4	3I2	3I3	3I3	2C2	2C3	3C2	3C3	3C4	3D4		3D6
2023	17524	2793	334	220	8	1463	816	4368	31	11	496	2887	27	40	55	1	19	1899	3	26	76	42	3	2	7	1	0	883	12	64	34113
2024	18049	2877	344	226	8	1507	841	4499	32	12	511	2974	28	41	57	1	20	1956	3	27	79	43	3	2	8	1	0	909	13	66	35136
2025	18591	2964	355	233	9	1553	866	4634	33	12	526	3063	29	42	59	2	21	2015	3	28	81	44	3	2	8	1	1	937	13	68	36190
2026	19148	3052	365	240	9	1599	892	4773	34	12	542	3155	30	43	60	2	21	2075	3	29	83	46	3	2	8	1	1	965	13	70	37276
2027	19723	3144	376	247	9	1647	918	4916	35	13	558	3249	31	45	62	2	22	2138	3	29	86	47	3	2	8	1	1	994	14	72	38394
2028	20315	3238	387	255	9	1696	946	5063	36	13	575	3347	31	46	64	2	22	2202	3	30	89	48	3	2	8	1	1	1024	14	74	39546
2029	20924	3335	399	262	10	1747	974	5215	37	14	592	3447	32	47	66	2	23	2268	3	31	91	50	3	3	9	1	1	1054	15	76	40732
2030	21552	3436	411	270	10	1800	1004	5372	39	14	610	3551	33	49	68	2	24	2336	3	32	94	51	3	3	9	1	1	1086	15	78	41954
<b>2031</b>	<b>22198</b>	<b>3539</b>	<b>423</b>	<b>278</b>	<b>10</b>	<b>1854</b>	<b>1034</b>	<b>5533</b>	<b>40</b>	<b>14</b>	<b>628</b>	<b>3657</b>	<b>34</b>	<b>50</b>	<b>70</b>	<b>2</b>	<b>24</b>	<b>2406</b>	<b>3</b>	<b>33</b>	<b>97</b>	<b>53</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>9</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1119</b>	<b>16</b>	<b>81</b>	<b>43213</b>
2032	22864	3645	436	287	10	1909	1065	5699	41	15	647	3767	35	52	72	2	25	2478	3	34	100	54	4	3	10	1	1	1152	16	83	44509
2033	23550	3754	449	295	11	1967	1097	5870	42	15	666	3880	36	53	74	2	26	2553	3	35	103	56	4	3	10	1	1	1187	16	86	45844
2034	24257	3867	463	304	11	2026	1130	6046	43	16	686	3996	38	55	76	2	27	2629	4	36	106	58	4	3	10	1	1	1222	17	88	47220
2035	24984	3983	476	313	11	2086	1164	6227	45	16	707	4116	39	56	79	2	28	2708	4	37	109	59	4	3	10	1	1	1259	17	91	48636
<b>2036</b>	<b>25734</b>	<b>4102</b>	<b>491</b>	<b>323</b>	<b>12</b>	<b>2149</b>	<b>1198</b>	<b>6414</b>	<b>46</b>	<b>17</b>	<b>728</b>	<b>4240</b>	<b>40</b>	<b>58</b>	<b>81</b>	<b>2</b>	<b>28</b>	<b>2789</b>	<b>4</b>	<b>38</b>	<b>112</b>	<b>61</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>11</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1297</b>	<b>18</b>	<b>93</b>	<b>50095</b>

### 2.2.1.5. Estudo de Acidentes

O Estudo de Acidentes buscou obter dados e informações que suprissem a necessidade de avaliação das condições de segurança do trecho em estudo, bem como avaliar a efetividade das soluções projetadas.

O Projeto de Engenharia reuniu dados de acidentes junto ao DNIT para o ano de 2008, no trecho entre o km 232,0 e o km 235,3. A partir destes dados foi realizada a análise apresentada a seguir (Figura , Tabela 9 e Tabela 10).

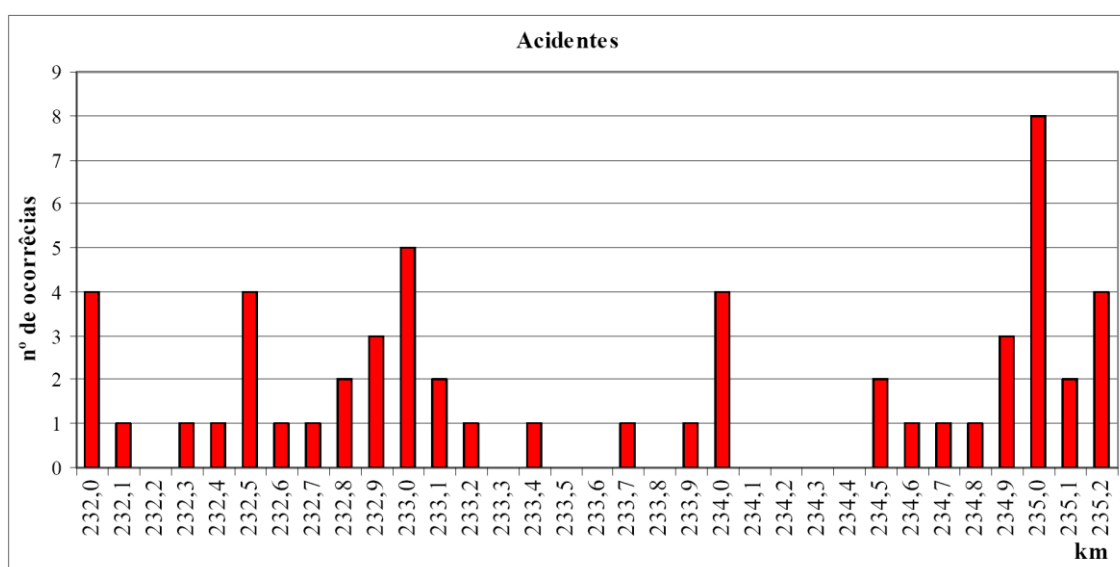


Figura 5. Número de Acidentes por segmentos no trecho do Morro dos Cavalos em 2008.

Tabela 9. Tipos de acidentes no segmento de projeto no ano de 2008

Tipo de Acidente	nº de acidentes
Abalroamento transversal	09
Saída de pista	06
Colisão traseira	18
Colisão frontal	03
Choque com objeto fixo	01
Tombamento	02
Outros tipos	18
<b>Total</b>	<b>57</b>

Tabela 10. Gravidade dos acidentes no segmento de projeto no ano de 2008

Gravidade	nº de acidentes
Sem Vítima	38
Com Morto	4
Com Ferido	15
<b>Total</b>	<b>57</b>



No trecho analisado, o km 235,0 se apresenta como o ponto onde há a maior número de ocorrências de acidentes. A determinação da causa dos acidentes sempre é uma tarefa difícil, pois normalmente os acidentes acontecem por uma interação de fatores.

Quanto aos tipos de acidentes, conforme a Tabela 9, as colisões possuem destaque especial no número de acidentes. Contudo, com as obras de melhoria de capacidade e duplicação, acredita-se que esses tipos de acidentes sejam minimizados.

#### **2.2.1.6. Estudo de Capacidade**

Segundo o Projeto Executivo de Engenharia do Consórcio Sondotécnica – STE, os estudos de capacidade foram realizados seguindo a metodologia preconizada pelo Highway Capacity Manual – HCM, edição de 2000, e considerando duas possibilidades: o trecho no seu estado atual, e o trecho após a implantação das obras de melhoria e adequação de capacidade, incluindo a duplicação. Esta metodologia apresenta as condições da rodovia numa escala de A (para melhor condição) até E (para a pior).

Para cada alternativa, foram definidas preliminarmente as características de relevo, geometria, incluindo a extensão e os elementos das seções transversais, e da demanda e composição atual e futura do tráfego.

A partir destes dados, foram efetuados os estudos de capacidade para a aferição das condições operacionais com que a rodovia, em pista simples ou duplicada, virá a atender à demanda atual (2009) e futura, considerando horizontes de análise de 10 e 20 anos a partir da abertura da rodovia ao tráfego.

Os resultados obtidos, em termos de níveis de operação, estão sintetizados na Tabela 11.

**Tabela 11. Níveis de serviço da rodovia; condições de tráfego.**

Alternativas		Travessia do Morro dos Cavalos
Situação atual: Pista Simples	Ano 2009	E
Situação futura: Pista Dupla	Ano 2012	B
	Ano 2021	B
	Ano 2031	C

A análise de capacidade efetuada mostra que para a situação atual, em pista simples o nível de serviço é E.

Operacionalmente, pode-se destacar o seguinte sobre estes resultados obtidos:

O nível de serviço E corresponde a uma condição de circulação onde o tempo de filas é maior que 80%. As velocidades caem para abaixo de 60 km/h, mesmo em condições ideais. Para condições piores, como aclives longos, a velocidade pode cair até 40 km/h. Praticamente não há ultrapassagens. Nesse nível de serviço as condições de operação são instáveis e de difícil previsão.

O fato de hoje a rodovia existente apresentar nível de serviço E demonstra claramente a insuficiência da mesma para atender ao tráfego atual e previsto, justificando assim as obras de melhoria e duplicação.

Os resultados da análise de capacidade obtidos considerando a rodovia em pista dupla, o nível de serviço obtido foi B para a demanda atual, e considerando as demandas futuras para 10 e 20 anos, observou-se que o nível de serviço cai para C em 10 anos, e permanecendo no final do período de 20 anos.

As características operacionais para os níveis de serviço B e C são explicitadas a seguir:

- A operação da via em um nível de serviço B indica fluxo livre, apesar da presença de outros veículos já ser sentida. As velocidades médias de viagem são as mesmas do nível A, contudo os motoristas têm liberdade de manobra um pouco menor. As eventuais interferências do fluxo são facilmente absorvidas, embora seja perceptível a queda de nível nesses pontos;
- No nível de serviço C, a influência da densidade do tráfego na operação torna-se mais visível. A habilidade para manobrar dentro da corrente de tráfego é claramente afetada pelos outros veículos. Em rodovias com VFL acima de 80 km/h, as velocidades sofrem redução. Pequenas interferências podem provocar a formação de filas;

Considerando os resultados obtidos e as condições de segurança e fluxo definidos para cada nível de serviço, pode-se aferir que os serviços de melhorias e duplicação da rodovia BR-101, no trecho entre os km 232,0 e 235,3, atenderão com suficiência a demanda de tráfego para o horizonte de projeto analisado – 20 anos.

### **2.2.2. Estudos Topográficos**

A realização dos estudos topográficos objetivou a caracterização da situação planialtimétrica da rodovia existente, bem como a definição das condições do terreno natural dentro da faixa de domínio e em áreas próximas, de interesse para o projeto, além da realização do cadastramento de todas as construções, interferências, redes de utilidades públicas, etc., existentes nos locais referidos.

Para atingir estes objetivos foram previstas e realizadas as seguintes atividades:

- Locação no campo do eixo da estrada existente, nivelamento e levantamento de seções transversais;
- Amarrações planialtimétricas dos locais de sondagem;

- Atualização cadastral da pista existente;
- Levantamentos planialtimétricos e cadastrais para projetos de desapropriação;
- Materialização de elementos que sirvam para a locação de campo por ocasião do projeto.

Para a execução dos estudos topográficos, primeiramente, foram consultados os dados disponíveis na Superintendência Regional do Estado de Santa Catarina, constantes de levantamentos planimétricos e cadastrais do corpo estradal, dos dispositivos de drenagem e de outros, consubstanciados nos projetos existentes. Também se fez uso dos elementos específicos de mapeamento por cartografia digital e produtos dos serviços de aerolevantamentos contratados no 2º semestre de 1997 pelo DNIT.

Os estudos de campo foram elaborados através de levantamento topográfico digital. Os serviços foram realizados com o emprego de equipamentos de topografia do tipo estação total, dotadas de caderneta eletrônica, associados a um dispositivo para transmissão de dados dos levantamentos, além de níveis automáticos de precisão compatível com a natureza dos serviços.

Todos os serviços topográficos de campo foram amarrados e compatibilizados com aqueles realizados para as obras da BR-101/SC.

#### **2.2.2.1. *Locação, nivelamento do eixo e, amarrações***

Os serviços de campo foram iniciados pela locação e o nivelamento da diretriz da estrada existente, pelo bordo da pista. O eixo locado foi materializado através da cravação de pregos de 20m em 20m e em todos os pontos notáveis, destacados por um círculo em tinta vermelha. A medida das distâncias entre os PT's efetuou-se com utilização de distanciômetro com precisão adequado às especificações do DNIT. Os números correspondentes aos quilômetros foram escritos com tinta branca no revestimento do acostamento ou no bordo da pista, quando o acostamento apresentava a superfície desagregada.

Todos os pontos do eixo locado foram nivelados com o emprego de nível automático de precisão adequada.

O transporte de coordenadas e altitudes foi executado a partir dos marcos de apoio básico fornecidos pelo DNIT.

Além dos marcos de apoio básico, foram materializados no campo dispositivos para servir à locação do projeto por ocasião da execução das obras. Tais dispositivos consistem em marcos de coordenadas básicas e referências de nível, posicionados em locais que garantam a sua perenidade e amarrados à rede da IBGE.

#### **2.2.2.2. Seções transversais**

Levantaram-se seções transversais em todos os pontos do eixo locado, empregando-se nível automático para realização destes trabalhos. Para o levantamento das seções transversais, adotou-se a perpendicular à visada de ré do último piquete. As seções transversais foram levantadas com uma largura suficiente, e nunca inferior à largura da faixa de domínio.

#### **2.2.2.3. Levantamentos cadastrais**

Realizou-se o levantamento planialtimétrico cadastral da pista existente, incluindo bueiros e dispositivos de drenagem, obras de arte especiais, interseções e acessos a postos de serviço e outros locais geradores de tráfego, obras de contenção, etc.

Os serviços de topografia também se estenderam às amarrações e nivelamentos dos serviços de geotecnia, pertinentes aos furos de cada local de sondagem à percussão, mista ou rotativa.

### **2.2.3. Concepção do Túnel**

Segundo os estudos de engenharia sob responsabilidade do consórcio *Sondotécnica – STE*, este item descreve, de modo conciso, as obras do túnel, entendendo-se por tal denominação o seguinte conjunto:

- Emboque Norte;
- Emboque Sul;
- Túnel principal, que compreende o trecho contínuo após os emboques, incluindo o túnel falso.

Os túneis de transposição do Morro dos Cavalos estão localizados entre o km 232+780 e o km 235+000 da BR 101 Sul, com extensões diferenciadas a fim de diminuir o volume de escavação no emboque sul e minimizar os problemas de contenção de taludes.

O túnel da esquerda possui 2.220m, e o da direita 1.800m (+420m de túnel falso). Os túneis estão separados por um septo de cerca de 18m, e as seções de escavação apresentam área de 124 m<sup>2</sup>.

Apresenta-se a seguir a concepção ilustrativa dos emboques norte e sul dos túneis (Figura 6).

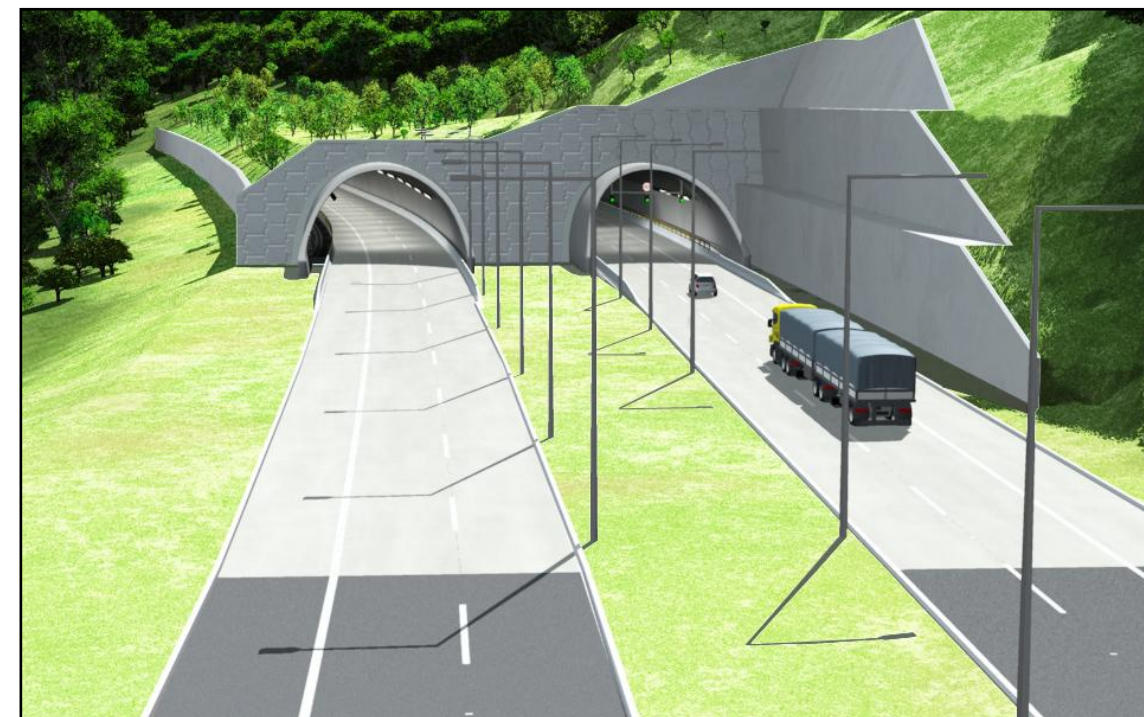




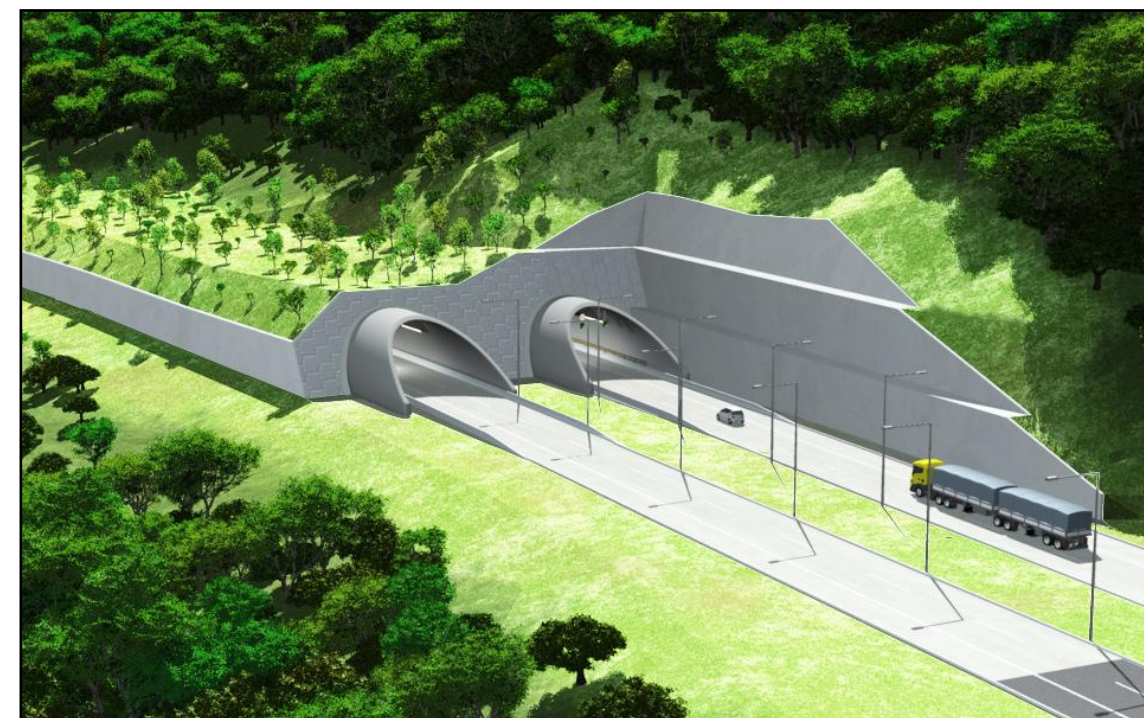
**Emboque Norte:** Pista de pavimento de concreto com 3 faixas de tráfego. Nas bordas das pistas foram incorporados acostamento de pavimento flexível, com 1,20m de largura, visando à segurança do usuário e a melhoria das condições operacionais da pista.



**Emboque Norte:** Portais em anéis de concreto chanfrados e centro de controle operativo e estacionamento lateral com pavimento de concreto. Os taludes do emboque são contidos por muros de corte grampeado (2 painéis de 8,0cm, cada um, com uma banquetta intermediária de 3,0m de largura) e dois painéis de taludes 1:2, com banquetta intermediária, em solo grampeado. Altura máxima dos dois taludes: 17,0m.



**Emboque Sul:** Pistas de pavimento de concreto com 3 faixas de tráfego. O túnel esquerdo desta imagem é falso, coberto com aterro de solo com muro de solo reforçado no pé do talude. Extensão do túnel falso: 420m (km 234+580 ao km 235+000). Extensão dos Túneis: 2.220m (km 232+780 ao km 235+00).



**Emboque Sul:** Portais em anéis de concreto chanfrados. Os taludes do emboque são contidos por muros de corte grampeado (2 painéis de 8,0cm, cada um, com uma banquetta intermediária de 3,0m de largura) e um painel de talude 1:2 em solo grampeado (altura máxima do talude 8,0m).

**Figura 6. Emboques Norte e Sul dos dois túneis a serem escavados no Morro dos Cavalos, lado esquerdo e lado direito (Projeto Sondotécnica – STE).**



### **2.2.3.1. Escavação dos Túneis**

A escavação dos túneis será realizada por meio do método de *calota-rebaixo*, que permite o uso de equipamentos menores e um avanço mais seguro do ponto de vista da estabilidade da abóbada.

Inicialmente, será executada a calota em toda a extensão do túnel e, o rebaixo numa segunda etapa, permitindo isentar a ventilação mecânica durante o desmonte da bancada do rebaixo, que representa aproximadamente a metade do volume de toda a escavação.

A conformação topográfica e as características geológicas dos locais dos emboques dos túneis exigirão, para sua implantação, grandes intervenções e tratamentos especiais. As grandes espessuras de solos em alguns locais e a presença de colúvio/tálus, com grandes blocos de rocha poderão apresentar sérios problemas de estabilidade durante a sua escavação, principalmente na presença de água.

Nos dois emboques (Norte e Sul) foram ensaiadas as propriedades geotécnicas e geomecânicas do maciço terroso e rochoso, e a inclinação será otimizada em termos de segurança e de economia. Tanto no emboque norte quanto no emboque sul, os cortes se iniciam na camada de colúvio/tálus, com muitos matacões. Os taludes em solo, laterais e acima do espelho, terão para fins de anteprojeto uma inclinação de 1:1. Já os taludes em rocha, laterais e acima do espelho, terão para fins de anteprojeto uma inclinação de 1:10.

Nos espelhos dos túneis, à altura apropriada (2 a 3m) acima do fecho da abóbada e antes da boca dos túneis, serão aplicados chumbadores com a finalidade de consolidar o emboque e restringir eventuais deslocamentos da rocha acima dele.

Nas regiões de contato solo-rocha, com inclinação inferior a 90°, serão incorporados estruturas para restringir os movimentos de massa e evitar os escorregamentos planares.

Apesar do fato de que em profundidades superiores a 100m normalmente as falhas encontram-se seladas, na eventualidade de se encontrar zonas de

falhas no desenvolvimento dos túneis, as mesmas receberão tratamento especial para sua estabilização, por meio do aumento do número de tirantes e chumbadores de fixação.

Caso sejam detectadas zonas de falhas com a presença de argila expansiva (montmorilonita, esmectita, caolinita, etc.), serão realizado tratamento com aplicação imediata de uma espessa camada de concreto projetado acelerado (20 a 25 cm em demãos sucessivas). No caso da espessura da argila ser muito grande, da ordem de metros, a escavação deverá continuar na argila com enfilagens sucessivas e camboteamento, para garantir a sustentação da abóbada. Neste caso, para possibilitar a operação de rebaixo e manter estável a calota durante a retirada da bancada, é necessário a utilização de travessas nos pés das cambotas da calota. No caso da presença de argila no piso do túnel, é necessário o fechamento da seção com arco invertido armado.

A equipe responsável pelo projeto de engenharia está realizando refinamento dos estudos, de modo a identificar a maior quantidade possível de situações que poderão ser enfrentadas no desenvolvimento da escavação dos túneis, de modo a prever, de antemão, as soluções mais adequadas. Este procedimento permitirá pronta resposta às eventuais dificuldades construtivas, evitando a paralisação ou atrasos na obra.

### **2.2.3.2. Emboques**

As inspeções de campo, aliada às informações das sondagens a percussão e rotativas executadas nos dois emboques (Norte e Sul) e, a Sondagem Geofísica (SEV - Sondagem Elétrica Vertical) executada ao longo do traçado, permitiram determinar que o maciço rochoso a ser atravessado pelos túneis é de qualidade boa a muito boa em quase toda sua extensão.

Apenas no trecho entre o km 233+530 e o km 233+690, com 160m de extensão, ocorre a possibilidade de ocorrência de zonas de falhas ou material muito fraturado.

A implantação dos emboques nas encostas do Morro dos Cavalos apresenta particularidades em suas porções Norte e Sul.

O terreno no **Emboque Norte** apresenta uma declividade média a alta com espessura de solo superior a 10m. O trecho em solo é composto por uma cobertura métrica de material coluvionar com blocos de rocha alterados de dimensões variadas (desde poucos decímetros até alguns metros), seguida de solo de alteração de rocha. O maciço rochoso é constituído essencialmente por rochas graníticas fraturadas e alteradas até 15m de profundidade, passando a rocha praticamente sã fraturada a partir desta profundidade.

Já o terreno no **Emboque Sul** apresenta uma declividade alta a muito alta, com espessuras de solo muito variáveis localmente. Assim como no emboque norte, nesta área o trecho em solo é composto por uma cobertura métrica de material coluvionar com blocos de rocha alterada de dimensões variadas (desde poucos decímetros até alguns metros), seguida de solo de alteração de rocha.

Foram verificados em alguns locais depósitos de tálus, caracterizado pela concentração de grandes blocos de rochas com dimensões de vários metros depositados no sopé da encosta íngreme.

O topo rochoso nestes locais, no entanto está a poucos metros de profundidade e no corte da BR-101, próximo deste local, foi verificada a presença de rocha aflorante.

As sondagens executadas neste emboque (Sul) mostram a presença de rocha granítica fraturada e alterada nos metros iniciais, passando a rocha sã em profundidade.

Estima-se que a escavação dos túneis na com as duas galerias com extensão aproximada 1440m dar-se-á nos seguintes tipos de rocha:

- Rocha de boa qualidade, em cerca de 88% da extensão a escavar;
- Rocha alterada (trecho de falhas), em cerca de 12% em relação a extensão a escavar.

### 2.2.3.3. Seções

A seção do túnel será do tipo ferradura simples, evitando acúmulo de tensões e dificuldades de escavação em partes da abóbada ou das paredes. A abóbada é circular, facilitando a marcação e as paredes verticais, facilitando a concretagem. São indicados dois tipos de seção de escavação:

- Seção de escavação em solo/rocha alterada – Seção “S1”;
- Seção de escavação em rocha sã – Seção “S2”.

Nas figuras abaixo (Figura 7 e Figura ) são apresentadas as seções de projeto e de escavação indicadas para os túneis de transposição do Morro dos Cavalos, bem como os taludes frontais de terraplenagem (Figura ). A Tabela 12 apresenta as quantidades teóricas de escavação por metro para cada tipo de seção.

**Tabela 12. Quantidades teóricas de escavação por metro para cada tipo de seção  
(Projeto Executivo de Engenharia do Consórcio Sondotécnica – STE).**

Quant.Teóricas por metro de Túnel	Un	Seção S1	Seção S2
Volume de Escavação – Calota	m <sup>3</sup>	94,843	79,259
Volume de Escavação – Rebaixo	m <sup>3</sup>	45,370	44,925
Volume Total de Escavação	m <sup>3</sup>	140,213	124,184
Escavação Lateral	m <sup>3</sup>	1,600	1,525

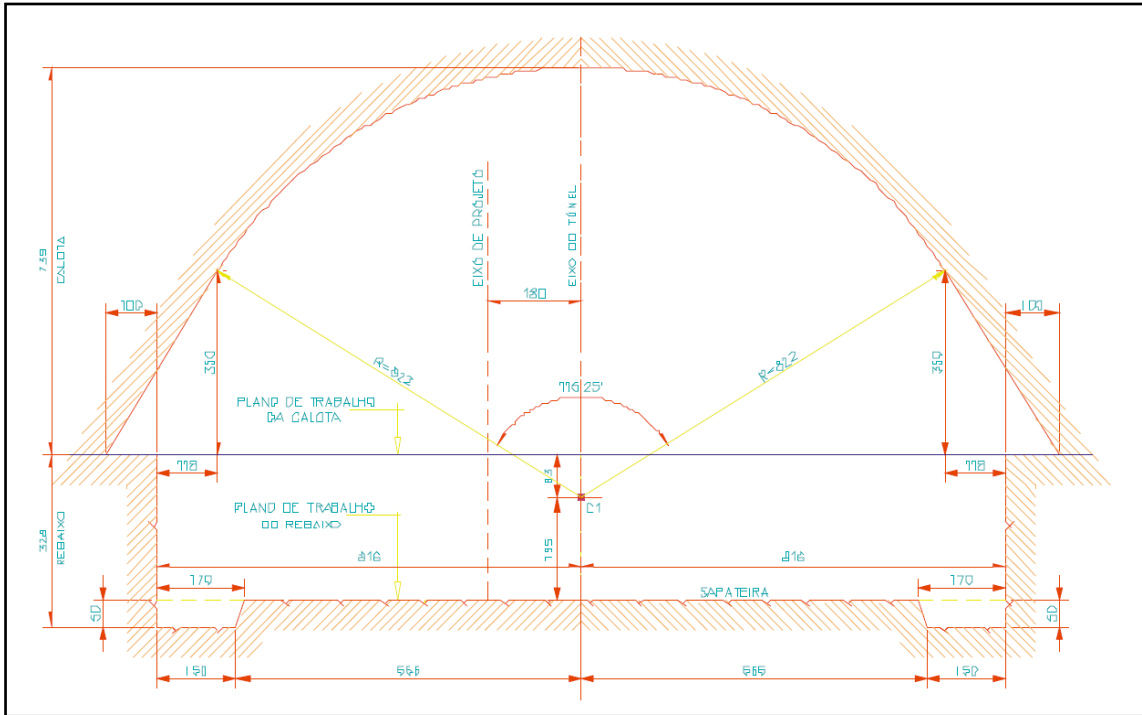


Figura 7. Seção S1 em rocha solo/rocha alterada.

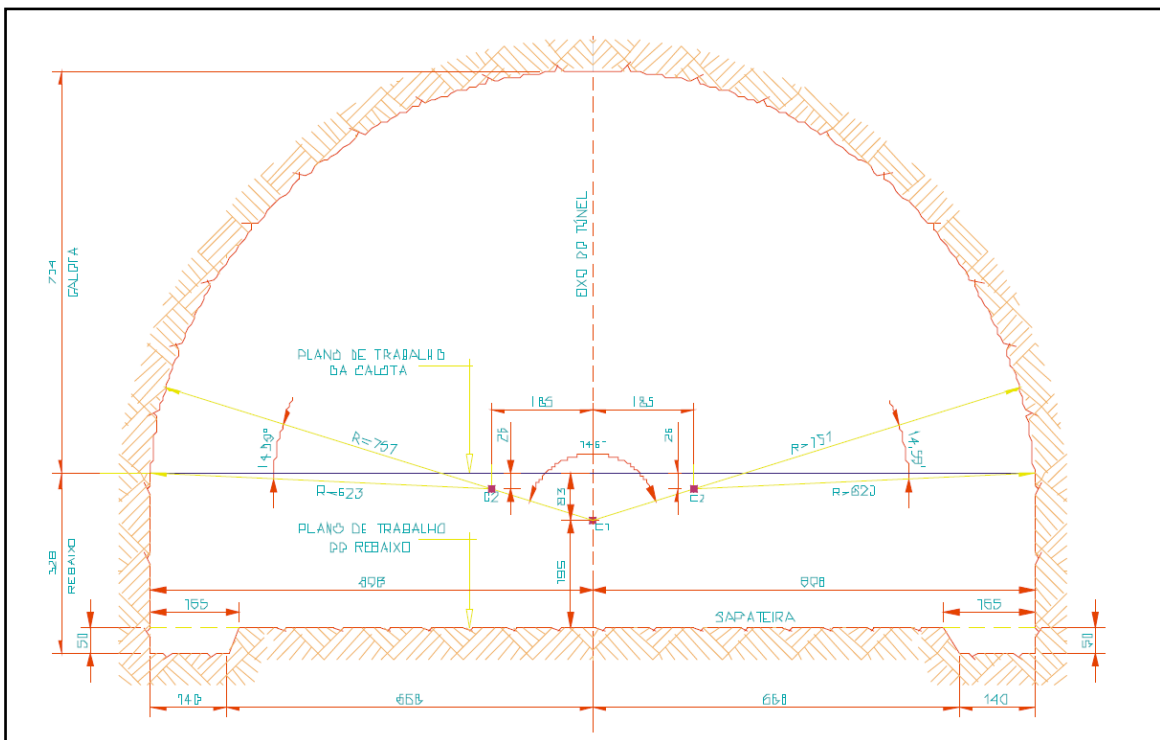
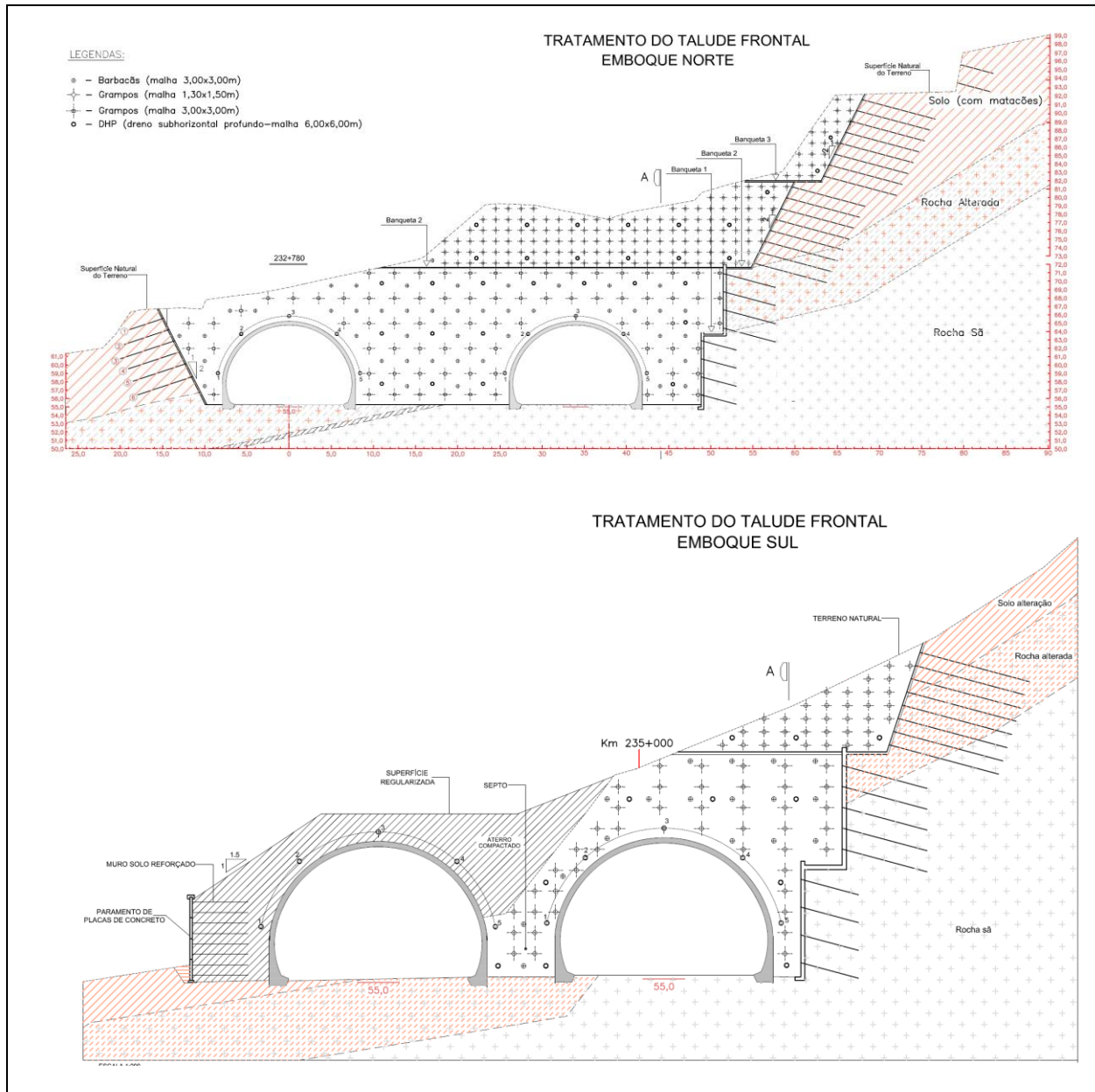


Figura 8. Seção S2 em rocha sã.

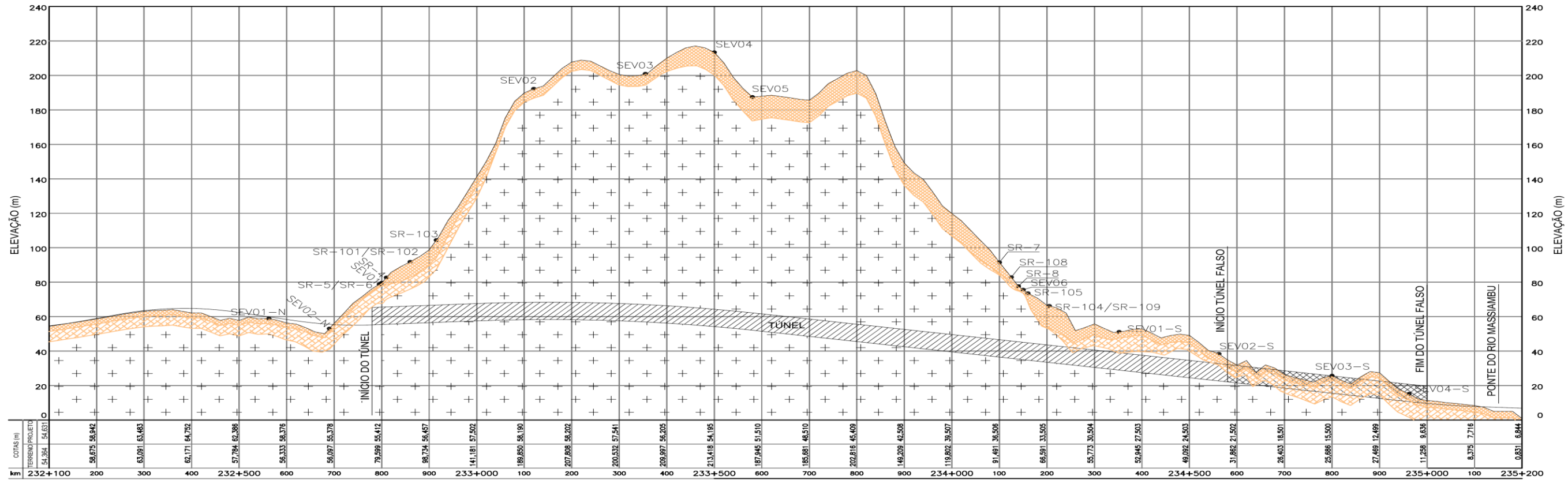


**Figura 9. Talude frontal dos emboques sul e norte dos túneis de transposição do Morro dos Cavalos (Projeto de Engenharia Sondotécnica – STE).**

Além das seções transversais, é importante apresentar as seções longitudinais dos túneis, a fim de se identificar os perfis das novas pistas no interior do relevo (Morro dos Cavalos), conforme mostram as figuras abaixo (Figura 10).



PERFIL GEOLÓGICO E SEGMENTAÇÃO DO TÚNEL DIREITO - MORRO DOS CAVALOS



PERFIL GEOLÓGICO E SEGMENTAÇÃO DO TÚNEL ESQUERDO - MORRO DOS CAVALOS

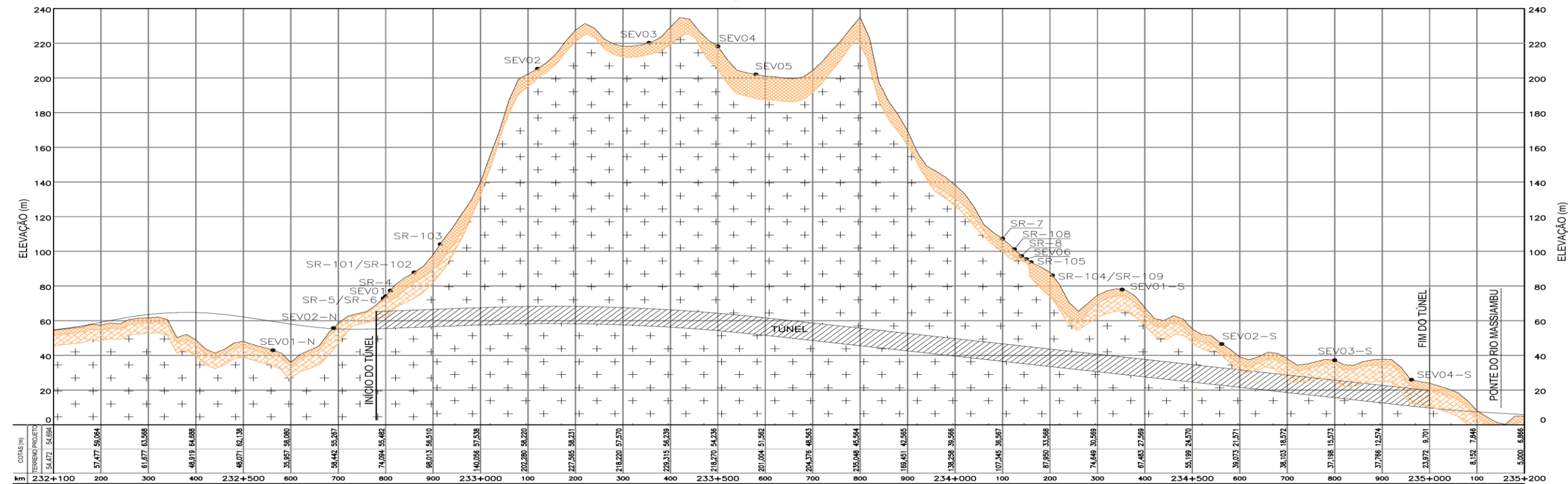


Figura 10. Perfil geológico e segmentação dos túneis de transposição do Morro dos Cavalos.

#### **2.2.3.4. Pavimentação**

Para pavimentação dos túneis sob o Morro dos Cavalos, assim como já foi adotado na própria BR 101 Sul e vem sendo preconizado nas normas de segurança, adotou-se pavimento rígido de concreto.

Em uma análise comparativa com os pavimentos flexíveis, os pavimentos de concreto apresentam as seguintes vantagens:

- Maior durabilidade e, portanto, custo mais reduzido de manutenção no decorrer da vida do projeto;
- Maior intervalo entre operações de conservação corretiva e de restauração, atenuando os decorrentes transtornos ao tráfego da rodovia;
- Particular resistência do concreto ao ataque causado por vazamentos de combustíveis e lubrificantes e à ação das cargas lentas ou estáticas pesadas;
- Economia em iluminação;
- Total segurança anti-incêndio, de vital importância nos casos de acidentes envolvendo fogo. Esta característica tem sido considerada uma das maiores vantagens do pavimento rígido em contraponto ao uso do pavimento flexível. O fato que pesou decisivamente na opção definitiva pelo pavimento de concreto em nível mundial foi o acidente ocorrido no túnel Mont Blanc, entre a França e a Itália, onde o asfalto queimou devido à alta temperatura do incêndio (> 1000°C), formando densa fumaça que intoxicou e matou 39 motoristas.

#### **2.2.3.5. Sistema Operacional**

O projeto para os túneis de transposição do Morro dos Cavalos prevê a utilização dos seguintes sistemas:

- Sistema elétrico;



- Sistema de ventilação;
- Sistema de iluminação;
- Sistema de detecção, alarme e combate de incêndio.
- Sistema televisivo;
- Telefonia e emergência;
- Sinalização luminosa;
- Central de monitoramento;
- Subestações;
- Sistema de automação e supervisão.

#### **2.2.3.5.1. Conceitos e Critérios de Projeto**

Todos os projetos estão sendo elaborados em estrito atendimento às Normas e Recomendações Técnicas da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas (NBR) bem como a manuais e especificações técnicas de Fabricantes. Abaixo se encontram relacionadas as normas utilizadas com suas respectivas edições:

- Norma Técnica: Fornecimento de Energia em Tensão Primária de Distribuição;
- Manual de Projetos de Instalação de Iluminação, preparado pelos membros do “Centro de Projetos e Engenharia de Iluminação” da N.V. Philips’ Gloeilampenfabrieken, Eindhoven, Holanda;
- NBR 15661:2009 – “Proteção contra incêndio em túneis”;
- P-NB-318-“Iluminação de Túneis”;
- NBR 5354/1997 – “Requisitos gerais para material de instalações elétricas prediais”;
- NBR 5410/2004 – “Instalações elétricas de baixa tensão”;

- NBR 5419/2005 – “Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas”;
- NBR 10898/1999 – “Sistema de iluminação de emergência”;
- NBR 6150/1980 – “Eletroduto de PVC rígido”;
- NBR 6689/1981 – “Requisitos gerais para condutos de instalações elétricas prediais”;
- NBR 5361/1998 – “Disjuntores de baixa tensão”;
- NBR 7118/1994 – “Disjuntores de alta tensão”;
- IEC 60364/2001 – “Electrical Installations of Buildings”;
- NBR 6151 – “Classificação de elementos elétricos e eletrônicos quanto a pressão contra choques elétricos - Classificação”;
- NBR 5281 – “Condutores elétricos isolados com compostos termoplásticos polivinílicos (PVC) – Especificação”;
- NBR 5581 – “Reatores para lâmpadas fluorescentes – Especificação”;
- NBR 5515 – “Lâmpadas fluorescentes para iluminação geral – Especificação”;
- NBR 5370 – “Conectores empregados em ligações de condutores elétricos de cobre – Especificação”;
- NBR 6146 – “Graus de proteção providos por invólucros – Especificação”;
- NBR 6147 – “Plugues e tomadas para uso doméstico – Especificação”;
- NBR 6148 – “Fios e cabos com isolação sólida - extrudada de cloreto de polivinila para tensões de até 750V. Especificação”;
- NBR 5444 – “Símbolos gráficos para instalações elétricas prediais – Simbologia”
- NBR 5175 – “Código numérico dos dispositivos de manobra controle e proteção dos sistemas de potências”;

- NBR 5446 – “Símbolos gráficos de relacionamento usados na confecção de esquemas - Simbologia”;
- NBR 5459 – “Manobra, proteção e regulação dos circuitos – Terminologia”;
- NBR 5471 – “Condutores elétricos – Terminologia”;
- NBR 6808 – “Conjuntos de manobra e controle de baixa tensão montados em fábrica - CMF”;
- NFPA – 502 – Standard for Road Tunnels, Bridges, and Other Limited Access Highways 2004 Edition;
- PIARC – 05.05.B – Fire and smoke Control in Road Tunnels 1999;
- PIARC - Road Safety in Tunnels;
- PIARC - Road Tunnels Emissions, Ventilation Environment;
- PIARC - Pollution by Nitrogen Dioxide in Road Tunnels;
- Australasian Fire Authorities Council – Fire Safety Guidelines for Road Tunnels;
- ONU – Economic and Social Council – Safety in Road Tunnels, e outras

As instalações do sistema operativo do túnel obedecem às recentes Normas Internacionais, onde se adotam conceitos e parâmetros que oferecem aos usuários condições de conforto e segurança.

Em conseqüência dos últimos acidentes em túneis rodoviários na Europa, com elevado número de feridos e vítimas fatais: Mont-Blanc (03/99); Tauer (05/99); Gleinalm (08/2001) e St. Gottard (10/2001), o Economic and Social Council – ONU, NFPA – National Fire Protection Association, PIARC – World Road Association e diversas outras entidades têm desenvolvido estudos específicos sobre Segurança em Túneis rodoviários. Os mais recentes túneis construídos ou em construção no exterior e no Brasil vem sendo projetados considerando tais estudos e recomendações.

### **2.2.3.5.2. Sistema Elétrico**

O projeto do sistema elétrico incorpora o que se segue:

- A compartimentação do sistema de abastecimento para a iluminação em circuitos que permitem a automação, com a variação da intensidade de iluminamento interno correlacionada com a iluminação externa;
- A automação do sistema de ventilação, com reversão dos ventiladores em função de fatores externos, como ventos fortes em sentido contrário ao fluxo normal;
- A automação integrada de todos os sistemas componentes do conjunto operacional do túnel.
- Subestações abaixadoras.

### **2.2.3.5.3. Sistema de Ventilação Longitudinal**

O Sistema de Ventilação Longitudinal mostra-se o mais eficiente às características geométricas, de tráfego, segurança operacional e economicamente mais adequado.

A instalação de jatos-ventiladores de fluxo reversível (bidirecional), pás simétricas, oferecem a flexibilidade operacional necessária às situações de emergência (incêndio) quando operados automaticamente através de um software especialmente desenvolvido para os Túneis do Morro dos Cavalos – Palhoça / SC, bem como operado manualmente em situações especiais.

Os jatos-ventiladores, motores e cabos de alimentação são projetados para resistirem a temperatura de 250 °C durante 120 minutos.

Os atenuadores de ruído são construídos em chapas de aço galvanizadas e inox, tendo entre elas absorventes acústicos tipo Eurolon o que permitem melhor eficiência em atenuações dos ruídos; sendo este incombustível e sob

fogo direto não produz gases tóxicos; resistente a corrosão atmosférica; oferecendo um níveis de ruídos definidos nas normas internacionais.

Os jatos-ventiladores são fixados ao teto através de chumbadores de aço inox fixados através de resina química. Correntes de segurança são instaladas para suportarem o peso do jato-ventilador.

Os testes de performance dos jatos-ventiladores serão realizados nos Laboratórios dos respectivos fabricantes, ou laboratórios recomendados ou exigidos pelo DNIT, apresentando certificados emitidos por entidades nacionais ou internacionais.

Quanto ao **Comando e Controle do Sistema de Ventilação**, este foi desenvolvido para as condições específicas de operação de tráfego em túneis rodoviários.

O fluxo de veículos terá sempre sentido unidirecional, podendo em determinadas condições ser revertido, ou qualquer outra situação que exija a intervenção do sistema de operação de tráfego no controle do fluxo de veículos. O sistema poderá operar de três maneiras: Funcionamento Normal, em situação de Incêndio e, Manual.

Em **Funcionamento Normal** o software desenvolvido efetuará o acionamento automático dos jatos-ventiladores de forma a garantir uma condição confortável para o usuário dentro do túnel, com o menor consumo de energia. Os jatos-ventiladores serão acionados individualmente, de acordo com os níveis de CO e visibilidade no interior do túnel.

Para o **Funcionamento em caso de Incêndio** os sistemas de detecção de incêndio (cabo sensor e câmeras) detectarão quase que de imediato, a ocorrência de um incidente no interior do túnel ou incêndio, bem como sua localização. Neste caso o Sistema de Ventilação será acionado de acordo com o software que gera a lógica operacional.

Após a confirmação do alarme, o acesso ao túnel é bloqueado por meio de sinais adequados e adotadas as outras medidas previstas no plano de emergência (alarme aos bombeiros e equipes de socorro, etc.).

No **Funcionamento Manual** o Sistema de Ventilação poderá ser operado manualmente, para mover a fumaça na direção desejada em caso de incêndio. A opção de se desativar manualmente o modo automático deve ser possível apenas acessando o painel de comando local, na sala de comando e deverá ser feita por um operador devidamente treinado.

A operação manual do Sistema de Ventilação tem ainda a finalidade de poder comandar o sistema quando da realização de trabalhos dentro do túnel, testes ou outra situação excepcional.

#### **2.2.3.5.4. Medidores de Monóxido de Carbono (CO) e Visibilidade**

Serão utilizados aparelhos de medição simultânea de opacidade, níveis de CO e anemômetros, com tecnologia “*Infrared Absorption Spectrum*”. Estes aparelhos serão de alta precisão e, em função dos níveis de CO e visibilidade no interior do túnel os jatos-ventiladores serão acionados individualmente.

#### **2.2.3.5.5. Iluminação do Túnel**

Serão utilizados projetores assimétricos de alto rendimento luminotécnico. Cuidados especiais foram determinados nos projetos do sistema operativo para garantir aos veículos e aos pedestres a segurança mínima exigidas pelas normas atinentes para túneis.

#### **2.2.3.5.6. Equipamentos do Sistema de Supervisão e Automação**

O conceito adotado para os elementos de automação resulta em um sistema simples e de alta confiabilidade. O sistema utiliza controlador lógico programável e será implantado e programado por especialistas em sistemas de supervisão e automação.

Cabo de detecção de incêndio (sensor-cable), câmeras de controle no interior dos túneis, anemômetros e aparelhos detectores de opacidade e níveis de CO,

serão instalados permitindo o controle automático das condições internas nos túneis.

#### **2.2.3.5.7. Subestação / Casa de Comando**

Será previsto uma reserva de área de aproximadamente 240m<sup>2</sup>, distanciada em 100m da embocadura norte e outra na embocadura sul, (menor dimensão), para a instalações da subestações abaixadoras, e sala de comando e monitoramento do sistema operacional do túnel.

Nestas edificações serão a instalados de todos os equipamentos elétricos (cubículos de média tensão, transformadores, no-breaks, quadros de baixa tensão, quadros de comando de iluminação e ventilação, sistema de supervisão e automação) e a utilização de um grupo gerador diesel para operação de emergência, com capacidade adequada para operar os jatos-ventiladores, iluminação e demais serviços essenciais. Em principio adotaremos duas subestações, um em cada embocadura, para economia de cabos e diminuição de quedas tensão, ficando Supervisorio na embocadura norte.

#### **2.2.3.5.8. Equipamentos do Sistema de Combate a Incêndio**

O Sistema de Combate a Incêndio será composto por caixas de hidrantes, instaladas ao longo dos túneis, reservatórios de água de fibra, bombas principais, bombas secundárias de pressurização, tubulações, válvulas, mangueiras e demais elementos necessários para atender aos requisitos da norma ABNT NBR 13714 ,que prevê o funcionamento de dois hidrantes simultaneamente, durante 30minutos com pressão de 15kPa no hidrante mais desfavorável.

#### **2.2.3.5.9. Cabines S.O.S**

As cabines S.O.S serão instaladas em nichos feitos na parede lateral, do lado das passarelas, em quantidades e dimensões adequadas as dimensões do túnel em questão., Em cada cabina SOS, serão instalados um telefone de emergência, e extintor de incêndio de PQS (pós químico seco).

As cabines serão claramente sinalizadas com placa S.O.S, numeradas para uma rápida localização. O interior de cada cabine será iluminado com uma única lâmpada que será ligada somente com a abertura da porta. Será prevista também sensores para monitoramento de acesso, para evitar atos de vandalismo.

#### **2.2.3.5.10. Sistema Televisivo - CFTV**

O controle televisivo a ser implantado permitirá aos operadores o monitoramento visual através dos monitores localizados na central de monitoramento, verificar através de detalhe ZOOM, quaisquer, ocorrência nas entradas, saídas e no interior dos túneis. O sistema consistirá na instalação de câmeras coloridas digitais, montadas em suportes especiais, equipadas com lentes de controle zoom (5,6 a 112 mm), distribuídas ao longo do túnel, conforme projeto.

Nas subestações, localizadas nas embocaduras norte e sul serão instaladas câmeras fixas com lentes de 3,5 a 8,0 mm ,e também 01 monitor.

As câmeras nos interiores dos túneis serão ligadas via cabo de fibra ótica, utilizando-se conversor/transmissor/receptor óptico a unidade multiplexadora e digitalizadora de vídeo, localizada na central de monitoramento. O controle das câmeras será efetuado através de cabo de controle, 4 vias, conectado as mesmas e também ao controlador central através de interface de controle. Na central serão instalados conforme lay-out; todos os equipamentos pertinentes, completando o sistema de monitoramento e gravações.



Na central de monitoramento, as imagens serão visualizadas através de um microcomputador com software específico, em um monitor de 22”, onde o operador poderá visualizar acionando os ícones com o mouse.

As imagens das câmeras poderão ser visualizadas em diversos tamanhos e formatos, podendo ser apresentadas em tela cheia, telas repartidas, com zoom e congelamento.

No microcomputador responsável pelo gerenciamento das imagens será efetuada gravação das mesmas, diretamente no seu HD, com um espaço determinado de Gbytes. Deve-se utilizar um HD com espaço suficiente para gravar imagens durante 07(sete) dias corridos, 24h por dia. O microcomputador estará equipado com dois HD’s iguais e as imagens serão gravadas em ciclos de 07(sete) dias. Após o sétimo dia o sistema retornará a gravar em cima das do primeiro dia, porém alternando os dois HD’s. O microcomputador estará equipado com gravador de CD/DVD, através do qual poderá ser gravada imagem determinada para serem arquivadas.

#### **2.2.3.5.11. Sinalização luminosa**

O sistema de sinalização luminosa é constituído por semáforos e painel luminoso de mensagens variáveis, localizados nas entradas dos túneis.

O painel digital será utilizado para informar ao motorista as condições dentro do túnel, alterações na velocidade do túnel (ex. Caso a pista esteja molhada ou haja um acidente, informar que a velocidade foi reduzida de 80 km/h para 60 km/h), desviar tráfego, etc. O painel digital terá duas linhas de texto e possuirá comunicação serial tipo RS-485 para se comunicar com a central.

O sistema de sinalização estará interligado com o sistema de automação, para atuarem de forma integrada, tanto nos sinais luminosos como nas mensagens.

A sinalização de entrada será gerenciada pelo CLP e ela será acionada em função da detecção de incêndio, nível de CO e opacidade fora dos limites

estabelecidos, ou ainda, por comando manual gerado pelo operador no painel da central de monitoramento; nos casos de acidentes ou obstrução de alguma das pistas.

Os comandos manuais podem ser efetuados remotamente via micro computador na central de monitoramento e no local através de chaves seletoras e botões junto aos CCMs.

### 3. ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS E LOCACIONAIS

Desde o início das discussões acerca do Projeto de Duplicação da Capacidade e Modernização da BR 101 Sul, no trecho entre Florianópolis/SC e Osório/RS, o segmento compreendido entre o Km 232,0 e o Km 235,3 – Travessia do Morro dos Cavalos - objeto da presente análise, foi considerado como um trecho crítico.

Tal criticidade tem origem em dois aspectos fundamentais, um de origem técnica, dado às características geológico-geotécnicas do maciço neste trecho, e outro de origem socioambiental, relacionado à presença de ocupação histórica de índios Guaranis, na Comunidade homônima. Destaca-se que hoje a área encontra-se declarada como Terra Indígena e está em processo de demarcação para posterior homologação pelo Presidente da República.

Do ponto de vista de seus condicionantes técnicos, apresenta-se as principais características da rodovia hoje em operação, com pista simples.

No km 221+700, a diretriz da rodovia adentra em uma região montanhosa, que se estende até o km 235+310 no rio Massiambú. Nesse segmento, entre o km 230+600 e o km 235+310, ocorre a travessia do Morro dos Cavalos.

O Morro dos Cavalos faz parte de um espigão da Serra do Tabuleiro, que se desenvolve no sentido Oeste/Leste, perpendicularmente à diretriz da rodovia, terminando abruptamente na linha litorânea, atingindo cotas altimétricas de até 250 m. Suas encostas são abruptas, apresentado forte dissecação na face Leste.

A estrada existente, na travessia do segmento compreendido entre o km 230+100 e o km 233, se desenvolve em meia encosta, com cortes no lado direito. A partir do km 233+300, o traçado segue ainda em meia encosta, porém com corte pelo lado esquerdo até o km 235+310.

O perfil longitudinal é ascendente do km 230 ao km 233, com rampas de até 6,15%, e, a partir deste último quilômetro, possui rampas descendentes, com valores de declividade de até 5,9%.

São destacáveis alguns aspectos relativos à geologia e ao ambiente, de consideração fundamental na análise da travessia do Morro dos Cavalos.

A microrregião atravessada por esse segmento apresenta como característica geológica principal a ocorrência do espigão da Serra Litorânea, no sentido Oeste - Leste, com dissecações profundas e encostas escarpadas, constituído pelo Complexo Cristalino da suíte Cambirela, formada predominantemente por uma fração vulcânica, representada pelo Riolito Cambirela, e por seu equivalente plutônico, denominado Granito Itacorubi. O espigão apresenta uma cobertura de solo residual com fragmentos de rocha, formando um manto de tálus, com espessura variável de até 10 m.

As principais ocorrências geotécnicas existentes na plataforma atual são as que se registram:

- km 231+980 ao km 232 (LE) - corpo de aterro construído em terra armada, com paramento vertical com altura máxima de 7,5 m;
- km 232+400 ao km 232+950 (LD) - talude em rocha, com altura média de 40 m, com a encosta apresentando declividade acentuada;
- km 232+460 ao km 232+520 (LE) - cortina atirantada para a contenção de aterro, com altura máxima de 15 m;
- km 233+000 ao km 233+360 (LE) – espesso manto de tálus no talude de corte, com cicatrizes de escorregamentos recentes;
- km 233+650 ao km 233+750 (LE) - ocorrência de tálus sobre a encosta com cicatriz de escorregamentos recentes;
- km 233+400 ao km 235+000 (LD) - plataforma em aterro, com altura média de 20m, e terreno natural apresentando declividade transversal da ordem de 25%;

- km 234+000 ao km 234+650 (LE) - plataforma em corte, com a presença de um manto de tálus instável;
- do km 234+000 ao km 235+900 - a rodovia margeia uma área de mangue, pertencente à área de inundação do Rio Massiambú.

Do ponto de vista da ocupação indígena, entre os km 233+050 e km 234+000, no lado esquerdo da rodovia, junto à faixa de domínio, está instalada a Aldeia Indígena do Morro dos Cavalos. Destaca-se que hoje a Comunidade convive com os diversos incômodos provocados pela proximidade da rodovia, tais como o elevado risco de acidentes e elevados níveis de gases e ruídos.

Levando-se em conta a existência da Comunidade Indígena e o fato de que a área já havia sido considerada território de ocupação tradicional indígena em estudos de identificação realizados pela FUNAI e levando em conta o comportamento geológico-geotécnico local, e as condições ambientais, bem como os aspectos planialtimétricos do traçado atual entre o km 232,0 e o km 235,3 m, denominado Travessia do Morro dos Cavalos, a duplicação da rodovia nesse segmento específico, com o alargamento em paralelo da plataforma existente adotada no restante do subtrecho, tornou-se bastante problemática.

Tendo em vista subsidiar a escolha da alternativa mais adequada sob os pontos de vista técnicos e socioambientais neste segmento, foi realizado completo estudo para avaliação das alternativas, tanto tecnológicas, quanto locais, para a duplicação da rodovia BR 101 Sul entre o Km 232,0 e o Km 235,3.

Destaca-se que o primeiro passo no estudo das alternativas para a transposição do Morro dos cavalos foi a avaliação das tecnologias construtivas disponíveis na engenharia do setor de transportes, para realização da mesma.

Esta primeira análise demonstrou haver duas alternativas tecnológicas disponíveis para a travessia rodoviária em regiões montanhosas: (i) travessia em superfície, com a utilização de cortes, aterros e viadutos, quando

necessário; e (ii) travessia em subsuperfície, por meio da construção de túneis, quando as condições de estabilidade dos terrenos, segurança operacional da via, extensão do segmento e/ou custos, assim a determinasse.

Nesta primeira análise ficou claro que, do ponto de vista dos condicionantes geológico-geotécnicos, da segurança operacional futura da via e da segurança e proteção do modo de vida tradicional da Comunidade Indígena, a melhor alternativa tecnológica a ser empregada seria a travessia em subsuperfície, como será detalhado adiante.

Numa segunda etapa foi realizada avaliação de diversos traçados possíveis para os túneis e sua conjugação com a pista existente ou não, sem, no entanto, abandonar neste estudo de traçados a possibilidade da duplicação paralela à pista existente. Tais possibilidades de traçado e sua avaliação comparativa sob o ponto de vista ambiental serão apresentados na sequência.

Tendo em vista atender integralmente ao Termo de Referência Definitivo expedido pelo IBAMA em julho de 2008, será apresentada inicialmente, no item 3.1, a discussão e avaliação das Alternativas Locacionais, para, posteriormente, no item 3.2, apresentar a discussão e avaliação das Alternativas Tecnológicas.

### **3.1. Alternativas Locacionais**

A avaliação, no âmbito do presente Estudo de Impacto Ambiental, das alternativas locais anteriormente definidas nos estudos de traçado, teve por objetivo avaliar aquela que se mostra mais adequada do ponto de vista socioambiental.

Para tanto, em atendimento ao Termo de Referência do IBAMA, foi utilizada planilha comparativa das interferências ambientais vinculadas a cada alternativa e para cada meio considerado: físico, biótico e socioeconômico; indicando, inclusive, a magnitude de cada impacto considerado.

Para indicação da magnitude de cada impacto foram construídos critérios comparativos, apresentados na forma de quadros, para cada um deles separadamente. Os impactos foram pontuados de forma crescente em função de sua magnitude, segundo os critérios propostos, sendo que na planilha comparativa das interferências ambientais, o somatório da magnitude de cada impacto associado a cada uma das alternativas permitiu classificá-las segundo seu impacto potencial acumulado.

Para a transposição do Morro dos Cavalos foram avaliadas cinco alternativas de traçado, quatro delas utilizando-se de túneis, denominadas alternativas B-I, B-II, B-III e B-IV, e uma delas a partir da duplicação paralela à pista atual, denominada alternativa A.

A seguir serão apresentados, a descrição sucinta de cada alternativa considerada; os critérios comparativos indicativos da magnitude de cada impacto sobre os meios físico, biótico e socioeconômico; a planilha comparativa das interferências ambientais vinculadas a cada alternativa; e, por fim, a consequente justificativa da alternativa selecionada. A disposição espacial das alternativas é apresentada na Figura 11.

Na avaliação comparativa das interferências ambientais a alternativa que se mostrou a melhor sob o ponto de vista dos meios físico, biótico e socioeconômico foi a Alternativa B-IV, que prevê a duplicação por meio de túneis duplos paralelos. Na descrição das alternativas serão apresentados dados mais precisos da mesma, uma vez que foi a alternativa detalhada no projeto executivo de engenharia.

### **3.1.1. Descrição das Alternativas**

Apresenta-se abaixo a descrição das alternativas consideradas e ao final da descrição é apresentado desenho esquemático representativo das mesmas. Destaca-se que tal desenho esquemático foi extraído na íntegra do Projeto Executivo de Engenharia, apresentado pelo Consórcio Sondotécnica-STE.

FIGURA 11 – MAPA ALTERNATIVAS TRAÇADO



### **Alternativa A (duplicação em paralelo – sem túnel)**

Essa alternativa prevê a duplicação da rodovia em paralelo à plataforma existente, com previsão de construção de viadutos para superar os problemas geotécnicos e ambientais, envolvendo, basicamente, três subsegmentos:

- km 232,00 ao km 233,10 – duplicação pelo lado esquerdo da plataforma existente, para evitar a execução de corte em rocha no lado direito, no intervalo entre o km 232,4 e o km 232,8;
- km 233,10 ao km 234,55 – duplicação pelo lado direito da plataforma existente, uma vez que a execução do alargamento pelo lado esquerdo, neste segmento, é praticamente inviável devido à instabilidade do talude de corte, e, especialmente devido à existência da Aldeia Indígena;
- km 234,55 ao km 235,37 – duplicação mediante alargamento da plataforma existente pelo lado esquerdo, por meio de corte e aterro, até atingir a travessia do Rio Massiambu, com aproveitamento integral da pista existente.

Nesta alternativa a pista existente seria integralmente aproveitada.

Na nova pista a ser construída, nesta alternativa, deveriam ser mantidas virtualmente as mesmas características planialtimétricas da pista existente, tão-somente com ampliação do raio da curva do km 233,74, para melhoria do traçado. Para a implantação da nova pista seria necessária a construção de dois viadutos (Obra de Arte Especial), a saber:

- OAE do km 232,32 ao km 232,60 m, com 280,0 m de extensão, para ultrapassar uma meia encosta íngreme, onde já existe um segmento de cortina atirantada;
- OAE do km 233,28 ao km 234,52, com 1.240,0 m de extensão, tendo em vista a acentuada declividade transversal do terreno natural nesse intervalo e a presença de um grande volume de bota-fora na encosta, que obrigaria, preliminarmente, a remoção desse material e, posteriormente, a execução de seções mistas com saias de aterros

muito altas e extensas, demandando a construção de obras de contenção de taludes em áreas de inundação do Rio Massiambu.

### **Alternativas “B” (duplicação com a utilização da tecnologia de túneis)**

Para realização da transposição do Morro dos Cavalos utilizando-se a tecnologia de túneis, foram estudadas quatro variantes de traçado, todas prevendo a escavação de túneis, conjugadas ou não à pista existente.

#### **Alternativa B-I**

A Alternativa B-I prevê um túnel transversal ao traçado da pista existente, da esquerda para a direita da diretriz, entre as cotas 55,0 m, ao Norte, e 42,0 m, ao Sul. Na continuação do túnel, o traçado inflete para a esquerda, margeando a encosta ao longo da área do mangue a ser transposta por viaduto, cujo prolongamento permitiria o retorno da pista para o lado esquerdo.

As extensões das obras previstas nessa variante são:

- Implantação normal: 920,0 m;
- Túnel do km 232,78 ao km 233,94: 1.160,0 m;
- Viaduto do km 234,06 ao km 234,84: 780,0 m.

#### **Alternativa B-II**

A Alternativa B-II também inclui o túnel transversal à pista existente, com o emboque Sul mais a Oeste. O traçado seguiria margeando a área do mangue, pelo lado oeste, até atingir a pista existente à altura do km 236,50, local em que seria construído um viaduto para a inversão das pistas. Esta variante apresenta os seguintes fatores negativos:

- Acréscimo de extensão da ordem de 1,80 km;

- Reconstrução de 450,0 m da pista existente, para promover a inversão de lado;
- Passagem da diretriz do túnel em zona de descontinuidade na rocha. sob um talvegue.

As extensões das obras previstas nessa variante são:

- Implantação normal: 4.470,0 m;
- Túnel do km 232,74 m ao km 233,38: 640 m.

Cabe ressaltar, que embora a extensão do túnel seja relativamente pequena, a diretriz atravessa uma potencial zona de descontinuidade dos maciços rochosos, resultando, em custos construtivos mais elevados.

### **Alternativa B-III**

Essa alternativa prevê a construção de túnel com extensão de cerca de 1.340,0 m, que transporia o Morro dos Cavalos, com a nova pista prosseguindo em meia encosta, próxima à linha do litoral. A travessia do rio Massiambu se faria pela construção de uma segunda ponte a jusante da ponte existente.

A partir do desemboque do túnel, a plataforma se desenvolve em meia encosta, em curva, retornando para as proximidades da pista existente, tornando-se paralela à diretriz atual após a travessia do Rio Massiambu.

As extensões das obras previstas nessa variante são:

- Implantação normal: 1.840,0 m;
- Viaduto do km 232,32 ao km 232,94: 620,0 m;
- Túnel do km 233,04 ao km 234,38: 1.340,0 m;
- Ponte sobre o rio Massiambu.

### **Alternativa B-IV**

Nessa Alternativa a duplicação será realizada por meio de túneis duplos paralelos, com 2.200m de extensão, que se desenvolvem pelo lado esquerdo da pista existente, a partir do Km 232,780 (emboque norte).

Está prevista a construção de túneis falsos no desemboque sul, de modo a reduzir a necessidade da realização de cortes e aumentar a estabilidade do talude no final do segmento. Assim sendo, o túnel do lado direito se estende até o km 234,560, e o túnel do lado esquerdo se estende até o km 234,940.

Para a transposição do talvegue existente entre a pista atual e o emboque norte foi projetado um viaduto duplo paralelo, com cerca de 340m de extensão, a partir do km 232,300.

No emboque sul, após o final dos túneis falsos as pistas novas se conectam ao eixo existente, com a implantação de aterro no lado direito da rodovia, até o início das pontes sobre o rio Massiambu (ponte existente no lado direito e ponte em construção no lado esquerdo). Destaca-se que a ponte em construção sobre o rio Massiambu já se encontra licenciada pelo IBAMA no bojo do projeto de Duplicação da BR 101 como um todo e não faz parte do processo e dos estudos que ora se apresentam.

Destaca-se que quando da elaboração dos estudos e projetos do Lote 02 (atualmente denominado Lote 22/SC) a projetista - Consórcio IGUATEMI-DYNATEST – que desenvolveu o estudo de alternativas de traçado para a transposição do Morro dos Cavalos considerava, no caso da Alternativa B-IV, a construção de túnel simples, com aproveitamento da pista existente.

Posteriormente, o TCU, após ouvir os diversos atores intervenientes no processo, determinou ao DNIT que aprofundasse os estudos considerando a construção de dois túneis paralelos, com a desativação da pista existente.

Diligências efetuadas pelo Tribunal junto ao próprio DNIT, IBAMA, FATMA, FUNAI e Ministério Público Federal no Estado de Santa Catarina demonstraram ser esta a alternativa menos impactante, tanto em termos ambientais, quanto sociais (Comunidade Indígena) e econômicos.

Assim sendo, a concepção inicial da alternativa de traçado B-IV foi alterada no sentido de prever dois túneis duplos paralelos, como descrito anteriormente.

A avaliação das interferências ambientais vinculadas, elaborada por meio de planilha comparativa e segundo os critérios apresentados a seguir considerou, portanto, para efeito de análise, a Alternativa B-IV modificada, detalhada a partir dos estudos complementares realizados em atendimento ao Acórdão N<sup>o</sup> 533/2005 – TCU – PLENÁRIO.

### **3.1.2. Critérios indicados para a Magnitude dos Impactos**

Tendo em vista a necessidade de construir planilhas comparativas das interferências ambientais vinculadas a cada alternativa e para cada meio considerado, quais sejam, físico, biótico e socioeconômico, foram estabelecidos critérios indicativos da magnitude de cada um dos impactos avaliados. Destaca-se que foram considerados os impactos potenciais para as fases de obras (implantação) e de operação do empreendimento.

Apresenta-se a seguir, na forma de quadros, a indicação da magnitude comparativa de cada impacto selecionado, para os elementos dos meios físico, biótico e socioeconômico.

## ELEMENTOS DO MEIO FÍSICO

### FASE DE OBRAS

#### Critério Comparativo para o Grau de Interferência em Bacias Hidrográficas

É entendido como a implantação de infra-estrutura necessária às à implantação do projeto na área de bacias hidrográficas.

Valor	Atributos para a Alternativa Locacional
1	Interferência direta limitada à área de uma bacia hidrográfica de 2ª Ordem ou superior
2	Interferência direta limitada à área de até duas bacias hidrográficas de 2ª Ordem ou superior
3	Interferência direta limitada à área de até três bacias hidrográficas de 2ª Ordem ou superior
4	Interferência direta limitada à área de até quatro bacias hidrográficas de 2ª Ordem ou superior

#### Critério Comparativo para o Grau de Interferência com Áreas Instáveis

É entendido como sendo a necessidade de realização de cortes, aterros e abertura de caminhos de serviço em áreas instáveis do ponto de vista geológico e/ou geotécnico durante a fase de obras.

Valor	Atributos para a Alternativa Locacional
1	Apresenta interferência em áreas instáveis do ponto de vista geológico e/ou geotécnico restrita a no máximo 15% do desenvolvimento do traçado.
2	Apresenta interferência em áreas instáveis do ponto de vista geológico e/ou geotécnico restrita a no máximo 25% do desenvolvimento do traçado.

3	Apresenta interferência em áreas instáveis do ponto de vista geológico e/ou geotécnico restrita a no máximo 50% do desenvolvimento do traçado.
4	Apresenta interferência em áreas instáveis do ponto de vista geológico e/ou geotécnico em mais do que 50% do desenvolvimento do traçado.

### **Critério Comparativo para o Volume de Taludes de Corte e/ou Aterro**

É entendido como sendo a quantidade relativa de cortes e aterros necessária para implantação do segmento na fase de obras, incluindo, além das estruturas do projeto, os caminhos de serviço, áreas de apoio às obras, etc.

<b>Valor</b>	<b>Atributos para a Alternativa Locacional</b>
1	Alternativa com a menor quantidade de cortes e/ou aterros
2	Alternativa com a segunda menor quantidade de cortes e/ou aterros
3	Alternativa com a terceira menor quantidade de cortes e/ou aterros
4	Alternativa com a segunda maior quantidade de cortes e/ou aterros
5	Alternativa com a maior quantidade de cortes e/ou aterros

### **Critério Comparativo para a Susceptibilidade à Instalação de Processos Erosivos**

É entendido como sendo o comparativo do grau de susceptibilidade à instalação de processos erosivos durante a fase de obras.

<b>Valor</b>	<b>Atributos para a Alternativa Locacional</b>
1	Alternativa com a menor susceptibilidade à instalação de processos erosivos
2	Alternativa com a segunda menor susceptibilidade à instalação de processos erosivos
3	Alternativa com a terceira menor susceptibilidade à instalação de processos



	erosivos
4	Alternativa com a segunda maior susceptibilidade à instalação de processos erosivos
5	Alternativa com a maior susceptibilidade à instalação de processos erosivos

### **Critério Comparativo para o grau de interferência em várzeas e áreas alagadas**

É entendido como sendo o comparativo do grau de interferência do projeto em várzeas e áreas alagadas durante a fase de obras, considerando, em especial a várzea do rio Massiambu.

<b>Valor</b>	<b>Atributos para a Alternativa Locacional</b>
1	Alternativa com o menor grau de interferência em várzeas e áreas alagadas
2	Alternativa com o segundo menor grau de interferência em várzeas e áreas alagadas
3	Alternativa com o terceiro menor grau de interferência em várzeas e áreas alagadas
4	Alternativa com o segundo maior grau de interferência em várzeas e áreas alagadas
5	Alternativa com o maior grau de interferência em várzeas e áreas alagadas

### **Critério Comparativo para a Susceptibilidade à ocorrência de Movimentos de Massa**

É entendido como sendo o comparativo do grau de susceptibilidade à ocorrência de movimentos de massa durante a fase de obras, tanto em relação às estruturas do projeto, quanto em relação às áreas de apoio e caminhos de serviço.

Valor	Atributos para a Alternativa Locacional
1	Alternativa com o menor grau de susceptibilidade à ocorrência de movimentos de massa
2	Alternativa com o segundo menor grau de susceptibilidade à ocorrência de movimentos de massa
3	Alternativa com o terceiro menor grau de susceptibilidade à ocorrência de movimentos de massa
4	Alternativa com o segundo maior grau de susceptibilidade à ocorrência de movimentos de massa
5	Alternativa com o maior grau de susceptibilidade à ocorrência de movimentos de massa

### **Critério Comparativo para o Grau de Interferência na Hidrologia Local**

É entendido como sendo o comparativo do grau potencial de interferência nos cursos d'água da ADA e AID na fase de obras devido às estruturas necessárias à implantação do projeto, tais como aterros em caminhos de serviço, bueiros provisórios, desvios, etc.

Valor	Atributos para a Alternativa Locacional
1	Alternativa com o menor grau potencial de interferência nos cursos d'água da ADA e AID
2	Alternativa com o segundo menor grau potencial de interferência nos cursos d'água da ADA e AID
3	Alternativa com o terceiro menor grau potencial de interferência nos cursos d'água da ADA e AID
4	Alternativa com o segundo maior grau potencial de interferência nos cursos d'água da ADA e AID
5	Alternativa com o maior grau de potencial de interferência nos cursos d'água da ADA e AID

### **Critério Comparativo para o Grau de Demanda de Jazidas**

É entendido como sendo o comparativo do grau de demanda potencial de jazidas para o fornecimento de materiais necessários às obras.

<b>Valor</b>	<b>Atributos para a Alternativa Locacional</b>
1	Alternativa com o menor grau de demanda potencial de jazidas para o fornecimento de materiais necessários às obras
2	Alternativa com o segundo menor grau de demanda potencial de jazidas para o fornecimento de materiais necessários às obras
3	Alternativa com o terceiro menor grau de demanda potencial de jazidas para o fornecimento de materiais necessários às obras
4	Alternativa com o segundo maior grau de demanda potencial de jazidas para o fornecimento de materiais necessários às obras
5	Alternativa com o maior grau de demanda potencial de jazidas para o fornecimento de materiais necessários às obras

## **FASE DE OPERAÇÃO**

### **Critério Comparativo para o Grau de Interferência em Bacias Hidrográficas**

É entendido como a implantação de infra-estrutura permanente na área de bacias hidrográficas.

<b>Valor</b>	<b>Atributos para a Alternativa Locacional</b>
1	Interferência direta limitada à área de uma bacia hidrográfica de 2ª Ordem ou superior
2	Interferência direta limitada à área de até duas bacias hidrográficas de 2ª Ordem ou superior

3	Interferência direta limitada à área de até três bacias hidrográficas de 2ª Ordem ou superior
4	Interferência direta limitada à área de até quatro bacias hidrográficas de 2ª Ordem ou superior

### **Critério Comparativo para o Grau de Interferência com Áreas Instáveis**

É entendido como sendo a existência de estruturas de cortes e aterros permanentes em áreas instáveis do ponto de vista geológico e/ou geotécnico.

Valor	Atributos para a Alternativa Locacional
1	Apresenta interferência em áreas instáveis do ponto de vista geológico e/ou geotécnico restrita a no máximo 15% do desenvolvimento do traçado.
2	Apresenta interferência em áreas instáveis do ponto de vista geológico e/ou geotécnico restrita a no máximo 25% do desenvolvimento do traçado.
3	Apresenta interferência em áreas instáveis do ponto de vista geológico e/ou geotécnico restrita a no máximo 50% do desenvolvimento do traçado.
4	Apresenta interferência em áreas instáveis do ponto de vista geológico e/ou geotécnico em mais do que 50% do desenvolvimento do traçado.

### **Critério Comparativo para o Volume de Taludes de Corte e/ou Aterro**

É entendido como sendo a quantidade relativa de cortes e aterros permanentes presentes no segmento.

Valor	Atributos para a Alternativa Locacional
1	Alternativa com a menor quantidade de cortes e/ou aterros
2	Alternativa com a segunda menor quantidade de cortes e/ou aterros
3	Alternativa com a terceira menor quantidade de cortes e/ou aterros
4	Alternativa com a segunda maior quantidade de cortes e/ou aterros

5	Alternativa com a maior quantidade de cortes e/ou aterros
---	---

### **Critério Comparativo para a Susceptibilidade à Instalação de Processos Erosivos**

É entendido como sendo o comparativo do grau de susceptibilidade à instalação de processos erosivos na fase de operação da via duplicada.

<b>Valor</b>	<b>Atributos para a Alternativa Locacional</b>
1	Alternativa com a menor susceptibilidade à instalação de processos erosivos
2	Alternativa com a segunda menor susceptibilidade à instalação de processos erosivos
3	Alternativa com a terceira menor susceptibilidade à instalação de processos erosivos
4	Alternativa com a segunda maior susceptibilidade à instalação de processos erosivos
5	Alternativa com a maior susceptibilidade à instalação de processos erosivos

### **Critério Comparativo para o grau de interferência em várzeas e áreas alagadas**

É entendido como sendo o comparativo do grau de interferência das estruturas permanentes do projeto em várzeas e áreas alagadas, considerando, em especial a várzea do rio Massiambu.

<b>Valor</b>	<b>Atributos para a Alternativa Locacional</b>
1	Alternativa com o menor grau de interferência em várzeas e áreas alagadas
2	Alternativa com o segundo menor grau de interferência em várzeas e áreas alagadas

3	Alternativa com o terceiro menor grau de interferência em várzeas e áreas alagadas
4	Alternativa com o segundo maior grau de interferência em várzeas e áreas alagadas
5	Alternativa com o maior grau de interferência em várzeas e áreas alagadas

### **Critério Comparativo para a Susceptibilidade à ocorrência de Movimentos de Massa**

É entendido como sendo o comparativo do grau de susceptibilidade à ocorrência de movimentos de massa durante a fase de operação da via duplicada.

<b>Valor</b>	<b>Atributos para a Alternativa Locacional</b>
1	Alternativa com o menor grau de susceptibilidade à ocorrência de movimentos de massa
2	Alternativa com o segundo menor grau de susceptibilidade à ocorrência de movimentos de massa
3	Alternativa com o terceiro menor grau de susceptibilidade à ocorrência de movimentos de massa
4	Alternativa com o segundo maior grau de susceptibilidade à ocorrência de movimentos de massa
5	Alternativa com o maior grau de susceptibilidade à ocorrência de movimentos de massa

### **Critério Comparativo para o Grau de Interferência na Hidrologia Local**

É entendido como sendo o comparativo do grau potencial de interferência das estruturas permanentes do projeto, tais como bueiros, galerias, etc., nos cursos d'água da ADA e AID na fase de operação.

Valor	Atributos para a Alternativa Locacional
1	Alternativa com o menor grau potencial de interferência nos cursos d'água da ADA e AID
2	Alternativa com o segundo menor grau potencial de interferência nos cursos d'água da ADA e AID
3	Alternativa com o terceiro menor grau potencial de interferência nos cursos d'água da ADA e AID
4	Alternativa com o segundo maior grau potencial de interferência nos cursos d'água da ADA e AID
5	Alternativa com o maior grau de potencial de interferência nos cursos d'água da ADA e AID

## ELEMENTOS DO MEIO BIÓTICO

### FASE DE OBRAS

#### Critério Comparativo para o Grau de Supressão de Vegetação

É entendido como sendo o comparativo do grau de supressão de vegetação potencialmente necessário à implantação do empreendimento, incluindo as estruturas de apoio às obras, tais como caminhos de serviço, canteiros e jazidas.

Valor	Atributos para a Alternativa Locacional
1	Alternativa com o menor grau de supressão de vegetação potencialmente necessário à implantação do empreendimento
2	Alternativa com o segundo menor grau de supressão de vegetação potencialmente necessário à implantação do empreendimento
3	Alternativa com o terceiro menor grau de supressão de vegetação



	potencialmente necessário à implantação do empreendimento
4	Alternativa com o segundo maior grau de supressão de vegetação potencialmente necessário à implantação do empreendimento
5	Alternativa com o maior grau de supressão de vegetação potencialmente necessário à implantação do empreendimento

### **Critério Comparativo de Interferência em Corredores Ecológicos**

É entendido como sendo o comparativo do potencial de interferência em corredores ecológicos na fase de implantação do empreendimento, incluindo as estruturas de apoio às obras, tais como caminhos de serviço, canteiros e jazidas. Uma vez que não existem corredores ecológicos oficiais na área, serão considerados, para fins de análise, o corredor representado pela várzea do Massiambu e o corredor entre o Parque Estadual da Serra do Tabuleiro e o Morro dos Cavalos.

<b>Valor</b>	<b>Atributos para a Alternativa Locacional</b>
1	Alternativa com o menor grau potencial de interferência em corredores ecológicos na fase de implantação do empreendimento
2	Alternativa com o segundo menor grau potencial de interferência em corredores ecológicos na fase de implantação do empreendimento
3	Alternativa com o terceiro menor grau potencial de interferência em corredores ecológicos na fase de implantação do empreendimento
4	Alternativa com o segundo maior grau potencial de interferência em corredores ecológicos na fase de implantação do empreendimento
5	Alternativa com o maior grau potencial de interferência em corredores ecológicos na fase de implantação do empreendimento

### **Critério Comparativo de Interferência em APP's**

É entendido como sendo o comparativo do potencial de interferência em áreas de preservação permanente na fase de implantação do empreendimento.

Valor	Atributos para a Alternativa Locacional
1	Alternativa com o menor grau potencial de interferência em áreas de preservação permanente
2	Alternativa com o segundo menor grau potencial de interferência em áreas de preservação permanente
3	Alternativa com o terceiro menor grau potencial de interferência em áreas de preservação permanente
4	Alternativa com o segundo maior grau potencial de interferência em áreas de preservação permanente
5	Alternativa com o maior grau potencial de interferência em áreas de preservação permanente

### **Critério Comparativo de Interferência em UC's do Grupo de Proteção Integral**

É entendido como sendo o comparativo do potencial de interferência direta das estruturas do projeto e atividades de obra em Unidades de Conservação do grupo de Proteção Integral, na fase de implantação do empreendimento. É contado 3 para cada UC, separadamente.

Valor	Atributos para a Alternativa
0	Alternativa sem potencial de interferência direta das estruturas do projeto e atividades de obra em Unidades de Conservação do grupo de Proteção Integral
3	Alternativa com potencial de interferência direta das estruturas do projeto e atividades de obra em Unidades de Conservação do grupo de Proteção Integral

### **Critério Comparativo de Interferência em UC's do Grupo de Uso Sustentável**

É entendido como sendo o comparativo do potencial de interferência direta das estruturas do projeto e atividades de obra em Unidades de Conservação do grupo de Uso Sustentável, na fase de implantação do empreendimento. É contado 1 para cada UC, separadamente.

<b>Valor</b>	<b>Atributos para a Alternativa Locacional</b>
0	Alternativa sem potencial de interferência direta das estruturas do projeto e atividades de obra em Unidades de Conservação do grupo de Uso Sustentável
1	Alternativa com potencial de interferência direta das estruturas do projeto e atividades de obra em Unidades de Conservação do grupo de Uso Sustentável

### **Critério Comparativo de Interferência em Zonas de Amortecimento de UC's do Grupo de Proteção Integral**

É entendido como sendo o comparativo do potencial de interferência direta das estruturas do projeto e atividades de obra em Zonas de Amortecimento de Unidades de Conservação do grupo de Proteção Integral, na fase de implantação do empreendimento. É contado 0,5 para interferência em cada UC, separadamente. Este critério é aplicado no caso da existência de zona de amortecimento definida no zoneamento da UC ou seu plano de manejo. Caso não exista zona de amortecimento definida, aplicar o critério de Área Circundante de UC nos termos da IN ICM nº 01/2009.

<b>Valor</b>	<b>Atributos para a Alternativa Locacional</b>
0	Alternativa sem potencial de interferência direta das estruturas do projeto e atividades de obra em Zonas de Amortecimento de Unidades de Conservação do grupo de Proteção Integral

0,5	Alternativa com potencial de interferência direta das estruturas do projeto e atividades de obra em Zonas de Amortecimento de Unidades de Conservação do grupo de Proteção Integral
-----	---

**Critério Comparativo de Interferência em Áreas Circundantes de UC`s nos termos da IN ICM nº01/2009**

É entendido como sendo o comparativo do potencial de interferência das estruturas do projeto e atividades de obra em Áreas Circundantes de Unidades de Conservação, na fase de implantação do empreendimento. É contado 0,5 para interferência em cada UC, separadamente.

Valor	Atributos para a Alternativa Locacional
0	Alternativa sem potencial de interferência direta das estruturas do projeto e atividades de obra em Áreas Circundantes de Unidades de Conservação
0,5	Alternativa com potencial de interferência direta das estruturas do projeto e atividades de obra em Áreas Circundantes de Unidades de Conservação

**Critério Comparativo do Grau de Conservação da ADA do Empreendimento**

É entendido como sendo o comparativo do potencial grau de impacto em ambientes naturais na fase de implantação do empreendimento. Tal critério será auferido a partir do estado de conservação e representatividade ecológica da área a ser diretamente afetada pelo empreendimento em sua fase de implantação.

Valor	Atributos para a Alternativa Locacional
1	A ADA do empreendimento encontra-se bastante degradada
2	A ADA do empreendimento encontra-se medianamente degradada

3	A ADA do empreendimento encontra-se pouco degradada
4	A ADA do empreendimento encontra-se medianamente conservada
5	A ADA do empreendimento encontra-se bastante conservada

### **Critério Comparativo do Grau de Interferência Potencial em Ecossistemas Aquáticos**

É entendido como sendo o comparativo do potencial grau de interferência direta das estruturas do projeto e das áreas de apoio necessárias a sua implantação em ecossistemas aquáticos durante a fase de obras.

<b>Valor</b>	<b>Atributos para a Alternativa Locacional</b>
1	Alternativa com o menor grau de interferência direta das estruturas do projeto e das áreas de apoio necessárias a sua implantação em ecossistemas aquáticos
2	Alternativa com o segundo menor grau de interferência direta das estruturas do projeto e das áreas de apoio necessárias a sua implantação em ecossistemas aquáticos
3	Alternativa com o terceiro menor grau de interferência direta das estruturas do projeto e das áreas de apoio necessárias a sua implantação em ecossistemas aquáticos
4	Alternativa com o segundo maior grau de interferência direta das estruturas do projeto e das áreas de apoio necessárias a sua implantação em ecossistemas aquáticos
5	Alternativa com o maior grau de interferência direta das estruturas do projeto e das áreas de apoio necessárias a sua implantação em ecossistemas aquáticos

### **Critério Comparativo de Interferência em Áreas Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade**

É entendido como sendo o comparativo do potencial de comprometimento sobre a integridade de fração significativa de área prioritária para a conservação da biodiversidade, conforme mapeamento oficial de áreas prioritárias aprovado mediante ato do Ministro de Estado do Meio Ambiente.

<b>Valor</b>	<b>Atributos para a Alternativa Locacional/</b>
0	Alternativa sem potencial de comprometimento sobre a integridade de fração significativa de área prioritária para a conservação da biodiversidade
3	Alternativa com potencial de comprometimento sobre a integridade de fração significativa de área prioritária para a conservação da biodiversidade

### **Critério Comparativo do Grau de Fragmentação de Ambientes Naturais**

É entendido como sendo o comparativo do grau de fragmentação de ambientes naturais decorrente da implantação do empreendimento e atividades de obra, incluindo as áreas de apoio.

<b>Valor</b>	<b>Atributos para a Alternativa Locacional</b>
1	Alternativa com o menor grau de fragmentação de ambientes naturais decorrente da implantação do empreendimento e atividades de obra, incluindo as áreas de apoio
2	Alternativa com o segundo menor grau de fragmentação de ambientes naturais decorrente da implantação do empreendimento e atividades de obra, incluindo as áreas de apoio
3	Alternativa com o terceiro menor grau de fragmentação de ambientes naturais decorrente da implantação do empreendimento e atividades de obra, incluindo as áreas de apoio
4	Alternativa com o segundo maior grau de fragmentação de ambientes naturais decorrente da implantação do empreendimento e atividades de obra, incluindo as áreas de apoio

	obra, incluindo as áreas de apoio
5	Alternativa com o maior grau de fragmentação de ambientes naturais decorrente da implantação do empreendimento e atividades de obra, incluindo as áreas de apoio

## FASE DE OPERAÇÃO

### **Critério Comparativo de Interferência em Corredores Ecológicos**

É entendido como sendo o comparativo do potencial de interferência em corredores ecológicos na fase de operação do empreendimento. Uma vez que não existem corredores ecológicos oficiais na área, serão considerados, para fins de análise, o corredor representado pela várzea do Massiambu e o corredor entre o Parque Estadual da Serra do Tabuleiro e o Morro dos Cavalos.

<b>Valor</b>	<b>Atributos para a Alternativa Locacional</b>
1	Alternativa com o menor grau potencial de interferência em corredores ecológicos na fase de operação do empreendimento
2	Alternativa com o segundo menor grau potencial de interferência em corredores ecológicos na fase de operação do empreendimento
3	Alternativa com o terceiro menor grau potencial de interferência em corredores ecológicos na fase de operação do empreendimento
4	Alternativa com o segundo maior grau potencial de interferência em corredores ecológicos na fase de operação do empreendimento
5	Alternativa com o maior grau potencial de interferência em corredores ecológicos na fase de operação do empreendimento



### **Critério Comparativo de Interferência em APP's**

É entendido como sendo o comparativo do potencial de interferência em áreas de preservação permanente na fase de operação do empreendimento.

<b>Valor</b>	<b>Atributos para a Alternativa Locacional</b>
1	Alternativa com o menor grau potencial de interferência em áreas de preservação permanente
2	Alternativa com o segundo menor grau potencial de interferência em áreas de preservação permanente
3	Alternativa com o terceiro menor grau potencial de interferência em áreas de preservação permanente
4	Alternativa com o segundo maior grau potencial de interferência em áreas de preservação permanente
5	Alternativa com o maior grau potencial de interferência em áreas de preservação permanente

### **Critério Comparativo de Interferência em UC's do Grupo de Proteção Integral**

É entendido como sendo o comparativo do potencial de interferência direta da operação do empreendimento em Unidades de Conservação do grupo de Proteção Integral. É contado 3 para cada UC, separadamente.

<b>Valor</b>	<b>Atributos para a Alternativa</b>
0	Alternativa sem potencial de interferência direta da operação do empreendimento em Unidades de Conservação do grupo de Proteção Integral
3	Alternativa com potencial de interferência direta operação do empreendimento em Unidades de Conservação do grupo de Proteção Integral

### **Critério Comparativo de Interferência em UC's do Grupo de Uso Sustentável**

É entendido como sendo o comparativo do potencial de interferência direta da operação do empreendimento em Unidades de Conservação do grupo de Uso Sustentável. É contado 1 para cada UC, separadamente.

<b>Valor</b>	<b>Atributos para a Alternativa Locacional</b>
0	Alternativa sem potencial de interferência direta da operação do empreendimento em Unidades de Conservação do grupo de Uso Sustentável
1	Alternativa com potencial de interferência direta da operação do empreendimento em Unidades de Conservação do grupo de Uso Sustentável

### **Critério Comparativo de Interferência em Zonas de Amortecimento de UC's do Grupo de Proteção Integral**

É entendido como sendo o comparativo do potencial de interferência direta da operação do empreendimento em Zonas de Amortecimento de Unidades de Conservação do grupo de Proteção Integral. É contado 0,5 para interferência em cada UC, separadamente. Este critério é aplicado no caso da existência de zona de amortecimento definida no zoneamento da UC ou seu plano de manejo. Caso não exista zona de amortecimento definida, aplicar o critério de Área Circundante de UC nos termos da IN ICM nº 01/2009.

<b>Valor</b>	<b>Atributos para a Alternativa Locacional</b>
0	Alternativa sem potencial de interferência direta da operação do empreendimento em Zonas de Amortecimento de Unidades de Conservação do grupo de Proteção Integral
0,5	Alternativa com potencial de interferência direta da operação do

	empreendimento em Zonas de Amortecimento de Unidades de Conservação do grupo de Proteção Integral
--	---

**Critério Comparativo de Interferência em Áreas Circundantes de UC`s nos termos da IN ICM nº01/2009**

É entendido como sendo o comparativo do potencial de interferência da operação do empreendimento em Áreas Circundantes de Unidades de Conservação. É contado 0,5 para interferência em cada UC, separadamente.

Valor	Atributos para a Alternativa Locacional
0	Alternativa sem potencial de interferência direta da operação do empreendimento em Áreas Circundantes de Unidades de Conservação
0,5	Alternativa com potencial de interferência direta da operação do empreendimento em Áreas Circundantes de Unidades de Conservação

**Critério Comparativo do Grau de Conservação da ADA do Empreendimento**

É entendido como sendo o comparativo do potencial grau de impacto em ambientes naturais na fase de operação do empreendimento. Tal critério será auferido a partir do estado de conservação e representatividade ecológica da área a ser diretamente impactada pelo empreendimento em sua fase de operação, seja pelo aumento dos níveis de ruídos, aumento da poluição, aumento do risco de atropelamentos da fauna, etc.

Valor	Atributos para a Alternativa Locacional
1	A ADA do empreendimento encontra-se bastante degradada
2	A ADA do empreendimento encontra-se medianamente degradada
3	A ADA do empreendimento encontra-se pouco degradada

4	A ADA do empreendimento encontra-se medianamente conservada
5	A ADA do empreendimento encontra-se bastante conservada

### **Critério Comparativo do Grau de Interferência Potencial em Ecossistemas Aquáticos**

É entendido como sendo o comparativo do potencial grau de interferência direta da operação do empreendimento nos ecossistemas aquáticos.

<b>Valor</b>	<b>Atributos para a Alternativa Locacional</b>
1	Alternativa com o menor grau de interferência direta da operação do empreendimento em ecossistemas aquáticos
2	Alternativa com o segundo menor grau de interferência direta da operação do empreendimento em ecossistemas aquáticos
3	Alternativa com o terceiro menor grau de interferência direta da operação do empreendimento em ecossistemas aquáticos
4	Alternativa com o segundo maior grau de interferência direta da operação do empreendimento em ecossistemas aquáticos
5	Alternativa com o maior grau de interferência direta da operação do empreendimento em ecossistemas aquáticos

### **Critério Comparativo de Interferência em Áreas Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade**

É entendido como sendo o comparativo do potencial de comprometimento sobre a integridade de fração significativa de área prioritária para a conservação da biodiversidade, conforme mapeamento oficial de áreas prioritárias aprovado mediante ato do Ministro de Estado do Meio Ambiente, na fase de operação do empreendimento.

Valor	Atributos para a Alternativa Locacional/
0	Alternativa sem potencial de comprometimento sobre a integridade de fração significativa de área prioritária para a conservação da biodiversidade
3	Alternativa com potencial de comprometimento sobre a integridade de fração significativa de área prioritária para a conservação da biodiversidade

### **Critério Comparativo do Grau de Fragmentação de Ambientes Naturais**

É entendido como sendo o comparativo do grau de fragmentação de ambientes naturais decorrente da operação do empreendimento.

Valor	Atributos para a Alternativa Locacional
1	Alternativa com o menor grau de fragmentação de ambientes naturais decorrente da operação do empreendimento
2	Alternativa com o segundo menor grau de fragmentação de ambientes naturais decorrente da operação do empreendimento
3	Alternativa com o terceiro menor grau de fragmentação de ambientes naturais decorrente da operação do empreendimento
4	Alternativa com o segundo maior grau de fragmentação de ambientes naturais decorrente da operação do empreendimento
5	Alternativa com o maior grau de fragmentação de ambientes naturais decorrente da operação do empreendimento

## ELEMENTOS DO MEIO SOCIOECONÔMICO

### FASE DE OBRA

#### **Critério Comparativo do Grau de Interferência na Comunidade Indígena do Morro dos Cavalos**

É entendido como sendo o comparativo do potencial de interferência no cotidiano da Comunidade Indígena do Morro dos Cavalos durante a fase de obras.

Valor	Atributos para a Alternativa Locacional
1	Alternativa com o menor grau potencial de interferência no cotidiano da Comunidade Indígena do Morro dos Cavalos
2	Alternativa com o segundo menor grau potencial de interferência no cotidiano da Comunidade Indígena do Morro dos Cavalos
3	Alternativa com o terceiro menor grau potencial de interferência no cotidiano da Comunidade Indígena do Morro dos Cavalos
4	Alternativa com o segundo maior grau potencial de interferência no cotidiano da Comunidade Indígena do Morro dos Cavalos
5	Alternativa com o maior grau potencial de interferência no cotidiano da Comunidade Indígena do Morro dos Cavalos

#### **Critério Comparativo do Grau de Interferência na Comunidade Indígena de Massiambu**

É entendido como sendo o comparativo do potencial de interferência no cotidiano da Comunidade Indígena de Massiambu durante a fase de obras.

Valor	Atributos para a Alternativa Locacional
1	Alternativa com o menor grau potencial de interferência no cotidiano da

	Comunidade Indígena de Massiambu
2	Alternativa com o segundo menor grau potencial de interferência no cotidiano da Comunidade Indígena de Massiambu
3	Alternativa com o terceiro menor grau potencial de interferência no cotidiano da Comunidade Indígena de Massiambu
4	Alternativa com o segundo maior grau potencial de interferência no cotidiano da Comunidade Indígena de Massiambu
5	Alternativa com o maior grau potencial de interferência no cotidiano da Comunidade Indígena de Massiambu

### **Critério Comparativo do Grau de Interferência na Comunidade Não-Indígena de Massiambu Pequeno**

É entendido como sendo o comparativo do potencial de interferência no cotidiano da Comunidade Não-Indígena de Massiambu Pequeno durante a fase de obras.

<b>Valor</b>	<b>Atributos para a Alternativa Locacional</b>
1	Alternativa com o menor grau potencial de interferência no cotidiano da Comunidade Não-Indígena de Massiambu Pequeno
2	Alternativa com o segundo menor grau potencial de interferência no cotidiano Comunidade Não-Indígena de Massiambu Pequeno
3	Alternativa com o terceiro menor grau potencial de interferência no cotidiano Comunidade Não-Indígena de Massiambu Pequeno
4	Alternativa com o segundo maior grau potencial de interferência no cotidiano Comunidade Não-Indígena de Massiambu Pequeno
5	Alternativa com o maior grau potencial de interferência no cotidiano da Comunidade Não-Indígena de Massiambu Pequeno



**Critério Comparativo do Grau de Interferência na Comunidade Não-Indígena de Enseada de Brito**

É entendido como sendo o comparativo do potencial de interferência no cotidiano da Comunidade Não-Indígena de Enseada de Brito durante a fase de obras.

<b>Valor</b>	<b>Atributos para a Alternativa Locacional</b>
1	Alternativa com o menor grau potencial de interferência no cotidiano da Comunidade Não-Indígena de Enseada de Brito
2	Alternativa com o segundo menor grau potencial de interferência no cotidiano Comunidade Não-Indígena de Enseada de Brito
3	Alternativa com o terceiro menor grau potencial de interferência no cotidiano Comunidade Não-Indígena de Enseada de Brito
4	Alternativa com o segundo maior grau potencial de interferência no cotidiano Comunidade Não-Indígena de Enseada de Brito
5	Alternativa com o maior grau potencial de interferência no cotidiano da Comunidade Não-Indígena de Enseada de Brito

**Critério Comparativo do Risco de Acidentes envolvendo a Comunidade Indígena do Morro dos cavalos**

É entendido como sendo o comparativo do grau de risco potencial da ocorrência de acidentes envolvendo a Comunidade Indígena do Morro dos Cavalos durante a fase de obras.

<b>Valor</b>	<b>Atributos para a Alternativa Locacional</b>
1	Alternativa com o menor grau de risco potencial da ocorrência de acidentes envolvendo a Comunidade Indígena do Morro dos Cavalos
2	Alternativa com o segundo menor grau potencial de interferência no cotidiano Comunidade Não-Indígena de Enseada de Brito
3	Alternativa com o terceiro menor grau de risco potencial da ocorrência de

	acidentes envolvendo a Comunidade Indígena do Morro dos Cavalos
4	Alternativa com o segundo maior grau de risco potencial da ocorrência de acidentes envolvendo a Comunidade Indígena do Morro dos Cavalos
5	Alternativa com o maior grau de risco potencial da ocorrência de acidentes envolvendo a Comunidade Indígena do Morro dos Cavalos

### **Critério Comparativo do Risco de Acidentes envolvendo a Comunidade Indígena de Massiambu**

É entendido como sendo o comparativo do grau de risco potencial da ocorrência de acidentes envolvendo a Comunidade Indígena de Massiambu durante a fase de obras.

<b>Valor</b>	<b>Atributos para a Alternativa Locacional</b>
1	Alternativa com o menor grau de risco potencial da ocorrência de acidentes envolvendo a Comunidade Indígena de Massiambu
2	Alternativa com o segundo menor grau de risco potencial da ocorrência de acidentes envolvendo a Comunidade Indígena de Massiambu
3	Alternativa com o terceiro menor grau de risco potencial da ocorrência de acidentes envolvendo a Comunidade Indígena de Massiambu
4	Alternativa com o segundo maior grau de risco potencial da ocorrência de acidentes envolvendo a Comunidade Indígena de Massiambu
5	Alternativa com o maior grau de risco potencial da ocorrência de acidentes envolvendo a Comunidade Indígena de Massiambu

### **Critério Comparativo do Risco de Acidentes envolvendo a Comunidade Não-Indígena de Massiambu Pequeno**

É entendido como sendo o comparativo do grau de risco potencial da ocorrência de acidentes envolvendo a Comunidade Não-Indígena de Massiambu Pequeno durante a fase de obras.

<b>Valor</b>	<b>Atributos para a Alternativa Locacional</b>
1	Alternativa com o menor grau de risco potencial da ocorrência de acidentes envolvendo a Comunidade Não-Indígena de Massiambu Pequeno
2	Alternativa com o segundo menor grau de risco potencial da ocorrência de acidentes envolvendo a Comunidade Não-Indígena de Massiambu Pequeno
3	Alternativa com o terceiro menor grau de risco potencial da ocorrência de acidentes envolvendo a Comunidade Não-Indígena de Massiambu Pequeno
4	Alternativa com o segundo maior grau de risco potencial da ocorrência de acidentes envolvendo a Comunidade Não-Indígena de Massiambu Pequeno
5	Alternativa com o maior grau de risco potencial da ocorrência de acidentes envolvendo a Comunidade Não-Indígena de Massiambu Pequeno

### **Critério Comparativo do Risco de Acidentes envolvendo Usuários da Rodovia**

É entendido como sendo o comparativo do grau de risco potencial da ocorrência de acidentes envolvendo usuários da rodovia durante a fase de obras.

<b>Valor</b>	<b>Atributos para a Alternativa Locacional</b>
1	Alternativa com o menor grau de risco potencial da ocorrência de acidentes envolvendo usuários da rodovia
2	Alternativa com o segundo menor grau de risco potencial da ocorrência de acidentes envolvendo usuários da rodovia

3	Alternativa com o terceiro menor grau de risco potencial da ocorrência de acidentes envolvendo usuários da rodovia
4	Alternativa com o segundo maior grau de risco potencial da ocorrência de acidentes envolvendo usuários da rodovia
5	Alternativa com o maior grau de risco potencial da ocorrência de acidentes envolvendo usuários da rodovia

### **Critério Comparativo do Grau de Interferências no Tráfego Local**

É entendido como sendo o comparativo do grau de interferência no tráfego local durante a fase de obras.

<b>Valor</b>	<b>Atributos para a Alternativa Locacional</b>
1	Alternativa com o menor grau de interferência no tráfego local durante a fase de obras
2	Alternativa com o segundo menor grau de interferência no tráfego local durante a fase de obras
3	Alternativa com o terceiro menor grau de interferência no tráfego local durante a fase de obras
4	Alternativa com o segundo maior grau de interferência no tráfego local durante a fase de obras
5	Alternativa com o maior grau de interferência no tráfego local durante a fase de obras

### **Critério Comparativo do Grau de Interferências na TI Morro dos Cavalos**

É entendido como sendo o comparativo do grau de interferência na TI do Morro dos Cavalos durante a fase de obras, considerando a concepção tanto normativa, quanto antropológica desta modalidade de área legalmente instituída.

Valor	Atributos para a Alternativa Locacional
1	Alternativa com o menor grau de interferência na TI do Morro dos Cavalos
2	Alternativa com o segundo menor grau de interferência na TI do Morro dos Cavalos
3	Alternativa com o terceiro menor grau de interferência na TI do Morro dos Cavalos
4	Alternativa com o segundo maior grau de interferência na TI do Morro dos Cavalos
5	Alternativa com o maior grau de interferência na TI do Morro dos Cavalos

### **Critério Comparativo do Grau de Interferências em Áreas Produtivas**

É entendido como sendo o comparativo do grau de interferência do empreendimento e de suas estruturas de apoio em áreas produtivas durante a fase de obras.

Valor	Atributos para a Alternativa Locacional
1	Alternativa com o menor grau de interferência do empreendimento e de suas estruturas de apoio em áreas produtivas
2	Alternativa com o segundo menor grau de interferência do empreendimento e de suas estruturas de apoio em áreas produtivas
3	Alternativa com o terceiro menor grau de interferência do empreendimento e de suas estruturas de apoio em áreas produtivas
4	Alternativa com o segundo maior grau de interferência do empreendimento e de suas estruturas de apoio em áreas produtivas
5	Alternativa com o maior grau de interferência do empreendimento e de suas estruturas de apoio em áreas produtivas

## FASE DE OPERAÇÃO

### **Critério Comparativo do Grau de Interferência na Comunidade Indígena do Morro dos Cavalos**

É entendido como sendo o comparativo do potencial de interferência no cotidiano da Comunidade Indígena do Morro dos Cavalos durante a fase de operação do empreendimento.

Valor	Atributos para a Alternativa Locacional
1	Alternativa com o menor grau potencial de interferência no cotidiano da Comunidade Indígena do Morro dos Cavalos
2	Alternativa com o segundo menor grau potencial de interferência no cotidiano da Comunidade Indígena do Morro dos Cavalos
3	Alternativa com o terceiro menor grau potencial de interferência no cotidiano da Comunidade Indígena do Morro dos Cavalos
4	Alternativa com o segundo maior grau potencial de interferência no cotidiano da Comunidade Indígena do Morro dos Cavalos
5	Alternativa com o maior grau potencial de interferência no cotidiano da Comunidade Indígena do Morro dos Cavalos

### **Critério Comparativo do Grau de Interferência na Comunidade Indígena de Massiambu**

É entendido como sendo o comparativo do potencial de interferência no cotidiano da Comunidade Indígena de Massiambu durante a fase de operação do empreendimento.

Valor	Atributos para a Alternativa Locacional
1	Alternativa com o menor grau potencial de interferência no cotidiano da Comunidade Indígena de Massiambu

2	Alternativa com o segundo menor grau potencial de interferência no cotidiano da Comunidade Indígena de Massiambu
3	Alternativa com o terceiro menor grau potencial de interferência no cotidiano da Comunidade Indígena de Massiambu
4	Alternativa com o segundo maior grau potencial de interferência no cotidiano da Comunidade Indígena de Massiambu
5	Alternativa com o maior grau potencial de interferência no cotidiano da Comunidade Indígena de Massiambu

**Critério Comparativo do Grau de Interferência na Comunidade Não-Indígena de Massiambu Pequeno**

É entendido como sendo o comparativo do potencial de interferência no cotidiano da Comunidade Não-Indígena de Massiambu Pequeno durante a fase de operação do empreendimento.

<b>Valor</b>	<b>Atributos para a Alternativa Locacional</b>
1	Alternativa com o menor grau potencial de interferência no cotidiano da Comunidade Não-Indígena de Massiambu Pequeno
2	Alternativa com o segundo menor grau potencial de interferência no cotidiano Comunidade Não-Indígena de Massiambu Pequeno
3	Alternativa com o terceiro menor grau potencial de interferência no cotidiano Comunidade Não-Indígena de Massiambu Pequeno
4	Alternativa com o segundo maior grau potencial de interferência no cotidiano Comunidade Não-Indígena de Massiambu Pequeno
5	Alternativa com o maior grau potencial de interferência no cotidiano da Comunidade Não-Indígena de Massiambu Pequeno



**Critério Comparativo do Grau de Interferência na Comunidade Não-Indígena de Enseada de Brito**

É entendido como sendo o comparativo do potencial de interferência no cotidiano da Comunidade Não-Indígena de Enseada de Brito durante a fase de operação do empreendimento.

<b>Valor</b>	<b>Atributos para a Alternativa Locacional</b>
1	Alternativa com o menor grau potencial de interferência no cotidiano da Comunidade Não-Indígena de Enseada de Brito
2	Alternativa com o segundo menor grau potencial de interferência no cotidiano Comunidade Não-Indígena de Enseada de Brito
3	Alternativa com o terceiro menor grau potencial de interferência no cotidiano Comunidade Não-Indígena de Enseada de Brito
4	Alternativa com o segundo maior grau potencial de interferência no cotidiano Comunidade Não-Indígena de Enseada de Brito
5	Alternativa com o maior grau potencial de interferência no cotidiano da Comunidade Não-Indígena de Enseada de Brito

**Critério Comparativo do Risco de Acidentes envolvendo a Comunidade Indígena do Morro dos cavalos**

É entendido como sendo o comparativo do grau de risco potencial da ocorrência de acidentes envolvendo a Comunidade Indígena do Morro dos Cavalos durante a fase de operação do empreendimento.

<b>Valor</b>	<b>Atributos para a Alternativa Locacional</b>
1	Alternativa com o menor grau de risco potencial da ocorrência de acidentes envolvendo a Comunidade Indígena do Morro dos Cavalos
2	Alternativa com o segundo menor grau potencial de interferência no cotidiano Comunidade Não-Indígena de Enseada de Brito

3	Alternativa com o terceiro menor grau de risco potencial da ocorrência de acidentes envolvendo a Comunidade Indígena do Morro dos Cavalos
4	Alternativa com o segundo maior grau de risco potencial da ocorrência de acidentes envolvendo a Comunidade Indígena do Morro dos Cavalos
5	Alternativa com o maior grau de risco potencial da ocorrência de acidentes envolvendo a Comunidade Indígena do Morro dos Cavalos

### **Critério Comparativo do Risco de Acidentes envolvendo a Comunidade Indígena de Massiambu**

É entendido como sendo o comparativo do grau de risco potencial da ocorrência de acidentes envolvendo a Comunidade Indígena de Massiambu durante a fase de operação do empreendimento.

<b>Valor</b>	<b>Atributos para a Alternativa Locacional</b>
1	Alternativa com o menor grau de risco potencial da ocorrência de acidentes envolvendo a Comunidade Indígena de Massiambu
2	Alternativa com o segundo menor grau de risco potencial da ocorrência de acidentes envolvendo a Comunidade Indígena de Massiambu
3	Alternativa com o terceiro menor grau de risco potencial da ocorrência de acidentes envolvendo a Comunidade Indígena de Massiambu
4	Alternativa com o segundo maior grau de risco potencial da ocorrência de acidentes envolvendo a Comunidade Indígena de Massiambu
5	Alternativa com o maior grau de risco potencial da ocorrência de acidentes envolvendo a Comunidade Indígena de Massiambu

### **Critério Comparativo do Risco de Acidentes envolvendo a Comunidade Não-Indígena de Massiambu Pequeno**

É entendido como sendo o comparativo do grau de risco potencial da ocorrência de acidentes envolvendo a Comunidade Não-Indígena de Massiambu Pequeno durante a fase de operação do empreendimento.

<b>Valor</b>	<b>Atributos para a Alternativa Locacional</b>
1	Alternativa com o menor grau de risco potencial da ocorrência de acidentes envolvendo a Comunidade Não-Indígena de Massiambu Pequeno
2	Alternativa com o segundo menor grau de risco potencial da ocorrência de acidentes envolvendo a Comunidade Não-Indígena de Massiambu Pequeno
3	Alternativa com o terceiro menor grau de risco potencial da ocorrência de acidentes envolvendo a Comunidade Não-Indígena de Massiambu Pequeno
4	Alternativa com o segundo maior grau de risco potencial da ocorrência de acidentes envolvendo a Comunidade Não-Indígena de Massiambu Pequeno
5	Alternativa com o maior grau de risco potencial da ocorrência de acidentes envolvendo a Comunidade Não-Indígena de Massiambu Pequeno

**Critério Comparativo do Risco de Acidentes envolvendo Usuários da Rodovia**

É entendido como sendo o comparativo do grau de risco potencial da ocorrência de acidentes envolvendo usuários da rodovia durante a fase de operação do empreendimento.

<b>Valor</b>	<b>Atributos para a Alternativa Locacional</b>
1	Alternativa com o menor grau de risco potencial da ocorrência de acidentes envolvendo usuários da rodovia
2	Alternativa com o segundo menor grau de risco potencial da ocorrência de acidentes envolvendo usuários da rodovia

3	Alternativa com o terceiro menor grau de risco potencial da ocorrência de acidentes envolvendo usuários da rodovia
4	Alternativa com o segundo maior grau de risco potencial da ocorrência de acidentes envolvendo usuários da rodovia
5	Alternativa com o maior grau de risco potencial da ocorrência de acidentes envolvendo usuários da rodovia

### **Critério Comparativo do Grau de Segmentação do Território tradicional Indígena**

É entendido como sendo o comparativo do grau de segmentação do território tradicional Guarani representado pela TI do Morro dos Cavalos durante a fase de operação do empreendimento.

<b>Valor</b>	<b>Atributos para a Alternativa Locacional</b>
1	Alternativa com o menor grau de segmentação do território tradicional Guarani representado pela TI do Morro dos Cavalos durante a fase de operação do empreendimento
2	Alternativa com o segundo menor grau de segmentação do território tradicional Guarani representado pela TI do Morro dos Cavalos durante a fase de operação do empreendimento
3	Alternativa com o terceiro menor grau de segmentação do território tradicional Guarani representado pela TI do Morro dos Cavalos durante a fase de operação do empreendimento
4	Alternativa com o segundo maior grau de segmentação do território tradicional Guarani representado pela TI do Morro dos Cavalos durante a fase de operação do empreendimento
5	Alternativa com o maior grau de segmentação do território tradicional Guarani representado pela TI do Morro dos Cavalos durante a fase de operação do empreendimento

### **Critério Comparativo do Grau de Interferências em Áreas Produtivas**

É entendido como sendo o comparativo do grau de interferência do empreendimento em áreas produtivas durante a operação do empreendimento.

<b>Valor</b>	<b>Atributos para a Alternativa Locacional</b>
1	Alternativa com o menor grau de interferência do empreendimento em áreas produtivas
2	Alternativa com o segundo menor grau de interferência do empreendimento em áreas produtivas
3	Alternativa com o terceiro menor grau de interferência do empreendimento em áreas produtivas
4	Alternativa com o segundo maior grau de interferência do empreendimento em áreas produtivas
5	Alternativa com o maior grau de interferência do empreendimento em áreas produtivas

#### ***3.1.3. Planilha Comparativa das Interferências Ambientais Vinculadas a cada Alternativa e justificativas para escolha da Alternativa selecionada***

A partir da aplicação dos critérios anteriormente estabelecidos para cada uma das alternativas consideradas, foi elaborada uma planilha comparativa das interferências ambientais vinculadas cada uma delas, apresentada na sequência (Figura 12).

FIG. 12 - PLANILHA COMPARATIVA DAS INTERFERÊNCIAS AMBIENTAIS  
VINCULADAS A CADA ALTERNATIVA LOCACIONAL AVALIADA

Os resultados da avaliação comparativa apontaram para a seguinte classificação entre as alternativas, em função da magnitude total dos impactos potenciais, considerando-se da alternativa com menor potencial de impacto (1ª colocada) para a alternativa de maior potencial de impacto (5ª colocada):

<b>Classificação</b>	<b>Alternativa</b>	<b>Pontuação</b>
<b>1ª</b>	<b>B-IV</b>	<b>73</b>
2ª	B-I	130
3ª	B-III	161
4ª	A	171
5ª	B-II	188

Tendo em vista o resultado obtido na planilha comparativa das interferências ambientais vinculadas, a Alternativa B-IV, que prevê a duplicação por meio túneis duplos paralelos e desativação das pistas atuais para o tráfego da BR 101, foi a alternativa que demonstrou o menor potencial de impacto ambiental agregado (meios físico, biótico e socioeconômico).

Tendo em vista sua superioridade do ponto de vista socioambiental, bem como suas vantagens do ponto de vista técnico e operacional, destacadas originalmente nos estudos de traçado, esta foi a alternativa escolhida para a realização da duplicação no segmento correspondente à transposição do Morro dos Cavalos.

Dentre as vantagens que justificam a escolha da Alternativa B-IV, destaca-se:

- Elimina a necessidade da execução de cortes e aterros nas áreas de elevada instabilidade geotécnica, existentes ao longo da rodovia em operação;
- Elimina a interferência direta com a Aldeia Indígena do Morro dos cavalos;



- Reduz o risco de acidentes envolvendo moradores da Aldeia Indígena do Morro dos Cavalos;
- Elimina o efeito de fragmentação da TI do Morro dos cavalos resultante da operação da via atual, que intercepta integralmente, de norte a sul, esta TI;
- Elimina a exposição negativa da Comunidade Indígena situada na Aldeia do Morro dos Cavalos a níveis elevados de ruídos e gases poluentes;
- Contribui para a consolidação territorial da TI Morro dos Cavalos;
- Propiciará, no futuro, a restauração da interligação do Morro dos cavalos com as áreas mais preservadas da TI situadas na vertente oeste da mesma e com o Parque Estadual da Serra do Tabuleiro, sob o ponto de vista biológico, auxiliando na recuperação ambiental da área;
- Minimiza novas intervenções na APP do rio Massiambu;
- Amplia a segurança operacional, reduzindo os riscos de acidentes neste segmento rodoviário, considerando que os túneis possibilitarão a transposição do mesmo mediante um traçado que apresenta geometria mais adequada e segura, com decaimento suave no sentido de norte para sul;
- Alternativa com menor grau de intrusão paisagística, devido à existência de viadutos duplos para transposição do talvegue no emboque norte e dos túneis falsos no emboque sul, que serão inteiramente revegetados, integrando-se à paisagem.

### **3.2. Alternativas Tecnológicas**

Para a duplicação da rodovia BR 101 Sul no segmento correspondente à transposição do Morro dos Cavalos foram consideradas duas alternativas tecnológicas, como já explicitado anteriormente:

- Transposição em superfície, a partir da duplicação da pista existente; e
- Transposição em subsuperfície, a partir da construção de túnel com a desativação da pista atual.

A seguir serão apresentadas as alternativas tecnológicas para a execução do empreendimento – sem túnel ou com túnel – demonstrando as vantagens e desvantagens, bem como os impactos ambientais relacionados a cada tipo de alternativa construtiva.

Tendo em vista toda a polêmica em torno da discussão sobre a duplicação da BR 101 no segmento correspondente à transposição do Morro dos Cavalos, especialmente no que diz respeito à execução da duplicação na pista existente – sem túnel – ou a partir da escavação de túneis paralelos – com túnel – julgamos pertinente incluir nesta seção algumas considerações de ordem institucional acerca da melhor alternativa a ser adotada.

### ***3.2.1. Alternativa sem túnel: transposição em superfície a partir da duplicação em paralelo à pista existente***

Como já apresentado no item relativo à discussão das alternativas locacionais, essa alternativa prevê a duplicação da rodovia em paralelo à plataforma existente, com previsão de construção de viadutos para superar os problemas geotécnicos e ambientais, envolvendo, basicamente, três subsegmentos:

- km 232,00 ao km 233,10 – duplicação pelo lado esquerdo da plataforma existente, para evitar a execução de corte em rocha no lado direito, no intervalo entre o km 232,4 e o km 232,8;
- km 233,10 ao km 234,55 – duplicação pelo lado direito da plataforma existente, uma vez que a execução do alargamento pelo lado esquerdo, neste segmento, é praticamente inviável devido à instabilidade do talude de corte, e, especialmente devido à existência da Aldeia Indígena;

- km 234,55 ao km 235,37 – duplicação mediante alargamento da plataforma existente pelo lado esquerdo, por meio de corte e aterro, até atingir a travessia do Rio Massiambu, com aproveitamento integral da pista existente.

Na nova pista a ser construída, nesta alternativa, deveriam ser mantidas virtualmente as mesmas características planialtimétricas da pista existente, tão-somente com ampliação do raio da curva do km 233,74, para melhoria do traçado. Para a implantação da nova pista seria necessária a construção de dois viadutos (Obra de Arte Especial), a saber:

- OAE do km 232,32 ao km 232,60 m, com 280,0 m de extensão, para ultrapassar uma meia encosta íngreme, onde já existe um segmento de cortina atirantada;
- OAE do km 233,28 ao km 234,52, com 1.240,0 m de extensão, tendo em vista a acentuada declividade transversal do terreno natural nesse intervalo e a presença de um grande volume de bota-fora na encosta, que obrigaria, preliminarmente, a remoção desse material e, posteriormente, a execução de seções mistas com saias de aterros muito altas e extensas, demandando a construção de obras de contenção de taludes em áreas de inundação do Rio Massiambu.

Do ponto de vista construtivo a duplicação em superfície, neste caso específico, é uma tecnologia que envolverá a realização de cortes, a implantação de aterros e a construção de viadutos, conforme apresentado.

Vale destacar que apesar de tais técnicas construtivas serem amplamente disseminadas e utilizadas na engenharia rodoviária, no caso da transposição do Morro dos Cavalos, no segmento em apreço, sua execução torna-se extremamente difícil dado às características de elevada instabilidade dos terrenos, claramente demonstrada pela ocorrência recorrente de deslizamentos de terra e queda de barreiras nesta região.

#### a) Vantagens e Desvantagens

A realização da duplicação em paralelo apresenta, praticamente como sua única vantagem, o aproveitamento integral da pista existente, que representa um importante ativo de propriedade da União.

Em contrapartida, como desvantagens de ordem técnica, podem ser elencados os seguintes problemas construtivos mais importantes:

- Forte interferência com o tráfego durante as obras: tendo em vista que o traçado se desenvolve em região montanhosa, torna-se praticamente impossível a construção de desvios, fazendo com que os equipamentos de obra sejam deslocados pela pista em tráfego;
- Dificuldades construtivas para a obra de viaduto em curva, com rampa de até 5,9%, numa extensão de 1.240,0 m, com altura de até 20,0 m;
- Construção de obra em meia encosta, com a ocorrência de camadas superficiais instáveis, com riscos permanentes de deslizamentos. Destaca-se que tais deslizamentos poderiam acarretar a obstrução das pistas atualmente em operação, tal como ocorreu com o deslizamento havido no ano de 2008, no km 232;
- Necessidade de executar cortes em rocha, com cerca de 40m de altura e posterior estabilização do maciço;
- Ocorrência de espesso manto de tálus no talude do lado esquerdo da rodovia, na altura do km 235;
- Necessidade de construção de aterro e implantação de fundações para os viadutos na planície de inundação do rio Massiambu, com a possibilidade da ocorrência de solos de baixa resistência.

Do ponto de vista econômico e financeiro esta seria a alternativa menos recomendada por envolver o custo total mais elevado (custos de implantação +

custos de manutenção + custos operacionais). Segundo os cálculos realizados em 1998 e atualizados para o ano de 2005, o custo total da alternativa sem túnel seria de R\$ 855.330.717,67 (Oitocentos e cinquenta e cinco milhões, trezentos e trinta mil, setecentos e dezessete Reais e sessenta e sete Centavos).

#### b) Impactos Ambientais Associados

A realização da duplicação em paralelo à pista existente ensejará, além das dificuldades técnicas e construtivas, um conjunto de impactos ambientais significativos, tanto na fase de obras, quanto na fase de operação. Os impactos ambientais da duplicação sem túnel já foram avaliados de forma detalhada na planilha comparativa das interferências ambientais, apresentada no item 3.1, Alternativas Locacionais, onde foi representada pela Alternativa A de projeto/traçado.

A seguir serão destacados alguns dos principais impactos potenciais associados à tecnologia de duplicação em superfície, sendo que para maiores detalhes a seção 3.1 deverá ser consultada.

#### **Na Fase de Obras:**

- Desmatamento ao longo de uma faixa de 3.000,0 m de extensão;
- Realização de cortes e aterros em áreas instáveis, com elevado risco de deslizamentos;
- Elevado potencial de instalação de processos erosivos com o conseqüente carreamento de sedimentos para os cursos d'água, ao longo de toda a extensão do trecho;

- Grande volume de movimentação de massa, demandando jazidas para o fornecimento de materiais e áreas de bota-fora para receber o expurgo;
- Necessidade de instalar aterro e as estruturas dos viadutos na planície de inundação e APP do rio Massiambu, com a conseqüente movimentação de maquinário pesado nestas áreas;
- Aumento dos níveis de ruídos ao longo de toda a extensão do trecho, ampliando a fragmentação dos ecossistemas na fase de obras;
- Aumento dos riscos de atropelamento da fauna;
- Interferência direta na Comunidade Indígena do Morro dos cavalos;
- Interferência direta na escola indígena Itaty, podendo inviabilizar as aulas devido à elevação dos níveis de ruídos, gases e poeiras;
- Aumento dos riscos de acidentes envolvendo a Comunidade Indígena;
- Incremento do movimento no comércio ilegal situado na frente da Aldeia do Morro dos cavalos na fase de obras;
- Riscos de aumento da ocupação irregular das áreas da TI situadas às margens da rodovia;
- Aumento dos riscos de acidentes envolvendo os usuários da rodovia devido às interferências no tráfego;
- Interrupção do acesso do transporte coletivo e ônibus escolar à Comunidade Não Indígena de Massiambu Pequeno e à Comunidade Indígena da Aldeia Massiambu; e
- Aumento dos riscos de acidentes na BR 101 envolvendo a Comunidade Não Indígena de Massiambu Pequeno e a Comunidade Indígena da Aldeia Massiambu.

### **Fase de Operação:**

- Elevados riscos operacionais devido à geometria inadequada do trecho, especialmente o trecho em viadutos, e da magnitude das rampas;
- Riscos permanentes de ocorrência de deslizamentos e movimentos de massa;
- Riscos de contaminação das áreas inundáveis e APP do rio Massiambu no caso de acidentes envolvendo cargas perigosas tendo em vista que parte expressiva do trecho será realizada por meio de viadutos de geometria inadequada, sobre tais áreas;
- Aumento da fragmentação dos ecossistemas, entre o Morro dos cavalos e o restante da TI e Parque Estadual, reduzindo as possibilidades de recuperação ambiental do Morro dos Cavalos;
- Aumento dos riscos de atropelamentos da fauna;
- Aumento do efeito de barreira acústica representado pela rodovia em operação;
- Interferência direta da rodovia em operação com a Aldeia Indígena do Morro dos Cavalos;
- Aumento dos riscos de acidentes envolvendo a Comunidade Indígena do Morro dos Cavalos;
- Aumento dos níveis de ruídos e gases poluentes hoje já verificados na Aldeia indígena e escola;
- Interferência direta no acesso utilizado pela Comunidade Não Indígena de Massiambu Pequeno e a Comunidade Indígena da Aldeia Massiambu;
- Aumento da fragmentação da TI;
- Prejuízos ao modo de vida tradicional Guarani na TI Morro dos Cavalos devido à presença da rodovia em operação que amplia a vulnerabilidade a invasões;



- Incentivo à permanência e aumento da ocupação irregular no interior da TI ao longo das margens da rodovia; e
- Prejuízos no acesso da Comunidade de Enseada de Brito às porções situadas mais ao sul da Enseada.

### **3.2.2. Alternativa com túnel: transposição em subsuperfície por meio da escavação de túneis nas áreas de relevo montanhoso**

Como já apresentado no item relativo à discussão das alternativas locacionais, para a alternativa por meio da escavação de túneis foram avaliadas quatro alternativas de traçado. No presente item será avaliada, como a alternativa tecnológica – com túnel – para fins de discussão, a realização da transposição do Morro dos cavalos por meio de túneis duplos paralelos com a desativação das pistas hoje em operação.

A abertura de túneis em maciços rochosos envolve prioritariamente a utilização de explosivos para detonação das rochas e fragmentação controlada do maciço, permitindo o avanço da obra.

A obra de perfuração dos túneis é localizada e concentrada nos locais dos futuros emboques, o que reduz as interferências com moradores, no caso a Comunidade Indígena, e usuários da rodovia.

A escavação e avanço dos túneis se fará por meio de seção em calota-rebaixo. Nas zonas de ocorrência de terrenos instáveis, tal como no início das escavações onde será necessário atravessar a camada métrica de colúvio, tal avanço se fará por meio do uso de cambotas.

A escavação da seção em calota-rebaixo é dividida nas fases de escavação da calota, escavação do rebaixo, escoramento e revestimento.

Somente uma faixa de solo ao redor do perímetro da calota deverá ser escavada com rompedor pneumático ou com retroescavadeira, sendo deixado

um núcleo de solo no meio da seção, com comprimento longitudinal equivalente a 3 ou 4 cambotas.

A calota deverá ser escorada durante o avanço com cambotas metálicas calçadas contra o maciço terroso com concreto projetado. Ao longo dos pés das cambotas será concretada uma viga armada longitudinalmente para sustentação do conjunto das cambotas durante o rebaixo.

O rebaixo será escavado em uma única operação até o greide definitivo, com o mesmo equipamento da escavação da calota e na medida em que as paredes ficarem livres da operação de retirada do solo, serão escoradas com os pés direitos das cambotas metálicas e revestidas com concreto projetado, sendo ao final as paredes do trecho inteiramente revestidas com concreto estrutural.

Quanto á escavação em rocha, deverá ser parcializada em calota e rebaixo, sendo executada inicialmente a calota com toda a extensão do túnel. Durante a escavação, o alinhamento do túnel deverá ser mantido com raio laser instalado no fecho da abóbada.

De fundamental importância para o bom andamento das obras, será permanente o monitoramento por instrumentação dos taludes acima dos emboques para detecção de eventuais movimentos do maciço.

Em todo o trecho em que as características geológicas da rocha forem particularmente desfavoráveis, como em área de falha, o escoramento deverá ser executado com cambotas metálicas ou treliçadas, ou, na rocha, com malha de tirantes ou metálica.

Após o atirantamento será aplicada uma camada de concreto projetado lançado preferivelmente por via úmida, de espessura variável conforme necessidade, eventualmente armada com fibras de aço ou PVC e aplicada em demãos sucessivas.

Em princípio deverá avanços sucessivos, a partir dos dois emboques, norte e sul, a fim de otimizar o cronograma de implantação do empreendimento.

Após a conclusão da escavação propriamente dita serão construídas a plataforma das vias, em placas de concreto, e instalados os equipamentos de apoio diversos, tais como iluminação, ventilação, sinalização, etc.

A abertura dos túneis resultará em grande volume de material escavado, principalmente rocha. Tendo em vista que todas as estruturas serão confeccionadas em concreto armado, parte expressiva da rocha resultante da escavação será reaproveitada na própria obra. O material que não for aproveitado na obra será destinado a área de bota-fora, devidamente licenciado.

Ao longo da BR 101 Sul no trecho entre Florianópolis/SC e Osório/RS já existem dois túneis em execução, um para a transposição do Morro Agudo, no Município de Paulo Lopes/SC e outro para a transposição do Morro Alto, no Município de Osório/RS.

No primeiro caso, transposição do Morro Agudo, a tecnologia de utilização de túneis foi escolhida pelo mesmo motivo técnico pelo qual sua aplicação foi aventada no caso do Morro dos Cavalos, qual seja, elevada instabilidade dos terrenos, com a expectativa de grandes dificuldades construtivas e operacionais no segmento.

No caso da transposição do Morro Alto, a tecnologia de subsuperfície foi adotada tendo em vista reduzir a distância a ser percorrida no segmento a ser duplicado, considerando que o traçado atual da rodovia faz uma grande alça contornando o Morro Alto em sua vertente leste.

Como pode ser demonstrado são diversas as razões que podem levar à opção pela tecnologia de túneis, o que deverá sempre ser analisado caso a caso, sob os pontos de vista técnico, econômico e ambiental.

#### a) Vantagens e Desvantagens

A utilização da tecnologia de túneis para a transposição do Morro dos Cavalos traz grandes vantagens em relação à possibilidade de duplicação em superfície.

Do ponto de vista técnico e construtivo a alternativa tecnológica da utilização de túneis para a transposição do segmento em questão traz, como grande vantagem estratégica, a minimização das interferências em áreas instáveis do ponto de vista geológico e geotécnico.

Outra grande vantagem é a minimização dos impactos, tanto na fase de obras, quanto de operação, por se tratar de intervenção pontual (emboques e vias de acesso) que permite a manutenção e recuperação da paisagem natural.

No que diz respeito aos impactos socioambientais merece destaque, neste caso, o fato de que a área é formalmente reconhecida como Terra Indígena, tendo sido declarada em 2008 e encontrando-se hoje em fase de demarcação. Neste cenário a utilização de tecnologia de subsuperfície – no caso dois túneis paralelos – reduzirá os impactos sobre a Comunidade Indígena, tanto na fase de obras, quanto de operação, contribuindo para a consolidação do território Guarani e proteção de sua população.

Do ponto de vista operacional o grande ganho advindo do uso desta tecnologia é a possibilidade de melhoria significativa na geometria do trecho, eliminando curvas e rampas que contribuem para o elevado índice de acidentes no segmento.

Do ponto de vista econômico e financeiro esta alternativa tecnológica também se mostra mais atrativa por envolver custo total mais baixo (custos de implantação + custos de manutenção + custos operacionais). Segundo os cálculos realizados em 1998 e atualizados para o ano de 2005, o custo total da alternativa com túneis duplos paralelos seria de R\$ 647.546.196,16 (Seiscentos e Quarenta e Sete Milhões, Quinhentos e Quarenta e Seis Mil, Cento e Noventa e Seis Reais e Dezesseis Centavos).

A maior desvantagem do uso da tecnologia de escavação de túneis é a possibilidade de ocorrer impacto das detonações sobre os moradores locais,

por meio da produção de vibrações no solo. Hoje em dia, com o nível de conhecimento acumulado a respeito do uso de explosivos na detonação de maciços rochosos tais riscos podem ser praticamente eliminados, a partir da adoção de limites estabelecidos no corpo normativo nacional e internacional, associada ao monitoramento permanente durante todo o período de realização das detonações e a partir da adoção de regras operacionais específicas.

#### b) Impactos Ambientais Associados

A escavação de túneis, assim como diversas outras intervenções da engenharia ensejará um conjunto de impactos ambientais significativos, tanto na fase de obras, quanto na fase de operação. Os impactos ambientais da duplicação por meio de dois túneis duplos paralelo já foram avaliados de forma detalhada na planilha comparativa das interferências ambientais, apresentada no item 3.1, Alternativas Locacionais, onde foi representada pela Alternativa B-IV de projeto/traçado.

A seguir serão destacados alguns dos principais impactos potenciais associados à tecnologia de transposição em subsuperfície por meio de túneis, sendo que para maiores detalhes a seção 3.1 deverá ser consultada.

#### **Na Fase de Obras:**

- Desmatamento restrito às Áreas Diretamente Afetadas dos emboques norte e sul, bastante inferiores à totalidade da extensão do segmento;
- Obra concentrada nos emboques norte e sul reduzindo as áreas de intervenção ao longo do Morro dos Cavalos;
- A realização de cortes e aterros em áreas instáveis, com elevado risco de deslizamentos, estará restrita às áreas para construção dos emboques;

- Elevado potencial de instalação de processos erosivos com o conseqüente carreamento de sedimentos para os cursos d'água, concentrado nas frentes de obra dos emboques norte e sul;
- Grande volume de material excedente resultante da escavação, demandando áreas de bota-fora;
- Geração de vibrações associadas às detonações;
- Produção de ruídos decorrentes das detonações, tendo como fonte os emboques norte e sul;
- Aumento dos riscos de atropelamento da fauna devido à movimentação de máquinas nas frentes de obra dos emboques norte e sul;
- Interferência indireta na Comunidade Indígena do Morro dos cavalos, associada à presença de pessoas estranhas na TI, mas não decorrente das frentes de obra;
- Incremento do movimento no comércio ilegal situado na frente da Aldeia do Morro dos cavalos na fase de obras;
- Aumento dos riscos de acidentes envolvendo os usuários da rodovia devido às interferências no tráfego na fase de obras devido à movimentação de veículos pesados no trecho no trajeto entre canteiro-de-obras, frentes de obras e bota-fora.

#### **Fase de Operação:**

- Redução dos riscos operacionais devido à geometria suave do segmento;
- Redução dos riscos vinculados à ocorrência de deslizamentos e movimentos de massa;
- Redução dos riscos de contaminação das áreas inundáveis e APP do rio Massiambu no caso de acidentes envolvendo cargas perigosas;

- Redução da fragmentação dos ecossistemas, entre o Morro dos cavalos e o restante da TI e Parque Estadual, aumentando as possibilidades de recuperação ambiental do Morro dos Cavalos e criação de um corredor ecológico entre tais áreas;
- Eliminação dos riscos de atropelamentos da fauna;
- Eliminação dos ruídos na Aldeia Indígena do Morro dos cavalos;
- Eliminação da interferência direta hoje existente da rodovia em operação com a Aldeia Indígena do Morro dos Cavalos;
- Redução dos riscos de acidentes envolvendo a Comunidade Indígena do Morro dos Cavalos;
- Aumento da segurança no acesso utilizado pela Comunidade Não Indígena de Massiambu Pequeno e a Comunidade Indígena da Aldeia Massiambu;
- Redução drástica da fragmentação da TI;
- Aumento da segurança na TI Morro dos Cavalos; e
- Eliminação do incentivo à permanência do comércio irregular em frente à Aldeia, haja vista que o mesmo sobrevive do movimento da rodovia, que será deslocado para o interior dos túneis.

### **3.2.3. Aspectos Institucionais acerca das Alternativas consideradas**

Tendo em vista toda a polêmica em torno da escolha da melhor alternativa para a transposição do Morro dos Cavalos, julgou-se pertinente destacar manifestações de atores institucionais envolvidos, de modo a deixar claro para a Sociedade Brasileira que a alternativa de projeto hoje submetida a licenciamento prévio, com a elaboração do presente EIA/RIMA, apresenta elevado nível de viabilidade, sob os pontos de vista técnico, econômico e socioambiental, o que é corroborado institucionalmente.



Para tanto serão apresentadas informações constantes do Acórdão N<sup>o</sup> 533/2005 – TCU – PLENÁRIO, disponível no site [www.tcu.gov.br](http://www.tcu.gov.br), e seu respectivo Relatório.

Tendo em vista dirimir dúvidas sobre a alternativa mais viável para a transposição do Morro dos Cavalos, de modo a orientar o DNIT na condução dos estudos que resultariam no Projeto Executivo do empreendimento a ser futuramente executado, o TCU promoveu diligências junto aos principais atores institucionais envolvidos nas discussões, quais sejam o próprio DNIT, a FUNAI, o IBAMA, a FATMA (órgão ambiental do Estado de Santa Catarina), Ministério Público Federal, Ministério Público Federal no Estado de Santa Catarina e 6<sup>a</sup> CCR/PGR e AGU.

Do ponto de vista do processo de licenciamento ambiental junto ao IBAMA, especificamente no que diz respeito à Licença Prévia, que é o instrumento legal por meio do qual o poder público atesta a viabilidade ambiental de um empreendimento, no ano de 2001 o DNIT obteve duas Licenças Prévias.

Em 26/04/2001 o IBAMA expediu a LP N<sup>o</sup> 093/2001, uma para o Projeto de Modernização e Ampliação da Capacidade da Rodovia BR 101 Sul, no trecho entre Florianópolis/SC e Osório/RS, excluindo três segmentos rodoviários. Dentre os segmentos excluídos da LP N<sup>o</sup> 093/2001 estava o Lote 02/SC, que inclui a transposição do Morro dos Cavalos.

Em 28/08/2001 o IBAMA expediu a LP N<sup>o</sup> 103/2001, específica para o Lote 02/SC, incluindo a transposição do Morro dos Cavalos, autorizando a duplicação em pista paralela à existente dentro da faixa de domínio.

No Relatório integrante do processo TC 003.528/2005-08 o Relator destaca trecho do Ofício 212/2003-DILIC/IBAMA, datado de 23/03/2003, onde é informado que *“Técnica, ambiental e economicamente sabe-se que a alternativa de túnel seria a mais viável, porém para não haver atrasos e óbices na liberação dos recursos internacionais, para execução de tal projeto, o Dnit (antigo DNER) protocolou pedido de licenciamento ambiental da alternativa de duplicação em paralelo, constituída de vias paralelas e viadutos...”*.

Ou seja, em favor da alternativa de transposição por meio de túneis duplos paralelos não se pode desconsiderar o fato de que, mesmo tendo existido a LP Nº 103/2001, autorizando a execução de duplicação em pista paralela à existente dentro da faixa de domínio, o próprio IBAMA manifesta não ser esta a alternativa mais viável do ponto de vista ambiental.

Na diligência promovida pela Secex/SC, no ano de 2005, foram formulados, formal e objetivamente ao IBAMA, os seguintes questionamentos relativos às obras de duplicação da BR 101 entre Palhoça/SC e Osório/RS, relativos ao trecho da travessia do Morro dos cavalos:

“6.1) informe a este Tribunal, de forma fundamentada, qual das duas soluções, viadutos paralelos ou túnel, é mais prejudicial ao meio ambiente durante a fase de execução das obras;

6.2) informe a este Tribunal, de forma fundamentada, qual das duas soluções, viadutos paralelos ou túnel, é mais prejudicial ao meio ambiente após o término da fase de execução das obras;

6.3) informe a este Tribunal, de forma fundamentada, qual das duas soluções, viadutos paralelos ou túnel, é mais prejudicial aos moradores da região durante a fase de execução das obras;

6.4) informe a este Tribunal, de forma fundamentada, qual das duas soluções, viadutos paralelos ou túnel, é mais prejudicial aos moradores da região após o término da fase de execução das obras;

6.5) informe a este Tribunal, de forma fundamentada, qual das duas soluções, viadutos paralelos ou túnel, é mais prejudicial aos índios moradores do Morro dos Cavalos durante a fase de execução das obras;

6.6) informe a este Tribunal, de forma fundamentada, qual das duas soluções, viadutos paralelos ou túnel, é mais prejudicial aos índios moradores do Morro dos Cavalos após o término da fase de execução das obras;”.

No item II.8, fl 20, de seu Relatório o Relator apresenta a manifestação do IBAMA frente às questões formuladas. Segundo o Relator a manifestação

daquele Instituto se fez por meio do Ofício 98/2005-GP/Ibama, de sua Presidência.

Segundo consta no Relatório foi o seguinte o posicionamento formal do IBAMA em relação a cada uma das perguntas formuladas:

- Solução mais prejudicial ao meio ambiente durante a execução das obras: “Responde que a alternativa mais prejudicial ao meio ambiente é a de duplicação em viadutos paralelos, em virtude de estar localizado em uma encosta de tálus, entre taludes altos e instáveis, à esquerda, e extensa várzea do rio Massiambu, a direita, com ocorrência significativa de solos moles, podendo vir a comprometer a segurança da rodovia e de seus usuários, além de necessitar uma movimentação maior de materiais e maquinaria, maior supressão de vegetação, dentre outros que tornam o trecho ambientalmente sensível.”;
- Solução mais prejudicial ao meio ambiente após a execução das obras: “Informa que a alternativa mais prejudicial ao meio ambiente, após o término das obras, é a de duplicação em viadutos paralelos, pelo fato de que deverá haver monitoramento constante, buscando evitar o escorregamento das estruturas, em períodos de chuva. Além disso, teme-se o risco de acidentes no viaduto, com conseqüências imensuráveis. Lembra que a BR 101 é a via preferencial entre Curitiba e Porto Alegre, com tráfego intenso, com elevado número de acidentes.”;
- Solução mais prejudicial aos moradores durante a execução das obras: “Afirma que no trecho em questão a população diretamente atingida será a comunidade de usuários da via, a população existente na terra indígena e uma pequena porção de moradores e comerciantes existentes na região. Quanto aos impactos nesta população durante a execução do empreendimento, verificar-se-á uma maior movimentação de máquinas ao longo do trecho, com maior preocupação com a segurança. Além disso, uma construção de estruturas tipo viaduto requer metodologias de engenharia que contemplam sondagens,

perfurações, construção de fundações e, posteriormente, a implantação do pavimento da rodovia, estruturas essas que proporcionarão mudanças consideráveis na paisagem da região, que atualmente ainda mantém um certo grau de preservação.”;

- Solução mais prejudicial aos moradores após a execução: “Informa que na fase de operação da rodovia, a alternativa com maior impacto para a população pode ser a duplicação em viadutos paralelos, que demandará maior vigilância dos gestores, em virtude da instabilidade dos solos e que, em função da grande quantidade de tráfego, deverão ser empregados controles, principalmente nas estações de veraneio e de alto índice pluviométrico.”;
- Solução mais prejudicial aos índios durante a execução: “Responde que durante a fase de execução da alternativa em paralelo poderá haver incremento do tráfego da rodovia, com acidentes em sua travessia; no caso da construção do túnel, a movimentação de maquinaria e as atividades inerentes ao empreendimento ficariam restritas às áreas de emboque e desemboque, e haveria o aproveitamento do material retirado da rocha para uso em outros trechos da rodovia.”;
- Solução mais prejudicial aos índios após a execução das obras: “Responde que a duplicação em paralelo poderá afetar a comunidade indígena, em virtude do aumento de tráfego, com possibilidades de acidentes, aumento do nível de ruído e de dispersão de efluentes; além disso, as obras poderão gerar uma remobilização dos solos, aumentando a instabilidade da encosta onde está situada a aldeia indígena, já bastante degradada pelo plantio de subsistência que comprometem a estabilidade do talude em questão. A construção de túnel, por sua vez, não se verificarão vibrações nas passagens dos veículos, com redução do tráfego pela metade, diminuindo a possibilidade de acidentes envolvendo a comunidade indígena da região.”.

Diante da manifestação formal do IBAMA, transcrita a partir do Relatório do Processo TC-003.528/2005-8, e ouvidos os outros intervenientes do processo, o TCU orientou o DNIT no sentido de que aprofundasse os estudos no que diz respeito à realização da transposição por meio de túnel simples ou túneis duplos, destacando que a alternativa de duplicação em paralelo não se mostrou adequada à transposição do Morro dos Cavalos.

De posse da decisão no que diz respeito à alternativa tecnológica a ser adotada – com túnel – o DNIT realizou o detalhamento das avaliações acerca das alternativas de traçado, considerando-se túnel simples ou túneis duplos. A avaliação das alternativas locacionais é apresentada, como já comentado, no item 3.1 do presente.

#### **3.2.4. Alternativa de Não-Realização**

A Alternativa de Não-Realização do empreendimento, ou seja, a não-implantação do complexo viário que envolve a transposição do Morro dos Cavalos – segmento compreendido entre o km 232,0 e km 235,5 – implicaria na impossibilidade de conclusão do *Programa de Ampliação da Modernização da Ligação Rodoviária Florianópolis/SC-Osório/RS*, do Governo Federal.

Este Programa, que envolve a duplicação da BR-101/SC/RS, visa compatibilizar as condições da rodovia à atual demanda do fluxo de veículos, uma vez que a pavimentação da pista existente ocorreu há 40 anos, entre 1968 e 1971. Atualmente o volume de tráfego ao longo do segmento Florianópolis – Osório ultrapassa a média diária de 10.500 veículos, fato que tende a condicionar uma situação de insegurança aos usuários da rodovia. De fato, dados do DNIT revelam que em 2008 ocorreram 57 acidentes somente no trecho entre o km 232,00 e o km 235,30 (Morro dos Cavalos), contabilizando 04 mortes.

Na suposição de não-implantação do empreendimento pode-se pensar num futuro agravamento das condições de tráfego, onde a maior demanda fluxo

causaria gargalos no referido trecho, considerando que os outros segmentos da BR-101/SC/RS já estariam duplicados. Além disto, a não-implantação das obras não garante a manutenção ou a melhoria das condições ambientais, uma vez que atualmente existem solos expostos susceptíveis a deslizamentos, o que por outro lado seria contornado pelo empreendimento, pois o mesmo prevê obras de contenção nas encostas ameaçadas. Ademais, o projeto do empreendimento contempla ainda a recuperação de áreas degradadas, paisagismo, controle de processos erosivos, recuperação de passivos ambientais, programa de educação ambiental, entre outros.

Vale destacar que o segmento em questão cruza integralmente a Terra Indígena do Morro dos Cavalos, sendo que a Aldeia de mesmo nome encontra-se situada às margens da rodovia, sofrendo a interferência direta da mesma. Segundo o Consórcio Sondotécnica-STE, no ano de 2009 o volume médio diário de veículos neste segmento era de 22.552 veículos/dia. Para o ano de 2036 as projeções de tráfego apontam para um volume de 50.095 veículos/dia.

Tendo em vista que os impactos da operação da rodovia sobre a Comunidade Indígena, materializados na forma de riscos de acidentes, elevado nível de ruídos e gases e insegurança, já são elevados hoje, na possibilidade de não-realização do empreendimento a situação tende a agravar-se com aumento substancial dos impactos negativos sobre a mesma.

A Alternativa de Não-Realização do Empreendimento deve ser considerada apenas como hipótese de um cenário em que se mantêm inalteradas e sobrecarregadas as condições atuais do trecho da rodovia que cruza o Morro dos Cavalos, porém a necessidade de melhorias deste segmento, bem como a conclusão das obras da BR-101/SC/RS como um todo é nitidamente evidente.

#### **4. ÁREA DE INFLUÊNCIA DO EMPREENDIMENTO**

Todo e qualquer tipo de empreendimento que se insere fisicamente no ambiente pode gerar impactos ambientais, cuja abrangência dos impactos define os limites da área geográfica a ser afetada pela ação. Inscritos a estes limites tem-se as áreas de influência do empreendimento, que podem ser classificadas em Indiretas, Diretas e Diretamente Afetadas.

Além da abrangência dos impactos, os critérios para definição das áreas de influência devem envolver prioritariamente a bacia hidrográfica (CONAMA 01/86), bem como o uso/ ocupação do solo, indicadores sociais, ecossistemas predominantes, populações fragmentadas, entre outros.

Dentre as diversas questões consideradas na delimitação das áreas de influência destaca-se:

- a) Área onde serão realizadas as obras;
- b) Tráfego nos principais acessos a serem utilizados pelo empreendimento;
- c) Efeitos sociais e econômicos da implantação do empreendimento;
- d) Delimitação das áreas legalmente protegidas;
- e) Local de geração de impactos e seus vetores correspondentes.

Os limites físicos definidos para essas áreas variam conforme o meio estudado tendo em vista as especificidades de cada um deles e as formas nas quais poderão se materializar os impactos potenciais associados ao empreendimento proposto.

O objetivo principal na delimitação das áreas de influência foi o de estabelecer as fronteiras de manifestação dos fenômenos que poderão incidir sobre os meios físico, biótico e socioeconômico, de modo a permitir sua correta compreensão e a proposição das medidas adequadas e eficientes para mitigação e/ou compensação dos impactos potenciais identificados.

##### **4.1. Área Diretamente Afetada – ADA**



Compreende as áreas que sofrerão intervenções diretas em função das atividades inerentes ao empreendimento. Tais áreas estão concentradas no entorno dos dois emboques projetados para os túneis, nas faces norte e sul do Morro dos Cavalos. Destaca-se que o empreendimento em questão, a implantação de túnel duplo paralelo, tem como uma de suas vantagens em termos de tratamento espacial o fato de ser uma obra concentrada em pontos específicos de intervenção, no caso os emboques.

Assim sendo delimitou-se, como Área Diretamente Afetada para os meios físico e biótico, duas áreas individualizadas, apresentadas no Mapa da Área Diretamente Afetada para os Meios Físico e Biótico. A primeira é a área de intervenção norte, incluindo: (i) as obras de estabilização do escorregamento de talude ocorrido em 2008, em sua porção a jusante da rodovia; (ii) o viaduto de acesso ao emboque norte, a partir da rodovia; (iii) o próprio emboque norte dos túneis e seu entorno no qual haverá intervenção e (iv) o novo acesso à Enseada de Brito, que passará por baixo do viaduto.

A segunda área é a área de intervenção sul, incluindo: (i) toda a extensão dos túneis falsos; (ii) o emboque sul; (iii) o aterro para viabilizar a interligação da pista existente que será utilizada pela Comunidade Indígena com a nova faixa de sentido norte-sul após o túnel falso; e (iv) o acesso a partir do túnel para a área de residências situada a jusante da ponte sobre o rio Massiambu, na margem esquerda do mesmo.

São consideradas ainda como áreas diretamente afetadas aquelas destinadas ao canteiro de obras e ao bota-fora. Tais áreas ainda não foram identificadas em projeto, o que inviabilizou sua caracterização no presente estudo. Em relação às jazidas e áreas de empréstimo a projetista inicialmente está prevendo que o próprio material escavado (solo e rocha) nas obras será suficiente para suprir as demandas do projeto. Tal possibilidade ainda está sendo detalhada no bojo do projeto executivo. De todo modo vale lembrar que todas as áreas de apoio deverão ser objeto de licenciamento próprio, o que não torna sua indefinição na fase de licenciamento prévio dos túneis imprescindível à avaliação dos impactos do mesmo.



Para o meio socioeconômico considera-se como Área Diretamente Afetada o seguinte conjunto de áreas: (i) a porção sul da Enseada de Brito; (ii) a Aldeia Indígena do Morro dos Cavalos; e (iii) conjunto de residências situadas na margem esquerda do rio Massiambu, a jusante da ponte da BR 101. Tais áreas são apresentadas no Mapa da Área Diretamente Afetada do Meio Socioeconômico.

A porção sul da Enseada de Brito foi considerada como integrante da Área Diretamente Afetada devido à possibilidade concreta de que os moradores venham a conviver com o ruído produzido nas obras do emboque norte.

A Aldeia do Morro dos Cavalos foi incluída no conjunto da Área Diretamente Afetada tendo em vista que a presença dos trabalhadores, bem como a movimentação de veículos ligados à obra, irão afetar o cotidiano da Comunidade.

Na margem esquerda do rio Massiambu, a jusante da ponte da BR 101, existe um conjunto de residências que, durante a fase de obras, especificamente do emboque sul e túneis falsos, será afetada, tanto do ponto de vista da produção de ruídos, quanto da intensificação do fluxo viário no local.

Os mapas relativos às Áreas Diretamente Afetadas são apresentados juntamente com os demais mapas das áreas de influência ao final da presente seção.

#### **4.2. Área de Influência Direta – AID**

Compreende as áreas reais ou potencialmente ameaçadas pelos impactos diretos da implantação e operação do empreendimento, bem como das atividades associadas e decorrentes. Assim sendo, para cada meio foi delimitada uma área de influência direta, considerando suas especificidades e as características da área e de sua ocupação territorial.

Na concepção das Áreas de Influência Direta não se pode deixar de considerar o contexto no qual se encontra o empreendimento em pauta. O

empreendimento em questão é parte integrante do Projeto de Ampliação da Capacidade e Modernização da BR 101 Sul, trecho Florianópolis/SC – Osório/RS.

Este grande projeto, com 348km de extensão, encontra-se licenciado pelo IBAMA desde 2002 (LI N<sup>o</sup> 181/2002, expedida em 25/11/2002) e encontra-se em obras desde o ano de 2005. A licença de instalação vigente para o projeto, a LI N<sup>o</sup> 572/2008, expedida em 05 de janeiro de 2009, exclui, dentre outros, o segmento entre o km 232,0 e o km 234,5, correspondente à transposição do Morro dos cavalos. Ou seja, o trecho desde Palhoça até o km 232,0 e o trecho a partir do km 234,5 (excluindo-se apenas os segmentos da transposição da Lagoa de Imaruí e do Morro do Formigão) até a cidade de Osório/RS, encontram-se devidamente licenciados junto ao IBAMA.

Tendo em vista todas estas considerações, apresenta-se, a seguir, a delimitação proposta para a área de influência direta dos meios físico, biótico e socioeconômico.

Do ponto de vista do Meio físico considerou-se como Área de Influência Direta o seguinte conjunto de áreas: (i) porção sul da Bacia Hidrográfica do Rio do Brito, limitada a oeste pela linha de transmissão; (ii) o segmento final da bacia do rio Massiambu, em sua margem esquerda, limitada pela linha de transmissão que atende a Comunidade de Massiambu Pequeno; e (iii) a vertente atlântica do Morro dos Cavalos. Tal área é apresentada no Mapa da Área de Influência Direta do Meio Físico.

Não foi considerada a totalidade da bacia do rio do Brito uma vez que todo o trecho rodoviário inserido na mesma encontra-se no âmbito das obras de duplicação da BR 101 Sul, objeto da LI N<sup>o</sup> 572/2008, havendo inclusive áreas de empréstimo em operação para fornecer materiais a tais obras.

Em relação ao limite sul da AID a mesma foi delimitada na ponte sobre o rio Massiambu, excluindo-se as áreas pertencentes ao baixo trecho desta bacia em sua margem direita. Optou-se pela delimitação da AID na ponte sobre o rio

Massiambu por uma questão não apenas de entendimento técnico, mas também por questão de coerência.

Do ponto de vista técnico as áreas com potencial de sofrer impactos diretos das obras na vertente sul do Morro dos Cavalos estão limitadas pelo rio Massiambu, uma vez que sua calha representa o ponto topograficamente mais baixo e funcionará como receptáculo final dos processos físicos oriundos das possíveis interferências das atividades de obras nas microbacias desta área.

Do ponto de vista do licenciamento ambiental verificou-se, como mencionado, que o trecho em questão encontra-se licenciado (LI N<sup>o</sup> 578/2009) a partir do km 234,5. Ocorre que os túneis falsos se iniciam no km 234,8, ou seja, o ponto a partir do qual a intervenção em superfície, dentro da faixa de domínio, se materializa encontra-se no trecho já licenciado.

Apesar deste fato, por uma questão de coerência, como não podia deixar de ser, considera-se que o limite sul da Área de Influência Direta está espacialmente delimitado pelo rio Massiambu.

Julgou-se pertinente a delimitação da área em sua porção oeste pela linha de transmissão, uma vez que o tanto a BR 101 em operação quanto as áreas de intervenção encontram-se situadas a jusante da mesma do ponto de vista das bacias hidrográficas, o que limita a possibilidade de manifestação de efeitos sobre o meio físico nesta porção.

Do ponto de vista do Meio Biótico considerou-se como Área de Influência Direta o seguinte conjunto de áreas: (i) a TI Morro dos Cavalos; e (ii) a área urbana da Enseada de Brito, limitada pelo rio do Brito. Tal área é apresentada no Mapa da Área de Influência Direta do Meio Biótico.

Do ponto de vista do Meio Socioeconômico considerou-se como Área de Influência Direta o seguinte conjunto de áreas: (i) A TI do Morro dos cavalos; (ii) a área urbana da Enseada de Brito; e (iii) a Comunidade de Massiambu Pequeno. Tal área é apresentada no Mapa da Área de Influência Direta do Meio Socioeconômico.

No caso do Meio Socioeconômico, apesar da única ocupação indígena atualmente existente na TI do Morro dos Cavalos ser a Aldeia situada às margens da BR 101, considerou-se a totalidade da área como sendo passível de influência direta uma vez que, do ponto de vista da Comunidade Indígena, seu território é entendido sempre em sua integralidade e não de forma segmentada.

A Comunidade de Massiambu Pequeno foi incluída na Área de Influência Direta tendo em vista que esta Comunidade utiliza a BR 101 no segmento do Morro dos Cavalos como acesso, tanto em direção a Florianópolis a norte, quanto em direção a Porto Alegre, a sul, a partir da antiga estrada florestal.

#### **4.3. Área de Influência Indireta – AII**

Abrange a região sobre a qual incidem os impactos indiretos do empreendimento, considerando principalmente as questões relacionadas à socioeconomia, relacionadas às possíveis alterações na dinâmica de uso e ocupação e fluxo rodoviário.

Destaca-se que tal concepção teórica deve ser vista com reservas no caso em questão uma vez que o empreendimento em pauta é apenas um detalhe no contexto mais amplo do Corredor do Mercosul, já praticamente todo duplicado e em parte já concessionado. O grande vetor de mudanças na dinâmica social e econômica tanto regional, quanto local é o projeto de Ampliação da Capacidade e Modernização da BR 101 no trecho entre Florianópolis/SC e Osório/RS.

Tendo em vista o contexto no qual se encontra o projeto de Transposição do Morro dos Cavalos, mas partindo do pressuposto de considerar os limites tradicionalmente instituídos para definição de unidades ou áreas de planejamento, foi realizada a delimitação das Áreas de Influência Indireta para os meios físico, biótico e socioeconômico.

Tendo em vista o que preconiza a Lei 9.433/97, que, em seus fundamentos estabelece a bacia hidrográfica como unidade de planejamento, delimitou-se,

como Área de Influência Direta, o seguinte conjunto de áreas: (i) bacia hidrográfica do rio do Brito; (ii) bacia hidrográfica do rio Massiambu; e (iii) bacias da Vertente Atlântica do Morro dos cavalos. Tal área é apresentada no Mapa da Área de Influência Indireta do Meio Físico.

Para o meio biótico considerou-se, como Área de Influência Indireta o seguinte conjunto de áreas: (i) Ti Morro dos Cavalos; e (ii) Parque Estadual da Serra do tabuleiro. Tal área é apresentada no Mapa da Área de Influência Indireta do Meio Biótico.

Para o meio socioeconômico considerou-se, como Área de Influência Indireta, o Município de Palhoça. Tal área é apresentada no Mapa da Área de Influência Indireta do Meio Socioeconômico.

ADA MEIO FIS

ADA MEIO BIO



ADA SOCIOEC

AID FIS

AID BIO

AID SOC

AII FIS

AII BIO

AII SOC

## 5. DIAGNÓTICO AMBIENTAL

### 5.1. Meio Físico

#### 5.1.1. Metodologia Aplicada

O presente diagnóstico desenvolveu estudos multidisciplinares sobre o meio físico das áreas de influência do projeto de Transposição do Morro dos Cavalos.

Estes estudos constituem um subsídio técnico fundamental para o adequado planejamento das intervenções, que representarão, quando da implantação do empreendimento, um instrumento imprescindível na tarefa de conciliar os interesses econômicos, sociais e, principalmente, ambientais.

O Diagnóstico do Meio Físico da Área de Influência do projeto de transposição do Morro dos Cavalos é parte integrante de um conjunto de estudos que estão sendo realizados a fim de subsidiar o processo de licenciamento ambiental do empreendimento.

A metodologia adotada partiu da integração da base cartográfica e dos dados digitais de mapeamentos temáticos do meio físico (recursos hídricos, geologia, geomorfologia e solos) com as imagens de satélite disponíveis no site [www.googleearth.com.br](http://www.googleearth.com.br). Neste caso em particular optou-se pela utilização de tais imagens tendo em vista a qualidade das mesmas no local, a disponibilidade de cenas atualizadas (imagens de 12 de julho de 2009), a compatibilidade com os estudos desenvolvidos no âmbito do projeto executivo de engenharia, a compatibilidade com arquivos da FUNAI acerca da TI Morro dos Cavalos e compatibilidade com arquivos do MMA acerca das áreas protegidas e prioritárias para a conservação.

Primeiramente foi realizada a compilação e análise dos dados de geologia, geomorfologia e solos para a identificação e delimitação de grandes unidades homogêneas, em termos de suas condicionantes morfogênicas e estruturais. Após esta etapa, foram consideradas as potencialidades e fragilidades dos recursos naturais, os padrões de uso e o estado de degradação das terras. As unidades homogêneas foram descritas e caracterizadas com base no conjunto



de dados temáticos disponíveis e complementados com as informações apuradas em campo.

Para a caracterização dos condicionamentos climatológicos atuantes na região foram utilizados dados do INMET, da Agência Nacional de Águas – ANA e do Centro Integrado de Meteorologia e Recursos Hídricos de Santa Catarina – CLIMERH.

Em relação aos recursos hídricos, adotou-se a bacia hidrográfica como unidade de planejamento, conforme preconizado pela Política Nacional de Recursos Hídricos, Lei 9.433/97.

Analisou-se, portanto, os aspectos hidrológicos, morfológicos e qualitativos da bacia dos rios Massiambu e do Brito, nas quais está inserido o empreendimento, detalhando para a área de Influência Direta os aspectos relativos às principais travessias de cursos d'água.

Quanto ao trabalho de campo, este foi orientado para a diversidade dos aspectos físicos, das atividades antrópicas e dos problemas de degradação ambiental hoje existentes. Na abordagem do meio físico, a metodologia empregada primou pela análise integrada dos diversos temas, com vistas a traçar um cenário da qualidade ambiental da área de influência do empreendimento.

### **5.1.2. Clima**

Segundo o IPCC (2008) – *Intergovernmental Panel on Climate Change* – o conceito de clima é definido como o “tempo meteorológico médio”; ou mais precisamente, como a descrição estatística de quantidades relevantes de mudanças do tempo meteorológico num período de tempo, que vai de meses a milhões de anos. O período clássico é de 30 anos, definido pela Organização Mundial de Meteorologia (OMM). Essas quantidades são geralmente variações de superfície como temperatura, precipitação, vento, umidade do ar e pressão

atmosférica. Em outras palavras, o clima de uma localidade constitui o estado médio e o comportamento estatístico da variabilidade dos parâmetros atmosféricos do tempo sobre um período suficientemente longo (CPETEC/INPE, 2010).

Em climatologia é comum a ordenação e o agrupamento destes elementos atmosféricos para a elaboração de sistemas de classificações climáticas (SCC). A importância dos sistemas de classificações climáticas se deve ao fato de que é possível analisar e definir os climas de diferentes regiões levando em consideração elementos climáticos diferentes ao mesmo tempo, otimizando a troca de informações e análises posteriores para diferentes propósitos (NÓBREGA, 2010). Conseqüentemente, a classificação do clima permite sintetizar a enorme quantidade de informações sobre o clima da Terra em unidades menores para que sejam mais facilmente compreendidas.

Com este intuito, climatologistas desenvolveram fundamentalmente três (03) tipos de sistemas de classificação climática: sistemas empíricos, sistemas de classificação genética e sistemas de classificação aplicada (RITTER, 2006).

RITTER (2006) explica que os sistemas empíricos de classificação são aqueles baseados em elementos observáveis da atmosfera. O método de Köppen, por exemplo, é um sistema empírico baseado nos dois elementos mais fáceis de mediação: temperatura e precipitação – e provavelmente os elementos com maior quantidade de registros históricos. Nos sistemas empíricos os climas são agrupados em função das médias anuais e dos extremos sazonais.

Os sistemas de classificação genética se baseiam nas causas do clima, e utilizam elementos climáticos tais como radiação solar, massas de ar e sistemas de pressão atmosférica. Estas são as classificações mais complexas devido a grande quantidade de variáveis requeridas (RITTER, 2006).

Finalmente, os sistemas de classificação aplicada surgiram como resultado de pesquisas para solução de problemas específicos sobre clima. A classificação de Thornthwaite, por exemplo, é baseada na evapotranspiração potencial e,

portanto, agrupa os climas em função das diferentes demandas hídricas de cada região.

De acordo com NÓBREGA (2010), os quatro principais métodos de classificação climática são: o método de Köppen (1936), o método de Thornthwaite (1948), o de Miller (1931) e de Strahler (2005). Considerando que o método de Köppen é o método mais difundido e utilizado no mundo (PIDWIRNY, 2006), a caracterização das condições climáticas na área de influência deste Estudo utilizará tal sistema de classificação. Além disto, neste item serão abordados aspectos como a temperatura, precipitação, e circulação atmosférica, incluindo todos os meses do ano, conforme o Termo de Referência deste Estudo de Impacto Ambiental.

#### **5.1.2.1. Sistema de Classificação Climática de Köppen**

Conforme citado anteriormente, o método de Köppen é um sistema empírico que se baseia amplamente nas médias mensais e anuais de temperatura e precipitação. É o método mais utilizado porque é simples e exige poucos dados de entrada (RITTER, 2006). Este método utiliza uma combinação de três letras para cada categoria e, reconhece cinco principais tipos de clima, cada um designado por uma letra maiúscula (RITTER, 2006 e PIDWIRNY, 2006):

- **A – Clima Tropical Úmido:** todos os meses apresentam temperaturas médias acima de 18 °C. Às vezes definido como clima equatorial;
- **B – Clima Seco:** escassez de precipitações durante a maior parte do ano. Às vezes definido como clima árido;
- **C – Clima Quente Temperado:** clima úmido de médias latitudes com invernos brandos.
- **D – Clima Subártico:** clima úmido de médias latitudes com invernos frios.
- **E – Clima Polar:** clima com verões e invernos extremamente frios.

Quanto às outras duas letras da codificação de Köppen, a segunda está relacionada à sazonalidade da precipitação e, a terceira a um índice adicional de temperatura. Para climas Tipo-B, por exemplo, as primeiras duas letras estão combinadas, BW para desertos e, BS para estepes, sendo que a terceira letra subdivide cada um destes em função da temperatura. As tabelas abaixo (Tabela 13 e Tabela 14) traduzem os conceitos descritos acima.

Segundo a classificação de Köppen, o clima no município de Palhoça (Área de Influência Indireta do empreendimento), assim como para todo litoral do Estado de Santa Catarina, corresponde ao Clima Cfa – Subtropical Úmido.

O litoral catarinense, incluindo a Área de Estudo, é de clima subquente, com a temperatura média anual superior a 20°C e com um inverno ameno. A temperatura média inferior oscila no mês mais frio entre 15°C e 18°C, e a temperatura média de janeiro entre 24°C e 26°C. Este clima, que é uma transição entre o clima tropical quente de baixas latitudes do Brasil, e temperado mesotérmico das latitudes médias da região Sul, acaba sendo um prolongamento climático da região Sudeste.

**Tabela 13. Codificação das categorias climáticas pelo método de Köppen. FONTE: NOAA, 2010.**

<b>1ª Letra</b>	<b>2ª Letra – Particularidades do regime de chuvas</b>	<b>3ª Letra – Temperatura característica da região</b>
<b>A</b>	Sempre úmido (mês menos chuvoso com precipitação superior a 60 mm) <b>f</b>	Verões quentes (mês mais quente com média igual ou superior a 22°C) <b>a</b>
<b>B</b>	Monçônico e predominantemente úmido <b>m</b>	Verões brandos (mês mais quente com média inferior a 22°C) <b>b</b>
<b>C</b>	Chuvas de inverno (mês menos chuvoso com precipitação inferior a 60 mm). Verão seco. <b>s</b>	Frio o ano todo (no máximo três meses com médias acima de 10°C) <b>c</b>
<b>D</b>	Chuvas de verão (mês menos chuvoso com precipitação inferior a 60 mm). Inverno seco. <b>w</b>	Deserto ou semi-deserto quente (temperatura anual média igual ou superior a 18 °C) <b>h</b>
<b>E</b>	Clima semi-árido (chuvas anuais entre 250 e 500 mm) <b>S</b>	Deserto ou semi-deserto frio (temperatura anual média inferior a 18 °C) <b>k</b>
	Clima árido ou desértico (chuvas anuais menores que 250 mm) <b>W</b>	
	Clima de tundra (pelo menos um mês com temperaturas médias entre 0°C e 10°C) <b>T</b>	
	Clima de calota de gelo (todos os meses do ano com médias de temperatura inferiores a 0°C) <b>F</b>	

Tabela 14. Descrição dos tipos de clima segundo o Sistema de Classificação Climática de Köppen. FONTE: NOAA, 2010.

Codificação		Descrição
A	Af	<b>Tropical/equatorial úmido:</b> Sem estação seca. Mês mais seco com no mínimo 61 mm de precipitação; chuvas distribuídas durante o ano. Todas as médias mensais de temperatura superiores a 18 °C. Ex: Manaus.
	Am	<b>Tropical monçônico:</b> Curta estação seca, longa estação úmida. Um ou mais meses com precipitação inferior a 61 mm. Todas as médias mensais de temperatura superiores a 18°C. Temperatura anual máxima ocorre logo antes da estação chuvosa. Ex: Daca, Bangladesh.
	Aw	<b>Tropical (savana/cerrado):</b> Inverno seco. Mais de dois meses com precipitação inferior a 61 mm. Todas as médias mensais de temperatura superiores a 18 °C. Chuvas no verão. Ex: Rio de Janeiro.
	As	<b>Tropical (chuvas no inverno) -</b> João Pessoa, PB, Brasil.
B	BS	<b>BSh</b> <b>Semi-árido quente:</b> Seco em baixas latitudes. Na média evaporação supera precipitação, porém é menor que a evaporação potencial. Temperaturas médias mensais superiores a 18°C. Ex: Murcia, Espanha.
		<b>BSk</b> <b>Semi-árido frio:</b> Seco em médias latitudes. Na média evaporação supera precipitação, porém é menor que a evaporação potencial. Temperaturas médias mensais inferiores a 18°C. Ex: Medicine Hat, Canadá.
	BW	<b>BWh</b> <b>Árido quente:</b> Deserto em baixas latitudes. Na média evaporação supera precipitação, porém é menor que a metade da evaporação potencial. Temperaturas médias mensais superiores a 18°C. - Phoenix, AZ, EUA.
		<b>BWk</b> <b>Árido frio:</b> Deserto em médias latitudes. Na média evaporação supera precipitação, porém é menor que a metade da evaporação potencial. Temperaturas médias mensais inferiores a 18°C e negativas no inverno. Ex: Turfan, China.
C	Cf	<b>Cfa</b> <b>Subtropical úmido:</b> Sem estação seca; temperaturas amenas e, verão quente. Temperatura média dos meses mais quentes é superior a 22°C. Temperatura média dos meses mais frios é inferior a 18°C. Chuvas durante todo, porém altamente variáveis no tempo. Ex: Porto Alegre.
		<b>Cfb</b> <b>Temperado marítimo úmido:</b> Sem estação seca; temperaturas amenas e, verão brando. Temperatura média de todos os meses é inferior a 22°C. Pelo menos quatro meses com temperaturas médias acima de 10°C. Chuvas distribuídas uniformemente ao longo do ano. Ex: Curitiba.
		<b>Cfc</b> <b>Subártico marítimo úmido:</b> Sem estação seca, temperaturas amenas e, verão frio. Temperatura média de todos os meses é inferior a 22°C, sendo de 1 a 3 meses com temperaturas médias acima de 10°C. Chuvas distribuídas uniformemente ao longo do ano. Ex: Punta Arenas, Chile.
	Cs	<b>Csa</b> <b>Temperado mediterrâneo:</b> Estação seca; temperaturas amenas e verões quentes e chuvas no inverno. Temperatura média do mês mais quente superior a 22°C e pelo menos quatro meses com temperaturas médias acima de 10°C. Geadas severas no inverno. Chove 3 vezes mais nos meses mais úmidos do inverno que no mês mais seco do verão. Ex: - Itália.
		<b>Csb</b> <b>Temperado mediterrâneo:</b> Temperaturas amenas a frias, verões brandos e secos (chuvas no inverno). Temperatura média do mês mais quente inferior a 22°C. Pelo menos quatro meses com temperaturas médias superiores a 10°C. Geadas severas no inverno. Chove 3 vezes mais nos meses mais úmidos do inverno que no mês mais seco do verão. Ex: San Francisco, CA, EUA.
		<b>Csc</b> <b>Subártico marítimo:</b> Chuvas no inverno. Ex: Torshavn, Ilhas Faroe.
	Cw	<b>Cwa</b> <b>Subtropical úmido/ clima tropical de altitude:</b> Temperaturas moderadas, invernos secos e, verões quentes e com chuvas. Ex: São Paulo, SP, Brasil/ Belo Horizonte, MG.
		<b>Cwb</b> <b>Temperado marítimo/ clima tropical de altitude:</b> Chuvas no verão. Regiões serranas como: Sul de Minas gerais, Campos do Jordão, Poços de Caldas.
		<b>Cwc</b> <b>Clima subártico marítimo:</b> Chuvas no verão. Monte Dinero, Argentina.
	D	Df
<b>Dfb</b> <b>Continental úmido:</b> inverno rigoroso e úmido, verão brando e sem estação seca. Ex: Estocolmo, Suécia.		
<b>Dfc</b> <b>Subártico úmido:</b> inverno rigoroso, verão frio e sem estação seca. Ex: Sept-Îles, Canadá.		
Dw		<b>Dwa</b> <b>Continental:</b> alta umidade, inverno seco, verão quente e chuvoso - Seul, Coreia do Sul.
		<b>Dwb</b> <b>Continental:</b> alta umidade, inverno seco, verão brando e com chuvas. Ex: Rudnaya Pristan, Rússia.
		<b>Dwc</b> <b>Subártico:</b> clima severo, inverno seco e verão frio e com chuvas. Ex: Irkutsk, Rússia.
Ds		<b>Dsa</b> <b>Continental:</b> verões quentes (chuvas no inverno) - Cambridge, ID, EUA.
		<b>Dsb</b> <b>Continental:</b> verões brandos (chuvas no inverno) - Mazama, WA, EUA
		<b>Dsc</b> <b>Subártico</b> (chuvas no inverno) - Galena Summit, ID, EUA.
E	ET	<b>Clima polar de tundra.</b> Ex: Iqaluit, Canadá.
	EF	<b>Clima polar de calota de gelo.</b> Ex: Vostok, Antártica.

A dinâmica climática da área de estudo está condicionada a duas massas de ar de escala regional. O anticiclone semifixo do Atlântico Sul é o centro de ação da massa tropical atlântica (mTa), quente e úmida. Esta massa é sentida pela presença dos ventos do quadrante N, predominando os ventos NE o ano inteiro. A outra massa é o anticiclone Polar, centro de ação das massas polares móveis (mPa) fria e úmida, identificada pela entrada das frentes frias com ventos intensos do quadrante S, que vêm acompanhadas de céu claro após sua passagem.

Esta dinâmica de mTa e mPa, associada ao relevo da região, conforme Köppen possibilitam dois tipos de climas diferenciados. O clima é mesotérmico úmido com verão quente, nas cotas abaixo de 800 m (Cfa), e clima mesotérmico úmido com verão brando, nas montanhas acima de 800 m (Cfb).

O conjunto de morros e montanhas promove a ascensão da massa de ar, aumentando a intensidade das precipitações e umidade nas altitudes mais elevadas, que frequentemente se encontram encobertas por nuvens. Esta condição topográfica também favorece a formação de descargas elétricas (raios) e geadas, comuns em boa parte dos maciços da região no Parque Estadual da Serra do Tabuleiro.

#### **5.1.2.2. Temperatura**

Dados obtidos da Estação Climatológica do INMET, em São José (Florianópolis - Figura ), permitiram o processamento de informações quanto às temperaturas diárias máximas e mínimas ao longo de 38 anos de observação (1961-1998) para a elaboração de gráficos que apresentem um retrato do regime térmico médio anual, ou seja, ilustrando a sazonalidade das temperaturas da área de estudo.

A partir do gráfico da Figura pode-se observar um padrão bem definido das temperaturas médias mensais durante o ano, onde ficam claramente evidentes as variações da temperatura em função das estações do ano. Os verões são quentes com temperaturas médias acima dos 22°C, inclusive durante o

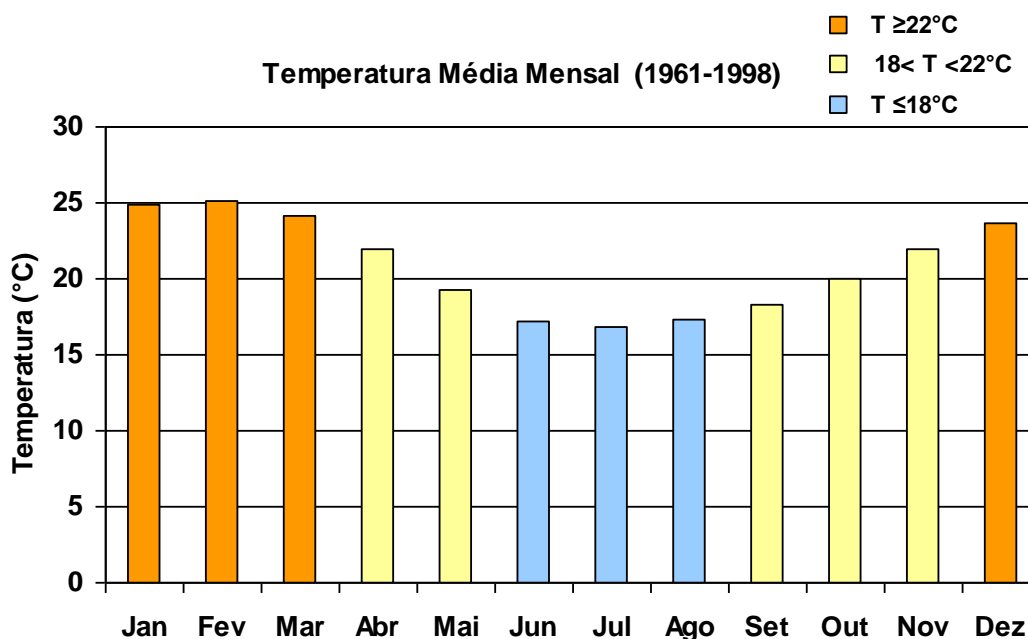


primeiro mês de outono. Para esta série de observação a temperatura mais alta do ano foi de 25,2°C no mês de fevereiro. No inverno as temperaturas médias não ultrapassam 17,5°C, sendo que o mês de julho apresenta as temperaturas mais frias, com média de 16,8°C. Já nas estações de equinócio, outono e primavera, ocorre um gradiente decrescente e crescente, respectivamente, das temperaturas, culminando nas estações de solstício.



**Figura 13. Localização das Estações Climatológica e Pluviométrica das quais foram obtidos dados de temperatura e precipitação referentes à área de interesse deste Estudo de Impacto Ambiental.**





**Figura 14. Temperatura média mensal para um período de observação de 38 anos, entre 1961 e 1998. DADOS: disponíveis em <<http://hidroweb.ana.gov.br/>>**

No que tange as temperaturas extremas de cada mês ocorridas ao longo do período de observação da série histórica, o gráfico da Figura 1 apresenta a média mensal das temperaturas máximas e mínimas mensais. Para a elaboração deste gráfico extraiu-se da série de dados somente o maior e o menor valor da temperatura do mês do período entre 1961 e 1998 e realizou-se a média dos valores para cada mês.

A partir deste gráfico é possível verificar as oscilações máximas prováveis de temperatura dentro de um mesmo mês, evidenciando a ocorrência de temperaturas altas no inverno e, baixas no verão para esta série de dados. Em julho, por exemplo, onde a média mensal registrada foi de 16,8°C (Figura ), também se verificou uma média máxima de 27,1°C e, mínima de 6,6°C. Estas informações representam as influências das massas de ar mTa e mPa, citadas anteriormente, no valor da temperatura, determinando, por exemplo, temperaturas inferiores a 16°C em dezembro.

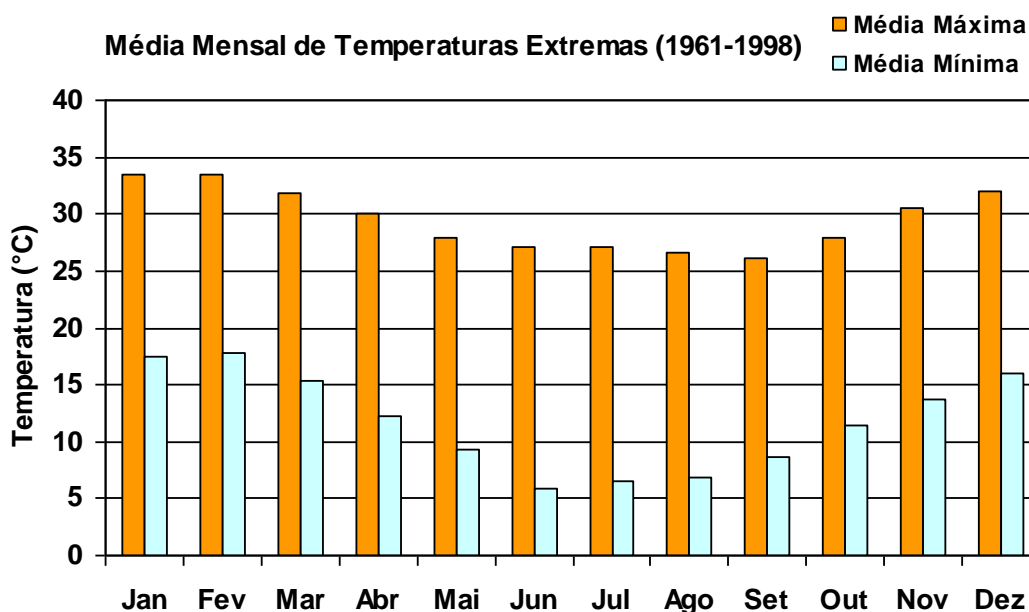


Figura 1. Média mensal máxima e mínima de cada mês num período de 38 anos de observação, entre 1961 e 1998. DADOS: disponíveis em <<http://hidroweb.ana.gov.br/>>

### 5.1.2.3. Precipitação

A série histórica de dados pluviométricos utilizados para elaboração deste item do presente documento foi obtida a partir do Sistema de Informações Hidrológicas da Agência Nacional de Águas (<http://hidroweb.ana.gov.br>). A série compreende dados da Estação Pluviométrica da EPAGRI, localizada no município de Palhoça (Figura ), cujos registros abrangem 28 anos de observação, de 1946 a 1953 e de 1989 até 2009. Estes dados deram origem aos gráficos da Figura 2 e Figura 3 que serão discutidos a seguir.

A Figura 2 mostra a média mensal do total de precipitação acumulada em cada mês para o referido período de observação. Pode-se observar que os meses de verão são os mais chuvosos do ano, sendo janeiro o mês com o maior volume precipitado com 255mm, seguido de fevereiro (212mm), dezembro (189mm) e, março (183mm). No inverno estes valores caem para 75mm em junho, 89mm em julho e, 82mm em agosto.

Os resultados obtidos por MENDONÇA (2002) ratificam o exposto acima, onde em seu estudo escreve que em 71 anos (1925 a 1995) a média anual de precipitações foi de 1.493,12 mm, com média de chuvas de 35% no verão (janeiro a março), 25% na primavera (setembro a dezembro), 20% no outono (abril a junho), e 19% no inverno (de julho a setembro)

Segundo o SCHERER (2008), os principais tipos de precipitação de ocorrência no Parque Estadual Serra do Tabuleiro, região que envolve a área de interesse deste Estudo de Impacto Ambiental são: as chuvas frontais, caracterizadas pela entrada de frentes quentes e principalmente frias; convectivas associadas aos altos índices de umidade do verão e, as orográficas influenciadas pela ascensão das massas de ar causadas pelo relevo.

Quanto ao gráfico da Figura 3, o objetivo é verificar a data de ocorrência da maior chuva diária precipitada nos últimos 20 (vinte) anos e, com isto, inferir sobre o tempo transcorrido desde seu acontecimento. Este gráfico também permite observar a magnitude de eventos extremos diários, conforme se discute abaixo.

Em contraste com o gráfico da Figura 2, percebe-se que em um único dia de chuva do mês de dezembro, em 1998, choveu (193mm) mais que a média do total acumulado para todo aquele mês (189mm). Adicionalmente, em novembro de 2008, quando ocorreram catástrofes em função de chuvas intensas em várias partes do Estado de Santa Catarina, choveu 178mm em apenas um dia daquele mês (a maior chuva diária entre 1989 e 2009), enquanto a média mensal do total acumulado para todo o mês de novembro é de 151mm (Figura 2).

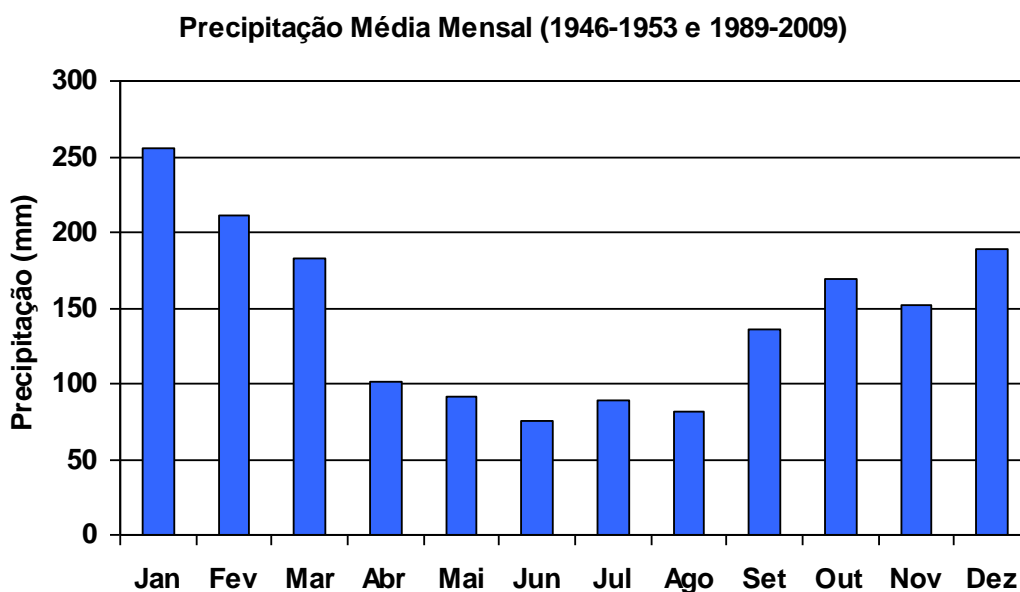


Figura 2. Média mensal do total de precipitação acumulada no mês. Período de observação de 28 anos não consecutivos, entre 1946-2009. DADOS: disponíveis em <<http://hidroweb.ana.gov.br/>>

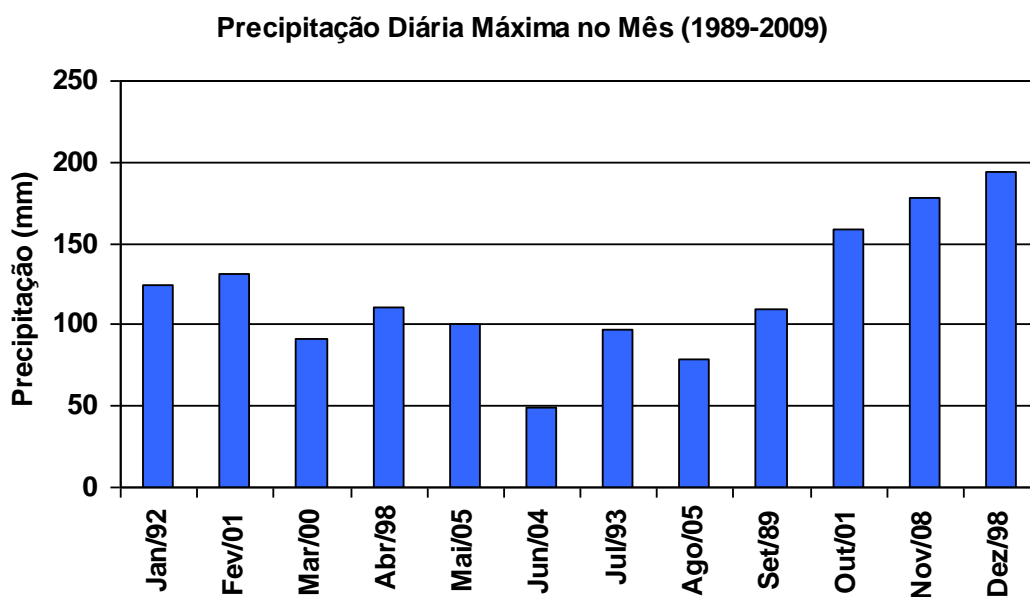


Figura 3. Precipitação diária máxima de cada mês para um período de observação de 21 anos, entre 1989 e 2009. DADOS: disponíveis em <<http://hidroweb.ana.gov.br/>>.

Quando se trata de chuvas intensas e chuva de projeto de drenagem superficial no Estado de Santa Catarina, a publicação do boletim técnico nº 123 da EPAGRI (Back, Álvaro José, 2002) constitui-se numa referência seguramente aceita e utilizada. Nela consta a relação de 156 estações pluviométricas do Estado, bem como equação de chuvas intensas para cada uma delas.

Segundo BACK (2002), as equações de chuvas intensas para o município de Palhoça são as seguintes:

- Para  $t \leq 120$  minutos: 
$$i = \frac{761,2 \cdot T^{0,2306}}{(t + 7,8)^{0,6574}} \quad (\text{Eq.1})$$

- Para  $120 < t \leq 1440$  minutos: 
$$i = \frac{1254,4 \cdot T^{0,2305}}{(t + 13,4)^{0,7654}} \quad (\text{Eq.2})$$

Tais equações permitem a elaboração das chamadas curvas de Intensidade-Duração-Frequência, que demonstram um aspecto empírico das precipitações, pronunciando que quanto maior a duração da chuva, menor é a sua intensidade (BACK, 2002). Resolvendo-se a Equação1 para chuvas de diferentes durações (em minutos) e diferentes períodos de retorno (em anos), obtém-se o gráfico da Figura 4.

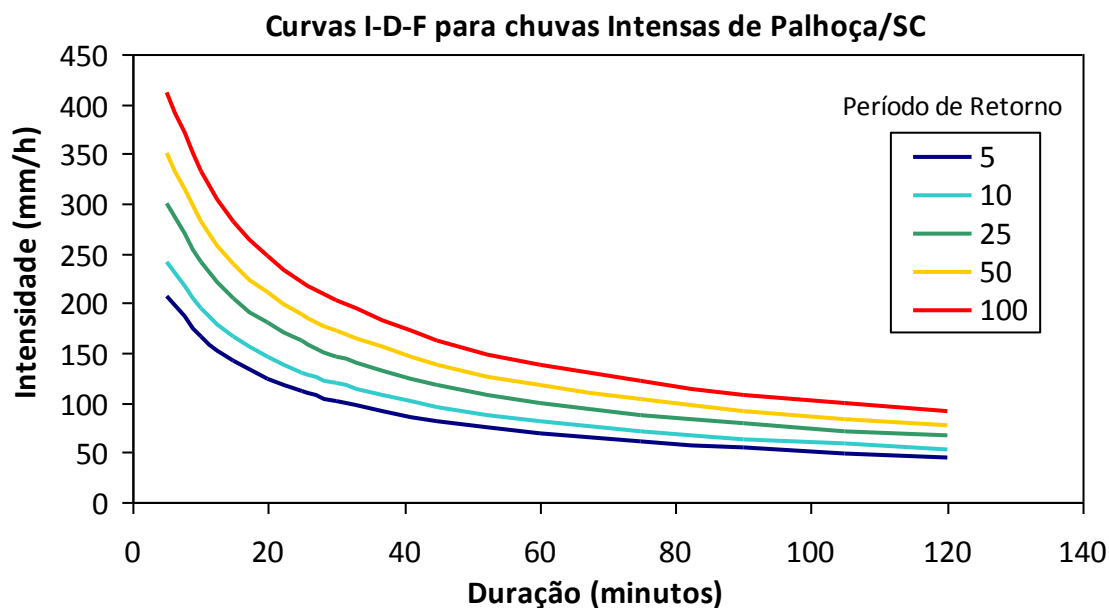


Figura 4. Curvas de Intensidade-Duração-Frequência para chuvas intensas de duração  $\leq$  2 horas no município de Palhoça/SC – Estação pluviométrica n° 02748004. DADOS em: BACK (2002).

#### 5.1.2.4. Circulação Atmosférica

Segundo MONTEIRO (1991) e MENDONÇA (2002), os ventos predominantes na região de estudo sopram do quadrante norte, com velocidade média de 3.5 m/s, no entanto os mais velozes e também mais freqüentes sopram do sul com velocidade média de 10 m/s, associados a Tropical Marítima e Polar Marítima do Atlântico. Os ventos sul antecedem a entrada de frentes frias e da Polar Marítima do Atlântico com rajadas chegando até 80 km/h.

Os dados do Centro Integrado de Meteorologia e Recursos Hídricos de Santa Catarina – CLIMERH, registra nos últimos 70 anos a predominância dos ventos Norte (36,92%); seguido pelos ventos de Sudeste (16,92%); Sul (15,77%); Nordeste (10,05%); Noroeste (2,85%) e Sudoeste (1,14%).

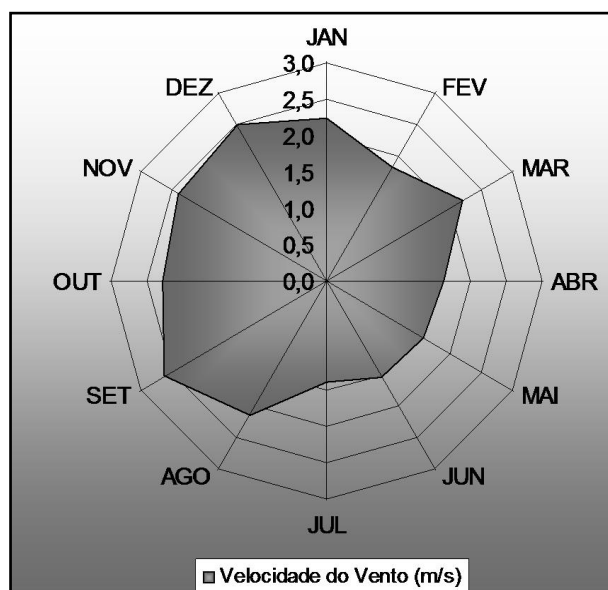


Figura 5. Médias das velocidades dos ventos, registradas em região próxima à área de estudo (Estação: Florianópolis/ SC) entre os anos de 1998 e 2008. Fonte: EPAGRI/CIRAM/INMET.

### 5.1.3. Geologia

#### 5.1.3.1. Metodologia

As informações geológicas contidas na presente caracterização espelham o resultado das investigações realizadas na região de envolvimento do Projeto de Transposição do Morro dos Cavalos. Tratam das investigações empreendidas, indispensáveis, à caracterização externa da alternativa operacional, que foi divisada para a transposição.

Para elaboração do presente diagnóstico foi realizada ampla pesquisa no acervo técnico oficial de mapeamentos geológicos do estado de Santa Catarina, a fim de estabelecer o mapa-base da geologia local para fins de checagem das informações em campo.

Tendo em vista a profundidade dos estudos geotécnicos elaborados pelo DNIT nas fases de anteprojeto e projeto básico, que contaram com a utilização de modernas técnicas de prospecção, de imageamento e de sondagens

geométricas, tais dados foram compilados no presente estudo, tendo em vista que compõe um rico acervo de conhecimento acerca da compartimentação geológica e do comportamento geotécnico do maciço do Morro dos cavalos.

A este rico conjunto de informações somou-se o levantamento de dados primários em campo, a partir de duas visitas prospectivas às áreas, nas quais as informações obtidas na bibliografia e nos projetos de engenharia foi checada e confirmada, permitindo a exata compreensão da área na qual se pretende implantar os dois túneis paralelos para a transposição do Morro dos cavalos.

#### **5.1.3.2. Geologia Regional**

O reconhecimento geológico regional, a despeito do que possa parecer, se revestiu de grande importância para se encaminhar previamente e se antecipar tomada de decisões no que diz respeito ao desenvolvimento do projeto, incluindo etapas como as da análise de alternativas de traçado; se constituiu em massa crítica para a base de assentamento de fundações de aterros; para a avaliação das reais condições de estabilidade dos maciços de terra; para as condições de implantação de obras de artes correntes e especiais, para o encaminhamento das questões ambientais e para o estabelecimento de locais de ocorrência de materiais de construção e de áreas de bota-fora.

Em termos amplos, o Estado de Santa Catarina evidencia em seu território, do leste para o oeste, a faixa de Sedimentos Cenozóicos - Marinhos e Continentais; o domínio das rochas do Embasamento Cristalino; o Segmento das rochas Sedimentares pertencentes à Bacia Sedimentar do Paraná e as rochas Vulcânicas da Formação Serra Geral de idade Mesozóica, também, pertencentes à bacia mencionada.

Do ponto de vista litoestrutural o segmento objeto da caracterização e a região que envolve o litoral de Palhoça e Paulo Lopes é compreendido em parte por terrenos do Embasamento Cristalino e em parte por sedimentos pertencentes à Planície Costeira de Santa Catarina.



A Planície Costeira de Santa Catarina – Cenozóica, estruturada sobre sedimentos, se acha representada na região pelas Planícies dos rios Da Madre - mais a sul, do Massiambu – no segmento objeto da caracterização e do rio Cubatão do Sul – a norte. A área da transposição propriamente dita encerra somente a planície do rio Massiambu disposta ao final do segmento em licenciamento.

O embasamento cristalino é representado por rochas cristalinas plutônicas e vulcânicas de idade Neoproterozóica, tardi-tectônicas, reunidas principalmente em duas Suítes, a Suíte Intrusiva Pedras Grandes e a Suíte Plutono-Vulcânica Cambirela. Os granitóides da Suíte Intrusiva Pedras Grandes ocorrem largamente na porção mais a oeste do Parque Estadual da Serra do Tabuleiro.

O túnel atravessará essencialmente as rochas pertencentes à Suíte Plutono-Vulcânica Cambirela. É formada por rochas extrusivas e sub-vulcânicas, predominantemente riolitos e pequenos stocks de granito porfirítico, com ocorrência secundária de microgranitos e aplitos.

As rochas ígneas, sejam plutônicas ou vulcânicas, compreendem um conjunto de litotipos associados a fases distintas de um mesmo evento tectônico ou a eventos tectônicos distintos. Assim sendo é muito freqüente o contato tectônico de diferentes rochas ígneas em planta, a ocorrência de intrusões diferenciadas dentro de uma mesma Suíte e a ocorrência de sistemas de diques.

Recobrimo o maciço rochoso, ocorrem depósitos coluvionares nas encostas e formações aluvionares nas várzeas dos rios. No sopé das encostas de alta declividade podem ocorrer espessos depósitos de tálus com blocos de grandes dimensões imersos em solo de baixa resistência.

Apresenta-se a seguir o Mapa Geológico da Área de Influência Indireta do empreendimento e a descrição geral dos principais litotipos e associações que ocorrem regionalmente. Destaca-se que uma vez que o empreendimento é muito localizado devido às suas dimensões, no mapa da Área de Influência Indireta não estarão representados todos os litotipos descritos na sequência.

## MAPA GEOLÓGICO

### ÁREA DE INFLUÊNCIA INDIRETA

## **Suíte Intrusiva Pedras Grandes**

### **Granito Ilha**

A denominação de Granito Ilha, proposta pela CPRM (1997), refere-se aos granitóides que ocorrem ao longo do litoral entre Florianópolis e Paulo Lopes (região de Pinheira – Guarda do Embaú; leste da cidade de Paulo Lopes; e Ponta do Maruim, no município de São José.

A presença de xenólitos de granitóides do Complexo Águas Mornas e da Suíte Intrusiva Maruim, demonstram a antecendência temporal destas formações. Esta unidade é cortada ainda por diques riolíticos e apófifes graníticas pertencentes à Suíte Plutono-Vulcânica Cambirela, bem como diques de diabásio, pertencentes à Formação Serra Geral.

O Granito Ilha apresenta textura equigranular, média a grossa, de cor cinza a rósea, isotrópa ou com eventuais texturas de fluxo magmático. Composicionalmente predominam os monzogranitos e, subordinadamente, quartzo-monzonitos e quartzo-sienitos.

Foi datado por Basei (1985), pelo método Rb/Sr, apresentando uma idade de  $524 \pm 68$  M.a., caracterizando uma origem crustal para esse magmatismo.

### **Granito Serra do Tabuleiro**

Corresponde ao Granito Tabuleiro de Trainini et al. (1975), diferente do Complexo Tabuleiro de Silva (1987).

Configura-se como um batólito de forma aproximadamente circular, com cerca de 12km de raio, caracterizado por rochas homogêneas, de coloração em geral rósea, equigranulares, granulometria média a grossa e isotrópas. Ocorre geralmente como matacões arredondados, quase sempre com acentuado grau de alteração intempérica. Petrograficamente constituem-se em sienogranitos, divididos em dois grupos: biotita sienogranito e leucossienogranito.

Diques de riolitos relacionados à Suíte Plutono-Vulcânica Cambirela, cortam o Granito Serra do Tabuleiro e coberturas de tufos riolíticos desta unidade, dispõem-se nas bordas do batólito.

Os tufos englobam xenólitos arredondados do granito, evidenciando que este plúton já estava consolidado quando iniciou a fase extrusiva do Evento Cambirela.

### ***Granito Capivari***

Segundo proposto pela CPRM, em 1997, esta unidade se constitui por rochas graníticas de textura porfirítica, que ocorrem no extremo sul das serras do Tabuleiro e Capivari, e que, aparentemente, representam uma variação de fácies do Granito Serra do Tabuleiro.

É uma rocha de textura inequigranular de coloração cinza a rósea, porfirítica, com fenocristais de feldspato com dimensões entre 1,5cm a 5,0cm, e uma matriz de granulação grossa. Os fenocristais não mostram orientação preferencial e seus contatos com a matriz nem sempre são nítidos. Ocorre ainda, formando bolsões irregulares, uma variação mais fina, cinza, equigranular, com textura sacaroidal, aparentemente isotrópica.

A oeste de Paulo Lopes, a passagem do Granito Capivari para o granito Serra do Tabuleiro é caracterizada pela progressiva redução na quantidade e nas dimensões dos fenocristais de feldspato. O contato com o Granitóide Santo Antônio não foi determinado, já com o Granitóide Paulo Lopes, o contato se dá por falha.

Composicionalmente é constituído por quartzo, feldspato potássico, e plagioclásio, como minerais acessórios e secundários representados por biotita-clorita, opacos, zircão, apatita, epidoto, muscovita, sericita e allanita; paragenese esta, praticamente a mesma do Granito Serra do Tabuleiro.

### **Suíte Plutono-Vulcânica Cambirela**

Segundo a CPRM (1997) a Suíte Plutono-Vulcânica Cambirela é representativa do estágio final do magmatismo alcalino, sendo constituída por uma unidade plutônica – Granito Itacorumbi, e por uma unidade vulcanogênica, compreendendo derrames e tufos riolíticos, além de diques e corpos filonianos, que foram agrupados sob a designação de Riolito Cambirela.

### ***Riolito Cambirela***

A CPRM (1997) adotou a denominação Riolito Cambirela para definir as rochas vulcanogênicas representadas por derrames e tufos riolíticos, bem como pelos diques de riolitos e riodacitos ocorrentes nos flancos da serra do Tabuleiro e na ilha de Santa Catarina.

As principais ocorrências dessa unidade estão representadas pelos riolitos que encontram-se expostos em uma faixa com largura variável contornando o flanco leste da Serra do Tabuleiro, acompanhando a BR-101, no trecho entre o rio Cubatão e o rio da Madre. Diques de riolitos e riodacitos, geralmente não cartografáveis, ocorrem com frequência, cortando as unidades mais antigas.

Os tufos são mais raros, com melhores exposições na BR-101, na região da Enseada do Brito, onde apresentam coloração cinza, textura fluidal, manchas verdes de formas elípticas ou alongadas, centimétricas, produzidas por desvitrificação de shards de vidro, acentuando as estruturas de fluxo.

Outras boas exposições de tufos ignimbríticos foram registrados no morro da Costa da Armação, nas cabeceiras do rio do Brito e no rio Massiambu. Neste último local, a rocha encontra-se alterada, formando uma massa argilosa cinza a roxa. A ocorrência de xenólitos arredondados de granito róseo (Granito Serra do Tabuleiro) englobados pelas rochas vulcânicas, evidencia que aquela unidade já estava consolidada, quando do evento extrusivo Cambirela.

### ***Granito Itacorubi***

Com ocorrência predominante na porção a leste da cidade de Paulo Lopes, apresenta coloração cinza-claro, com tons esverdeados ou avermelhados, granulação fina a média, isótropo e homogêneo. Variedades porfiríticas com pórfiros de feldspato potássico entre 2,0 e 4,0cm em meio a uma matriz fina, também são observados, bem como termos alaskíticos, com quartzo e feldspato potássico. Petrograficamente corresponde a um sienogranito, localmente monzogranito.

Na Serra do Tabuleiro, ao longo de uma faixa que se estende desde o rio da Madre do Sul até as proximidades da Enseada do Brito, são freqüentes os diques aplíticos, passíveis de correlação com o Granito Itacorubi.

### **Depósitos Quaternários**

Os depósitos quaternários que cobrem áreas relativamente extensas são agrupados em dois sistemas deposicionais: sistema transicional e sistema continental.

Os depósitos do sistema transicional distribuem-se ao longo da faixa litorânea, e são caracterizados pelos sedimentos de maré, de praia e de mangue, além de depósitos eólicos, lagunares e flúvios-lagunares.

Os depósitos do sistema continental, representados por sedimentos fluviais e de leques aluviais, geralmente associados, ocorrem ao longo das principais drenagens, destacando-se pela sua expressão os depósitos aluvionares dos rios da Madre, das Cachoeiras, Massiambu Grande, Maruim, Biguaçu, do Ribeirão, Forquilha e Vargem do Braço.

Em sua maioria são depósitos de idade holocênica, excetuando-se alguns depósitos que localmente constituem terraços elevados, aos quais têm sido atribuída uma idade pleistocênica.

### **5.1.3.3. Geologia da Área de Influência Direta**

O segmento da transposição do Morro dos Cavalos está inserido em uma região do litoral catarinense de direção geral NE-SE, num Domínio Geológico em que é possível se identificar o complexo de formas de relevo dos modelados de denudação e acumulação, acontecidos durante o tempo geológico.

Os litotipos que afloram nesta área pertencem à Seqüência Vulcânica Superior da Suíte Vulcano-Plutônica Cambirela – datada do Proterozóico Superior-Eo-Paleozóico e Sedimentos Continentais e Marinhos de idade Cenozóica (Mapa Geológico da Área de Influência Direta).

Os granitóides que ocorrem largamente no maciço do Morro dos Cavalos são riolitos, denominados de Riolitos Cambirela. Localmente ocorrem granitóides porfíricos, mapeados em escala regional como pequenos stoks que ocorrem no interior da Suíte Vulcânica. Variações faciológicas, texturais e na composição química, dentro do grande conjunto do magmatismo alcalino, são os elementos para individualização dos granitóides existentes na área de interesse do empreendimento. Tais variações, muitas vezes mascaradas pelo processo de gnaissificação e localmente de milonitização, tornam por vezes as diversas fácies de difícil identificação.

Esta Suíte alcalina se apresenta predominantemente não deformada com domínios sub-alcalinos e per-alcalinos, em geral biotíticos. Apresenta variedades rapakivíticas e alterações tardi-magmáticas.

Petrograficamente são caracterizados por pertito e mais raramente microclínio. O plagioclásio é o oligoclásio e o máfico dominante é a biotita marrom. Anfibolito verde com supostas afinidades hornoblendíticas ocorre subordinadamente. A textura raramente exhibe efeitos limitados de microgranulação mecânica ou de crescimento tardio de megacristais de microclínio, a não ser em áreas pouco expressivas.

## MAPA GEOLÓGICO

### ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA





**Figura 6. Os dispositivos fotográficos mostram o granitóide “são” exposto a nível do greide da BR-101 atual, em seu lado esquerdo, próximo da cabeceira norte do rio Massiambu.**

No domínio morfológico especificado os granitóides apresentam-se intemperizados, com um perfil de alteração variando entre metros e dezena de metros 1,5m a 20,0m e 30,0m.

Os litótipos, por intemperização, apresentam uma seqüência de alteração vertical, composta por um Solo Maduro-SM, pedologicamente evoluído, pouco desenvolvido, constituído de uma argila plástica, pouco siltosa, pouco arenosa, coesiva, seca, marrom, com espessura variando entre 1,0m e 1,5m, com resistência a compressão simples da ordem de  $\sigma_c \sim 8,0 \text{kg/cm}^2$ .

Segue-se um horizonte de Solo Saprolítico-SS, constituído de um silte argiloso, pouco arenoso róseo avermelhado, incoerente, friável, pouco poroso e pouco permeável, com resistência a compressão simples variando entre  $\sigma_c \sim 1,5 \text{kg/cm}^2$  e  $\sigma_c \sim 10,0 \text{kg/cm}^2$ , normalmente  $\sigma_c \sim 3,0 \text{kg/cm}^2$ , com uma espessura compreendida entre o metro e uma dezena de metros.

Na seqüência se observa exposto um horizonte de Saprolito-SA, constituído de um silte areno argiloso, também róseo avermelhado, coerente, poroso e

permeável, com resistência a compressão simples variando entre  $\sigma_c \sim 10,0 \text{ kg/cm}^2$  e  $\sigma_c \sim 30,0 \text{ kg/cm}^2$ , com a espessura de uma dezena de metros.

A seqüência normal, a partir do Saprólito, do perfil vertical é continuada com a exposição dos horizontes de alteração de rocha nas formas de Rocha Altamente Intemperizada-RAi-resistência à compressão simples compreendida entre  $\sigma_c \sim 30,0 \text{ kg/cm}^2$  e  $\sigma_c \sim 90,0 \text{ kg/cm}^2$ ; Rocha Medianamente Intemperizada-RMi-resistência à compressão simples compreendida entre  $\sigma_c \sim 90,0 \text{ kg/cm}^2$  e  $\sigma_c \sim 150,0 \text{ kg/cm}^2$ ; Rocha Levemente Intemperizada-RLi-resistência à compressão simples compreendida entre  $\sigma_c \sim 150,0 \text{ kg/cm}^2$  e  $\sigma_c \sim 250,0 \text{ kg/cm}^2$  e Rocha “Sã”-resistência à compressão simples superior a  $\sigma_c \sim 250,0 \text{ kg/cm}^2$ .

As encostas do Morro dos Cavalos que insere o trajeto da sua transposição apresentam recobrando o maciço rochoso, caracteristicamente, depósitos eluvionares e coluvionares e em pontos de muito alta declividade, compartimentados, podem se verificar a exposição de depósitos de tálus. Em termos dos flancos norte e sul a região mostra declividades de média à alta no norte e alta a muito alta no sul.

Do ponto de vista estrutural o maciço rochoso que compõe a elevação do Morro dos Cavalos mostra uma série de falhamentos transversais ao eixo projetado da travessia.

O exemplo claro da instabilidade à qual está acometido o maciço da região são os freqüentes escorregamentos de encosta que tem se verificado nas proximidades do morro, em taludes de corte e de jusante já implantados no traçado atual da BR-101 (Figura ).



**Figura 21. As imagens fotográficas mostram locais de escorregamentos recentes acontecido nos taludes de montante da margem direita da BR-101.**

Os Sedimentos marinhos da planície verificada mais a sul da transposição se constituem de terraços e sedimentos marinhos inconsolidados oriundos da plataforma interna e depositados em fases transgressivas do nível relativo do mar na forma de areias quartzosa finas e médias bem a moderadamente selecionadas com intercalações de silte.

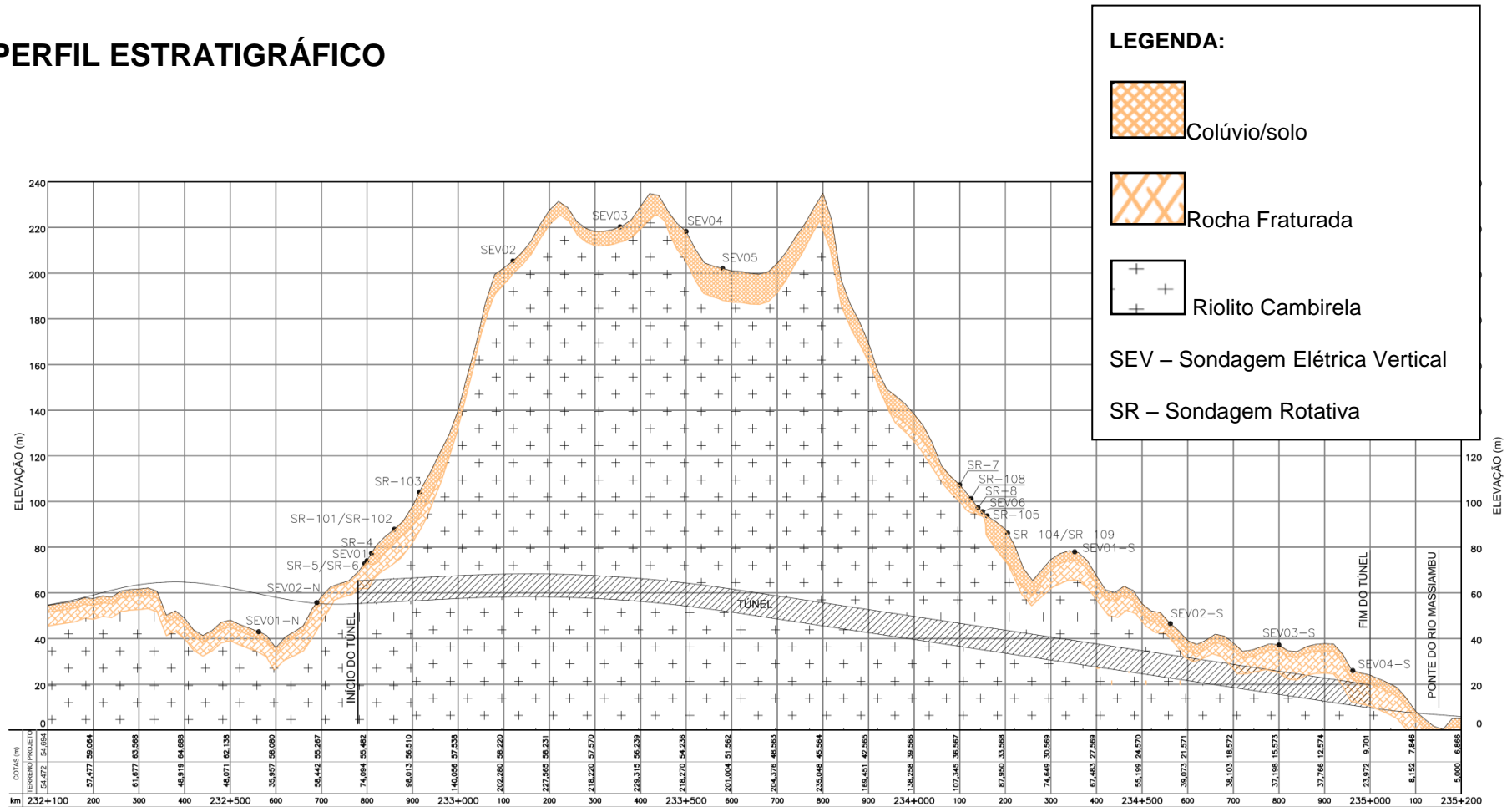
Os Sedimentos Continentais no domínio da planície aluvionar do rio Massiambu se constituem de depósitos aluvionares atuais caracterizados pela presença de areias finas e grosseiras, cascalhos inconsolidados, assim como argilas de planície de inundação, ambientes com nível d'água superficial ou pouco profundo.

Complementa a geologia local a exposição de sedimentos colúvio-aluvionares contidos nas planícies observadas nos extremos do segmento da transposição.

#### **5.1.3.3.1. Perfil Estratigráfico**

Durante a elaboração dos estudos integrantes do Projeto de Engenharia foram realizados levantamentos geofísicos com o propósito de detalhar as informações sobre a compartimentação geológica local. Apresenta-se a seguir o perfil estratigráfico traçado a partir de tais informações (Figura 22).

## PERFIL ESTRATIGRÁFICO





#### **5.1.3.4. Investigações Geotécnicas**

As investigações geotécnicas presentes neste item foram extraídas do Projeto Executivo de Engenharia elaborado pelo consórcio Sondotécnica-STE. Este conteúdo possui relevante importância para os estudos geológicos e, por isto, foi incluído neste documento.

Os estudos geológicos e geotécnicos realizados para o Túnel do Morro dos Cavalos, obra integrante do Projeto de Duplicação da Rodovia BR-101/SC, segmento do km 232,0 ao km 235,3 tiveram por finalidade subsidiar o projeto geomecânico do túnel, caracterizando as litologias atravessadas, estruturas geológicas principais e os perfis de alteração nos emboques.

As investigações geotécnicas foram efetuadas pelo método geolétrico de resistividade e investigações mecânicas diretas por sondagens rotativas. A seguir descrevem-se cada um dos métodos.

##### **5.1.3.4.1. Sondagens Rotativas**

Todas as informações relativas às sondagens foram extraídas, na íntegra, do Projeto Básico de Engenharia elaborado pelo Consórcio Sondotécnica-STE. As sondagens rotativas foram programadas nos emboques norte e sul. A amostragem foi realizada com barrilete duplo livre.

Para classificação dos testemunhos de sondagem foi adotado o parâmetro RQD (Rock Quality Designation), conforme definido por Deere (1964) para sondagens rotativas com diâmetro de 75 mm. Esse parâmetro é expresso da seguinte forma:

$$RQD = \frac{100 * C_{10}(\%)}{C}$$

Onde:

C10 = Somatória dos comprimentos dos testemunhos maiores que 0,10 m;

C = Comprimento total do trecho perfurado.

Este critério é correlacionável com fatores como: constituição litológica, grau de alteração e grau de fraturamento do maciço rochoso.

As fotografias abaixo mostram a realização de sondagens rotativas nos emboques norte e sul.



**Sondagem rotativa SR – 107. Emboque Sul**  
(fonte: Consórcio Sondotécnica-STE)

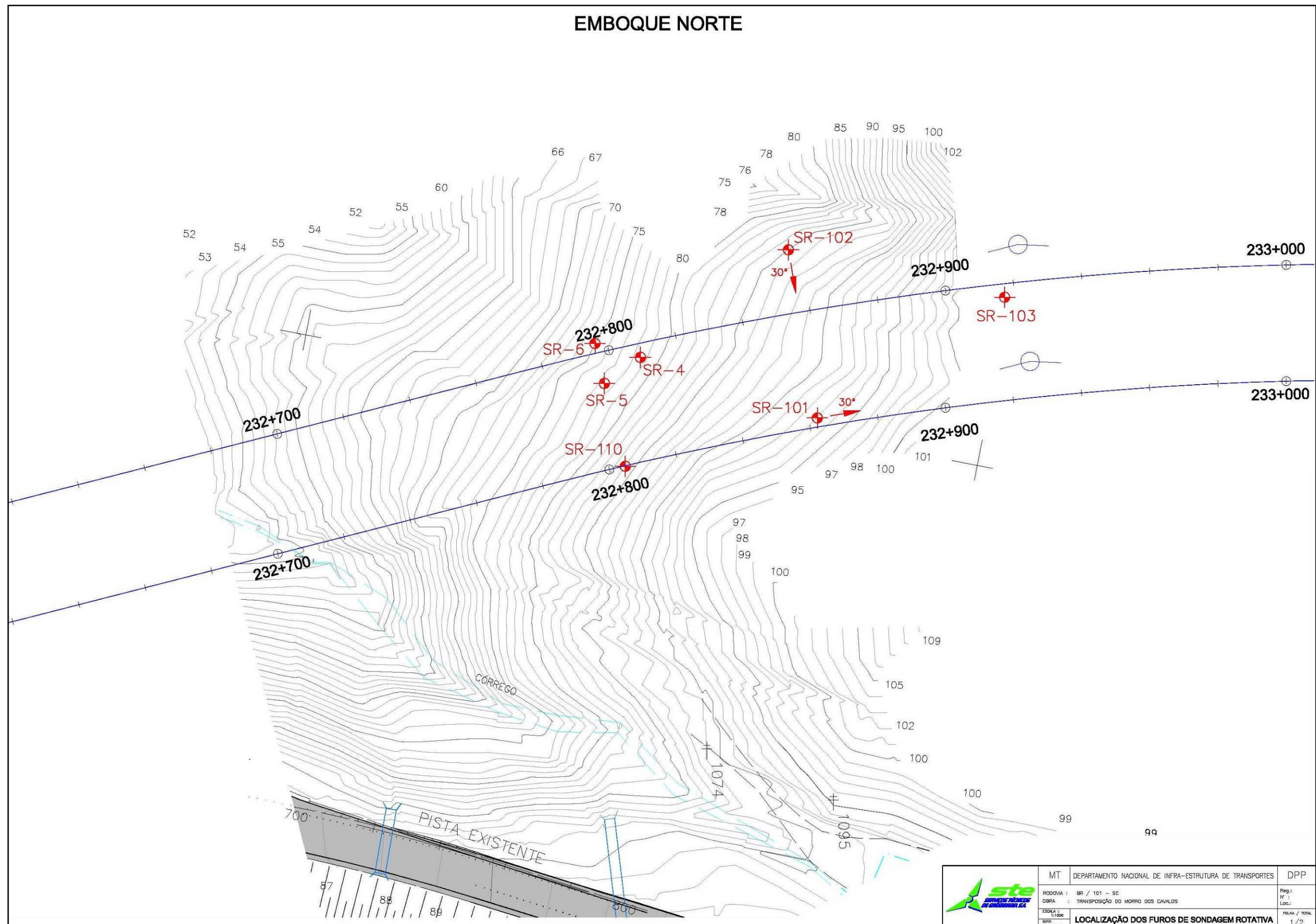



**Sondagem rotativa SR-103. Emboque Norte**  
(fonte: Consórcio Sondotécnica-STE)

As plantas apresentadas a seguir, extraídas do Projeto de Engenharia, apresentam a localização dos furos de sondagem rotativa, nos emboques norte e sul.



### EMBOQUE NORTE



	MT	DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES	DPP
	RODOVIA :	BR / 101 - SC	Reg.:
	OBRA :	TRANSPOSIÇÃO DO MORRO DOS CAVALOS	Nº :
	ESCALA :	1:1000	Loc.:
SITUAÇÃO :	PROJ. 2009	<b>LOCALIZAÇÃO DOS FUROS DE SONDAÇÃO ROTATIVA</b>	FOLHA / TOTAL 1/2

**LEGENDA:**



Curvas de Nível



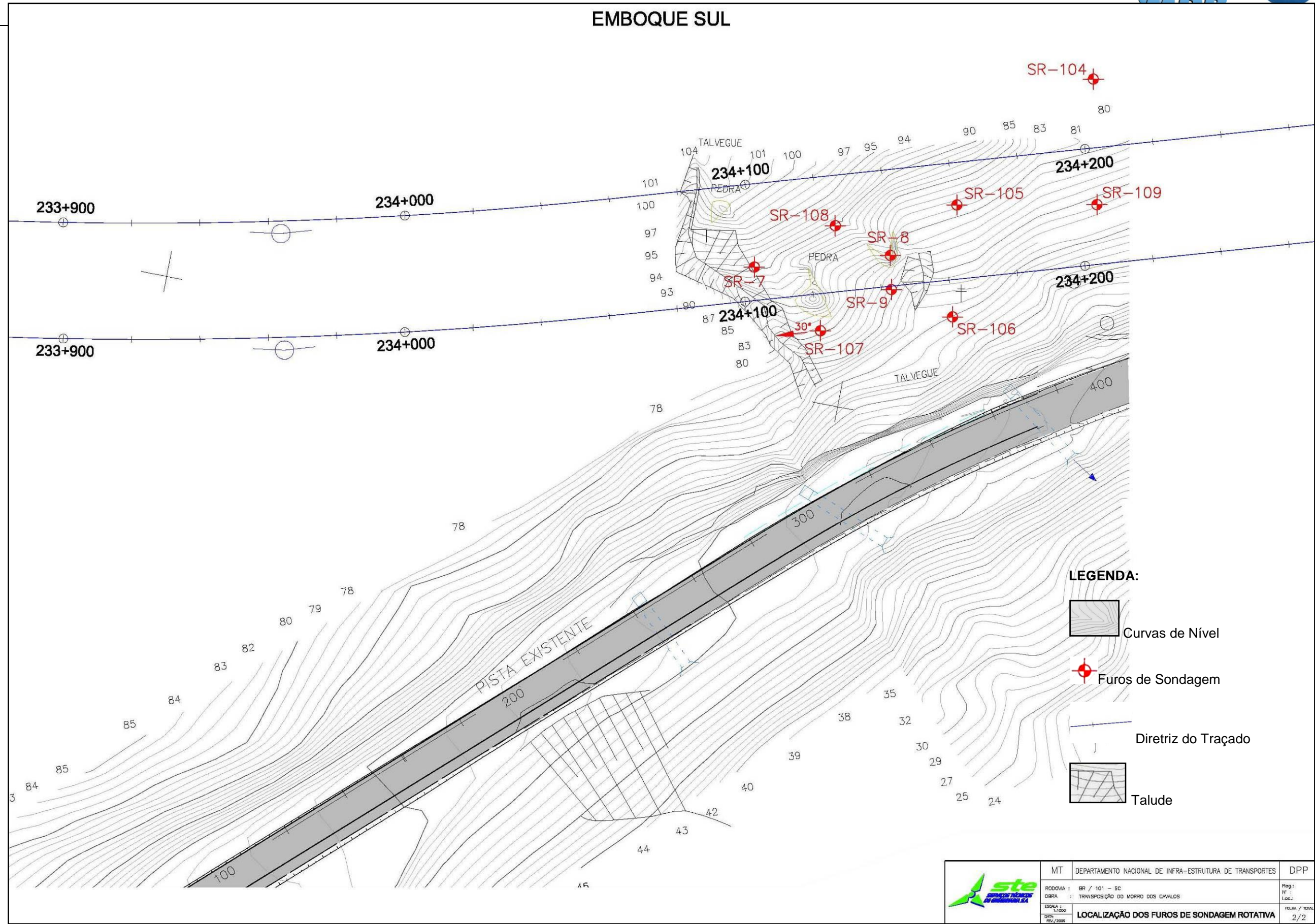
Furos de Sondagem



Diretriz do Traçado



# EMBOQUE SUL



	MT	DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES	DPP
	RODOVIA :	BR / 101 - SC	Reg.: Nº :
	OBRA :	TRANSPOSIÇÃO DO MORRO DOS CAVALOS	Loc.:
	ESCALA :	1:1000	FOLHA / TOTAL
	DATA :	12/2008	2/2
		LOCALIZAÇÃO DOS FUROS DE SONDAAGEM ROTATIVA	



Apresenta-se a seguir os registros fotográficos dos testemunhos de sondagem referentes às sondagens rotativas realizadas, conforme apresentado no Projeto de Engenharia.

## SONDAGEM SR- 101

### CAIXAS





## SONDAGEM SR-101

### CAIXAS





## SONDAGEM SR-102

### CAIXAS





## SONDAGEM SR-103

### CAIXAS





## SONDAGEM SR-103

### CAIXAS





## SONDAGEM SR-104

### CAIXAS





## SONDAGEM SR-106

### CAIXAS





**SONDAGEM SR-106**

**CAIXAS**





## SONDAGEM SR – 107

### CAIXAS





## SONDAGEM SR-108

### CAIXAS



## SONDAGEM SR-108

### CAIXAS





## SONDAGEM SR-109

### CAIXAS



#### 5.1.3.4.2. Caminhamento Elétrico – CE

Todas as informações relativas aos levantamentos geolétricos foram extraídas, na íntegra, do Projeto Básico de Engenharia elaborado pelo Consórcio Sondotécnica-STE.

Os Caminhamentos Elétricos locados ao longo da linha do túnel (definida por trabalho de topografia) tiveram espaçamento de 30m com seis níveis de investigação, atingindo uma profundidade máxima de 85m. Já os Caminhamentos realizados transversais à linha do túnel tiveram espaçamento de 10m também com seis níveis de investigação, atingindo uma profundidade máxima de 35m. As interpretações dos Caminhamentos Elétricos foram

realizadas com auxílio do software RES 2D INV e, na área em estudo, partiu de um modelo a priori, evoluindo-se para modelos de trabalho e modelos finais.

As imagens elétricas obtidas ao longo da linha do túnel (CEs 1, 2 e 3) nos mostram algumas descontinuidades (falhas/fraturas geológicas) como também a presença de diques e possivelmente derrames.

A presença de diques é bastante freqüente em suítes de origem magmática e representam eventos tardios de retomada do magmatismo. Esta retomada do magmatismo pode estar associada a eventos tectônicos, tanto distensionais quanto compressionais.

As descontinuidades localizam-se principalmente nas bordas sul e norte do maciço entre os 300 e os 1100m. Apresentam, aparentemente, mergulho subvertical com faixas não inferiores a 30m de largura. São observados também dois ou mais materiais rochosos com comportamento elétrico distinto.

As rochas mais resistentes eletricamente correspondem possivelmente ao Riolito Cambirela, já as rochas menos resistentes ou mais condutoras correspondem possivelmente aos diques de diabásio ou algum material pouco resistente eletricamente.

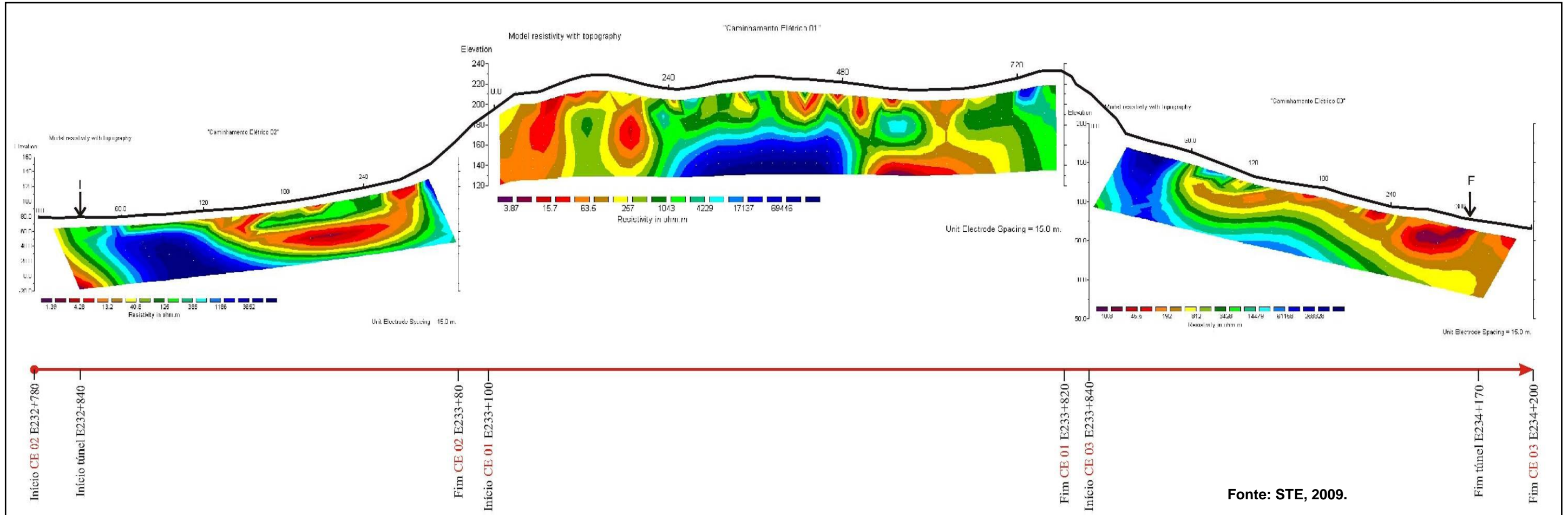
Os diques de diabásio ou outra rocha de composição mais máfica apresentam uma menor resistência elétrica devido à presença de grande quantidade de minerais ricos em ferro e magnésio, apresentando melhores condições de transmissividade elétrica.

Os CEs 4, 5, 6 e 7 (azimute 300º) foram realizados cortando a linha do túnel, no emboque (CES 6 e 7) e desemboque (CEs 4 e 5). O centro dos CEs (50m) corresponde a linha do túnel, em corte perpendicular. Tanto no emboque norte quanto no emboque sul as imagens mostraram a presença de dique/derrame sem fraturas associadas.

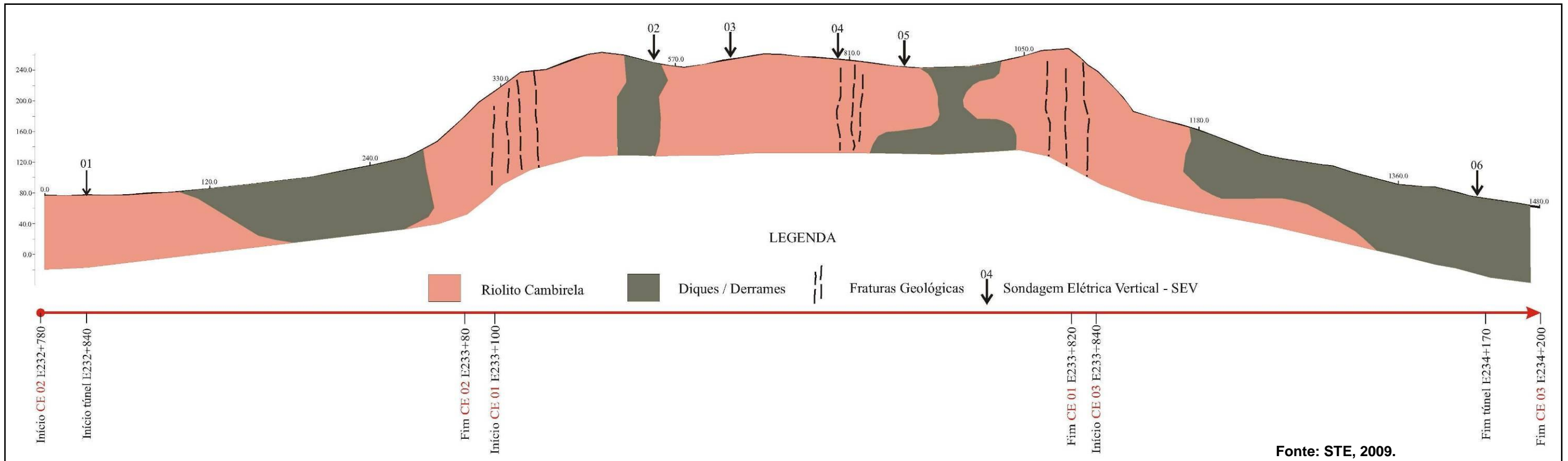
Na seqüência são apresentados os resultados dos Caminhamentos Elétricos constantes no Projeto de Engenharia (Sondotécnica-STE).



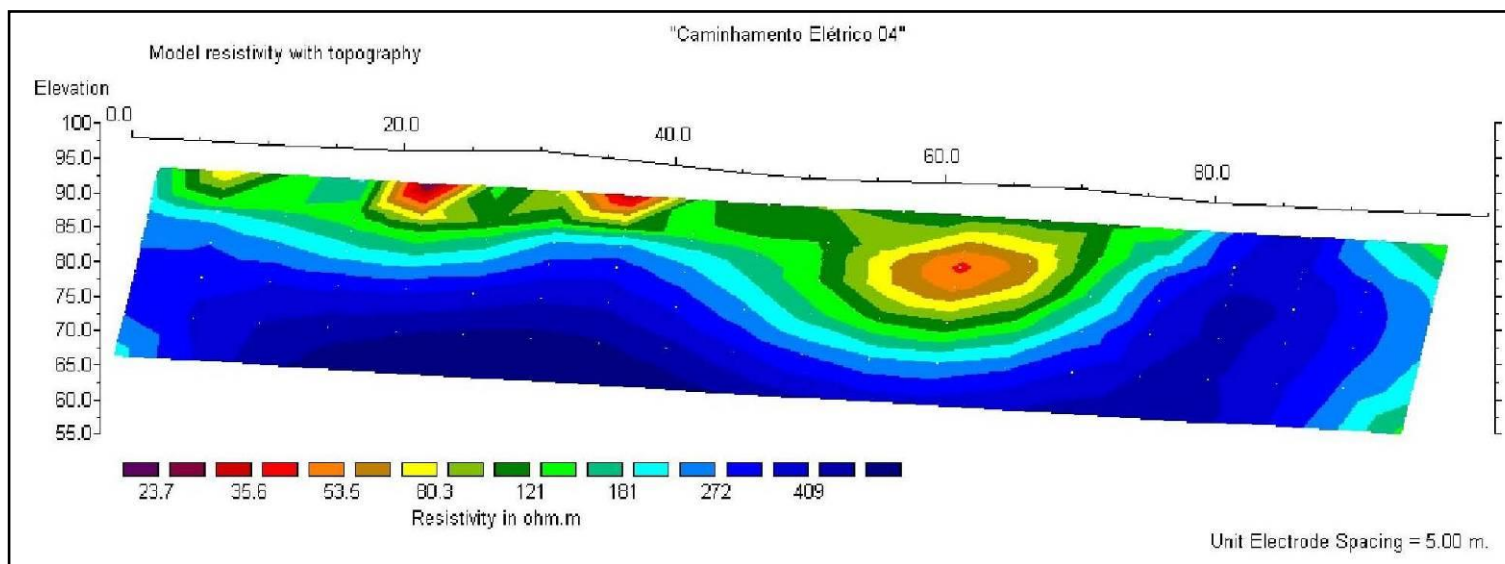
### Imageamento Elétrico - 2D



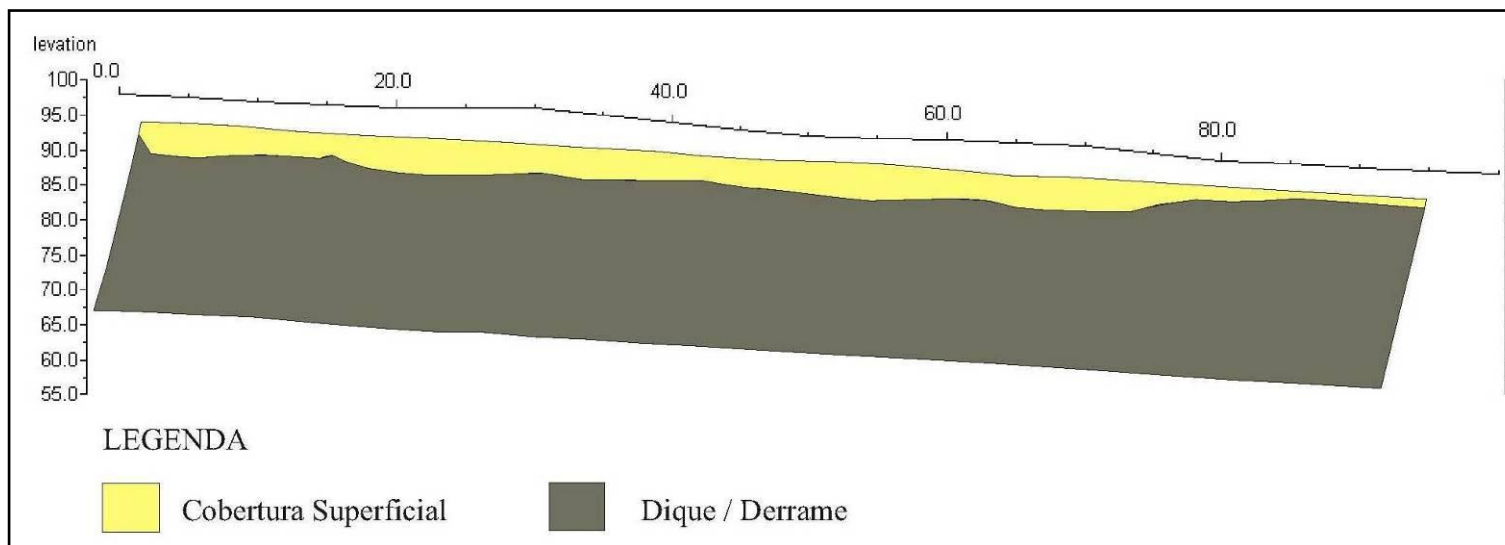
### Perfil Geológico



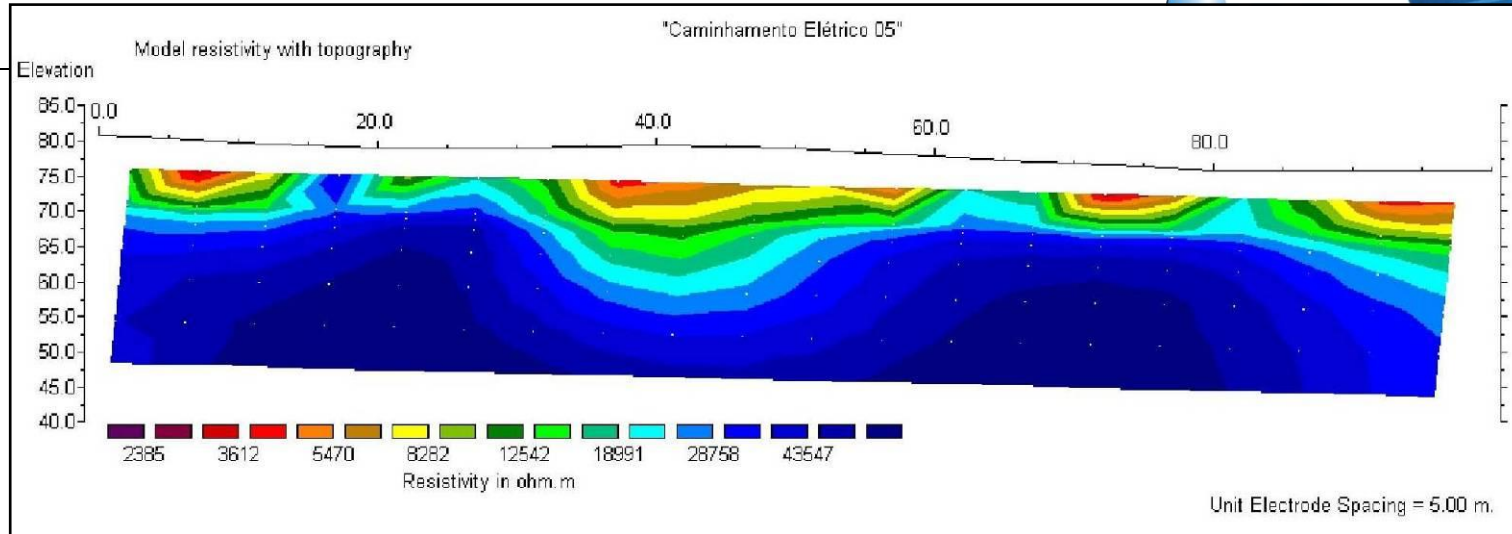
Caminhamento Elétrico – 04, perpendicular a estaca 234+130 – face sul.



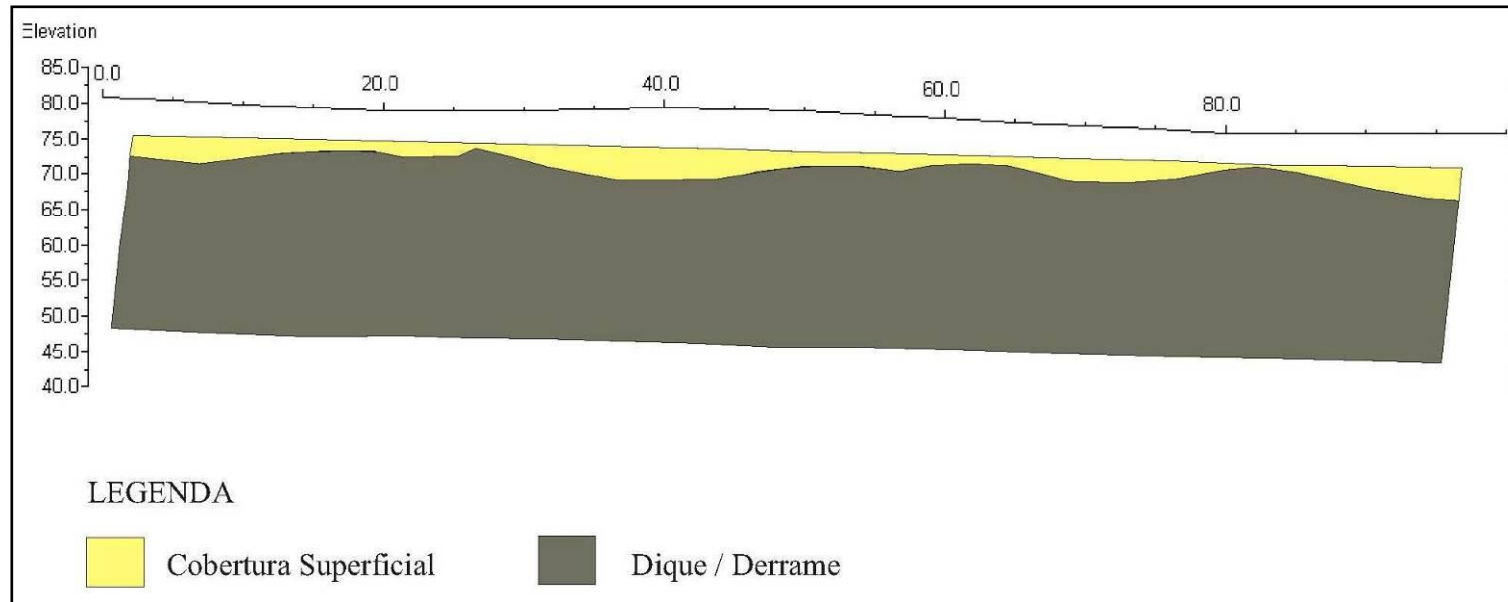
Perfil Geolétrico



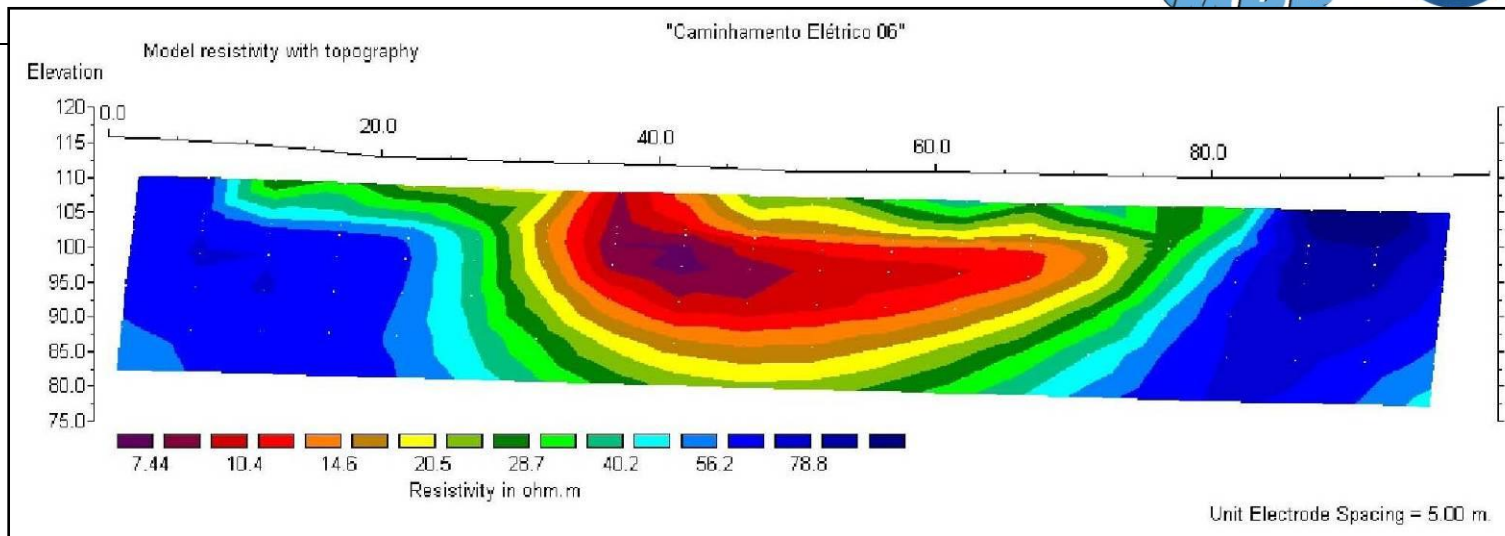
Caminhamento Elétrico – 05, perpendicular a estaca 234+170 – face sul.



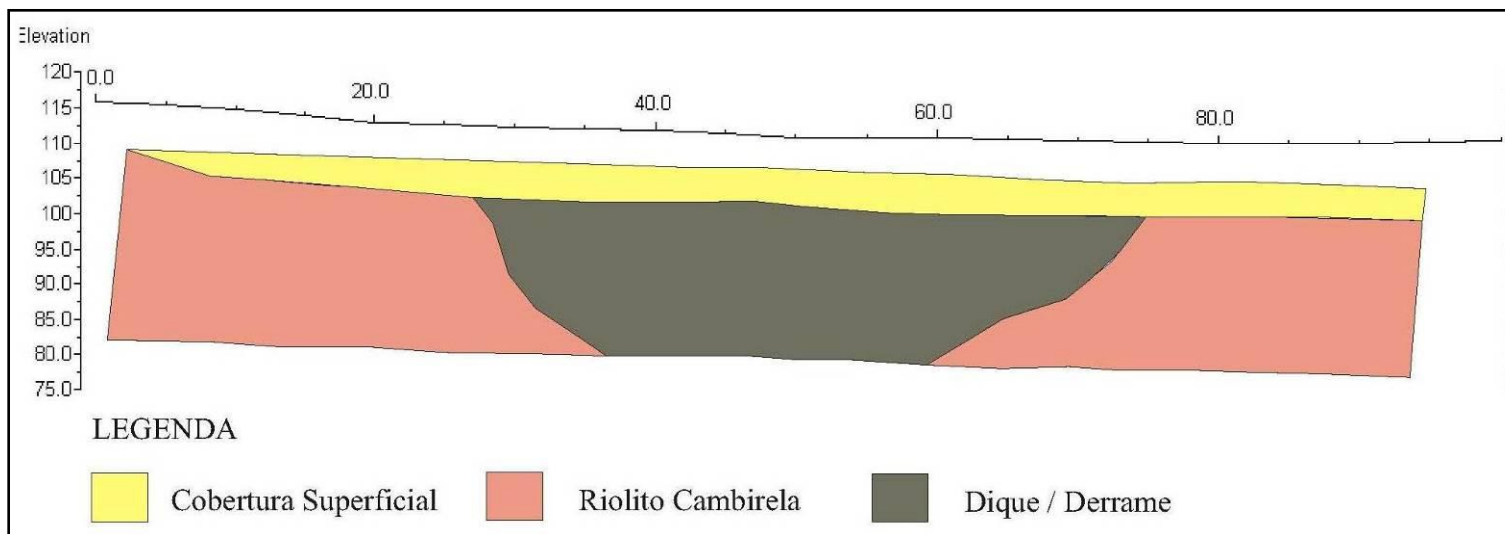
Perfil Geoeletrico



Caminhamento Elétrico – 06, perpendicular a estaca 232+950 – face norte.

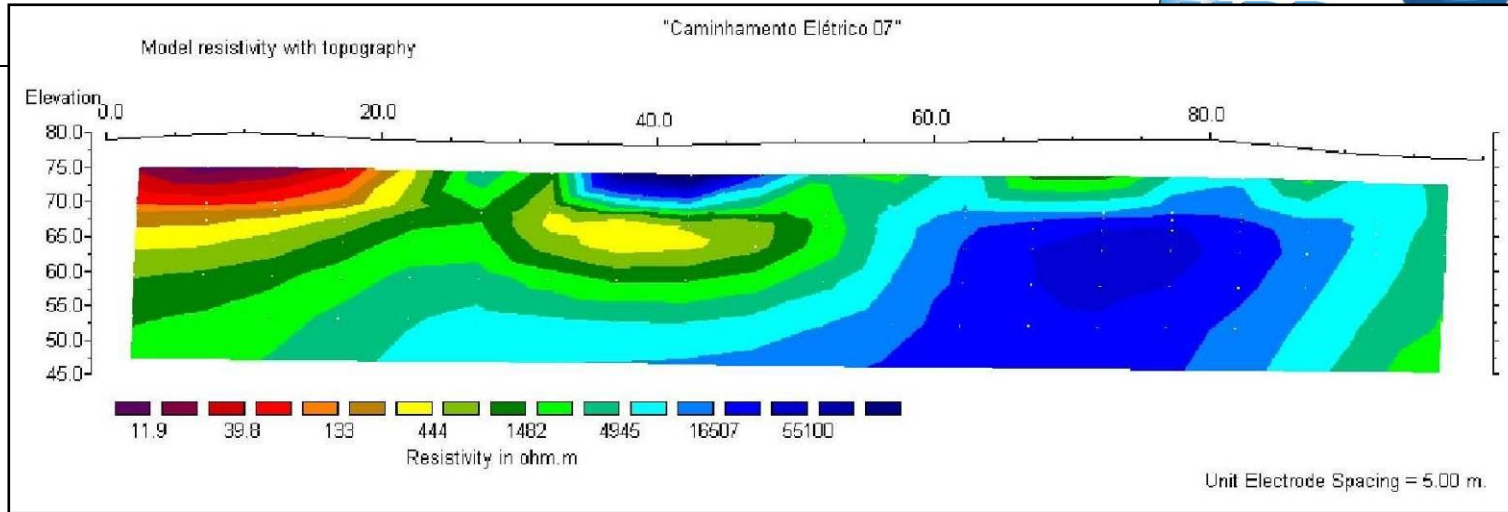


Perfil Geológico

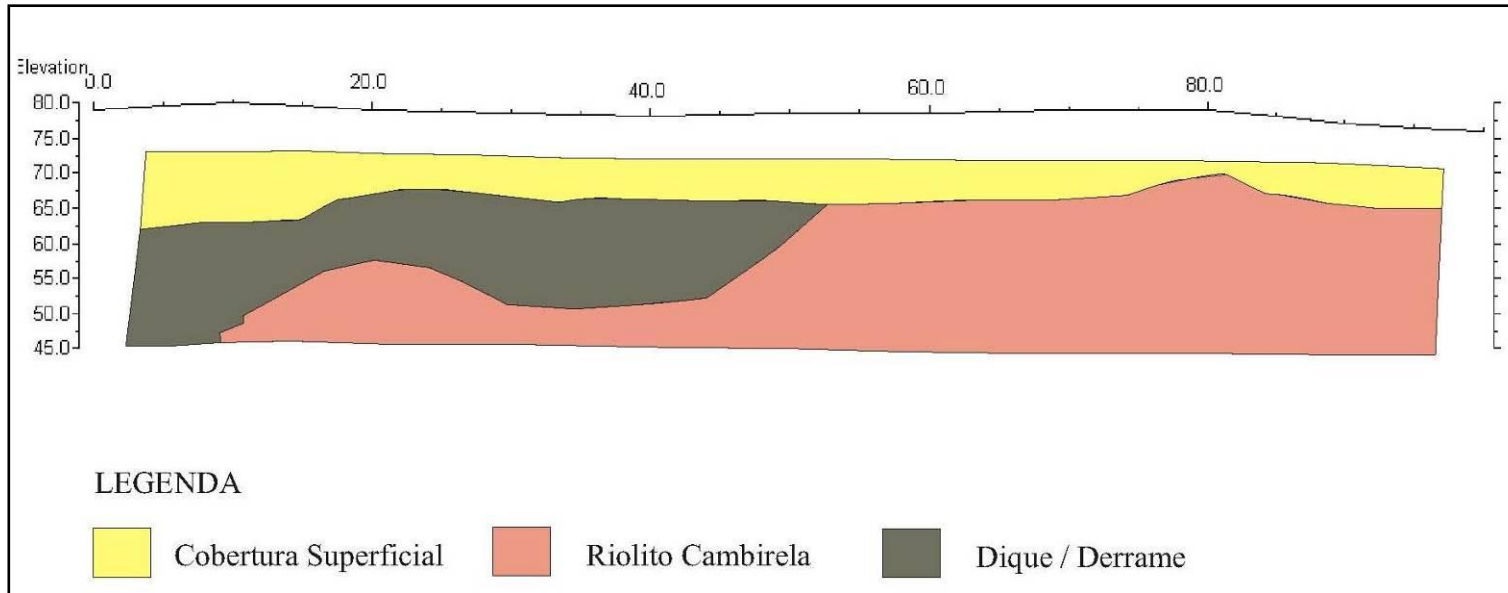




Caminhamento Elétrico – 07, perpendicular a estaca 232+800 – face norte.



Perfil Geoeletrico



#### **5.1.3.4.3. Sondagem Elétrica Vertical – SEV**

Todas as informações relativas às sondagens foram extraídas, na íntegra, do Projeto Básico de Engenharia elaborado pelo Consórcio Sondotécnica-STE.

Segundo informações constantes no projeto, as Sondagens Elétricas Verticais tiveram por objetivo permitir a calibração dos resultados dos caminhamentos geoeletricos em termos das espessuras dos materiais, nível do lençol freático, posição da rocha consolidada e os níveis fraturados.

Foram realizadas seis Sondagens Elétricas Verticais (SEV 01 a SEV 6). As sondagens elétricas verticais SEV 01 e 02 foram locadas, respectivamente, no emboque e desemboque. As demais foram distribuídas ao longo da linha do túnel de acordo com os resultados das imagens elétricas geradas anteriormente. O arranjo utilizado foi Schlumberger, com espaçamento máximo entre eletrodos de 400m, propiciando uma investigação de até 120m de profundidade.

As interpretações das Sondagens Elétricas Verticais foram realizadas com auxílio do software IX 1D e, na área em estudo, partiu de um modelo a priori, evoluindo-se para modelos de trabalho e modelos finais, os quais, no caso desta área, apresentam 4 estratos geoeletricos.

Com base nos procedimentos de interpretação, o modelo de 4 estratos possui a seguinte seqüência geoeletrica:

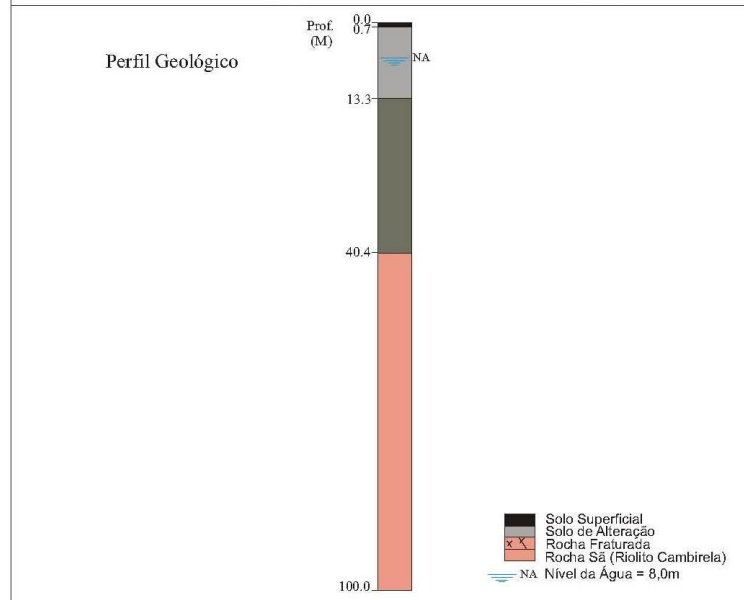
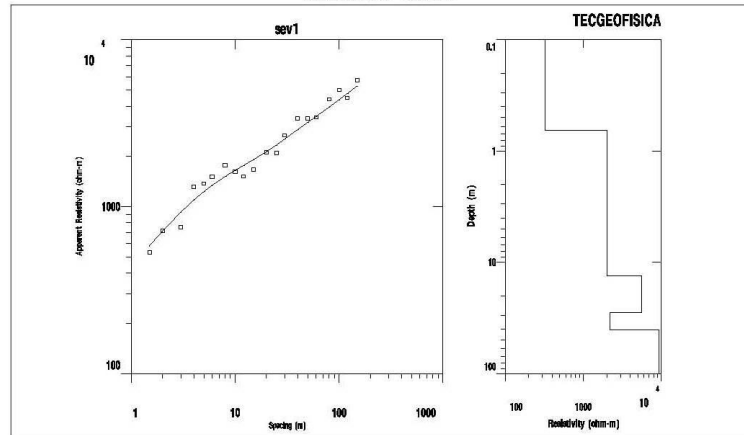
- Primeira Camada – resistente, correspondendo à cobertura superficial + blocos de rocha.
- Segunda Camada – condutora, correspondendo ao solo de alteração e/ou rocha alterada mole.
- Terceira Camada – pouco resistente, correspondendo aos diques/derrames.
- Quarta Camada – resistente, correspondendo ao Riolito Cambirela.



Os gráficos e perfis expostos a seguir indicam de forma sintetizada a espessura de cada material, a profundidade e, o nível do lençol freático.

### Sondagem Geofísica - SEV

Sondagem Elétrica Vertical - SEV 01  
Início do Túnel

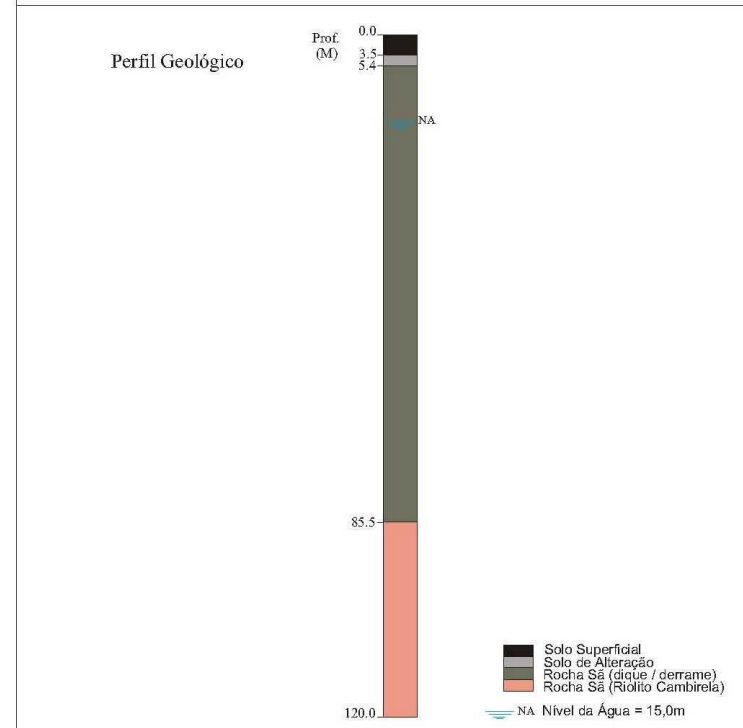
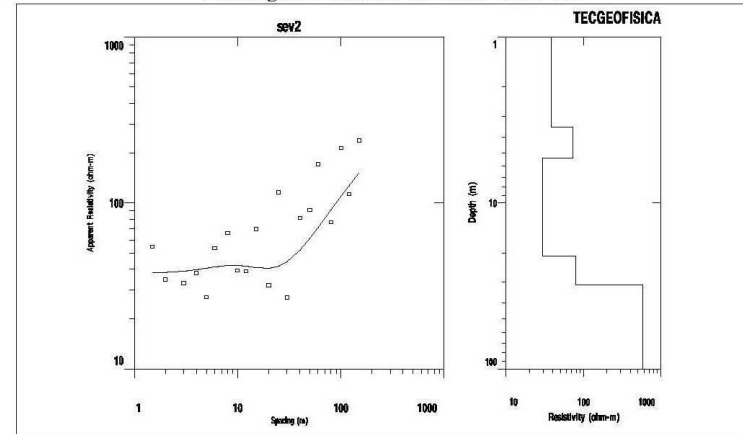


Coordenada UTM: 732962 / 6922781

Fonte: STE, 2009

### Sondagem Geofísica - SEV

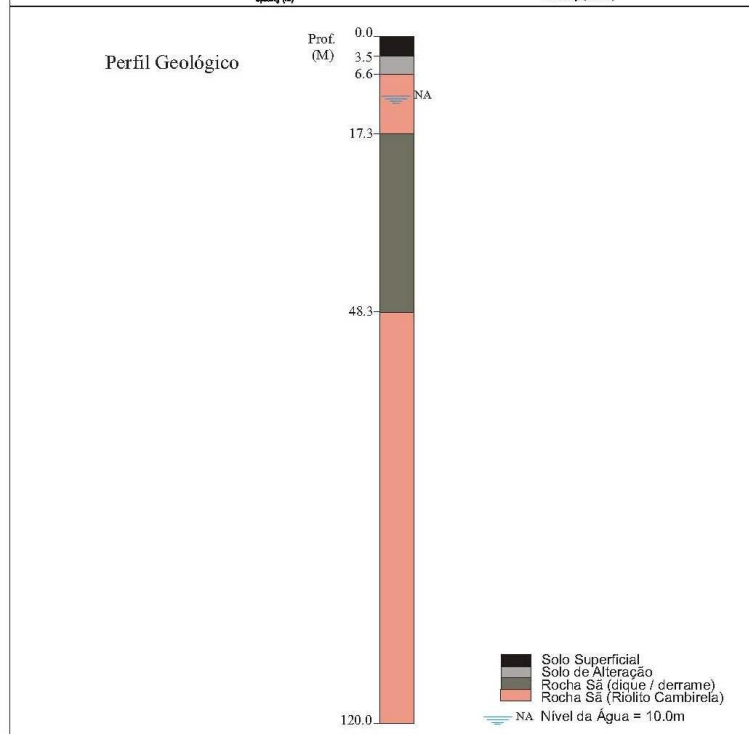
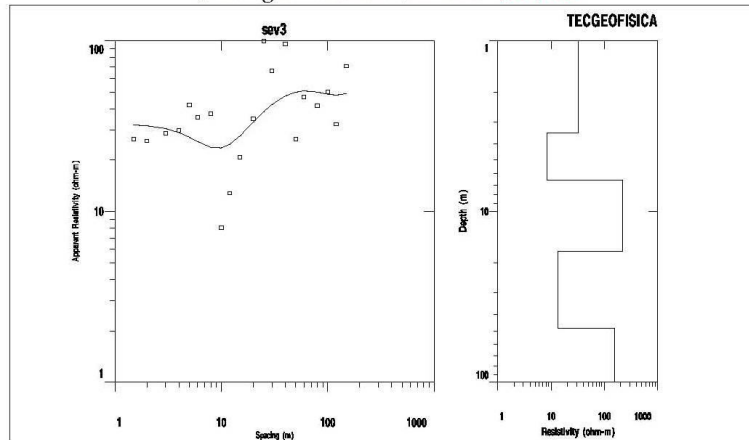
Sondagem Elétrica Vertical - SEV 02



Coordenada UTM: 733069 / 6922457

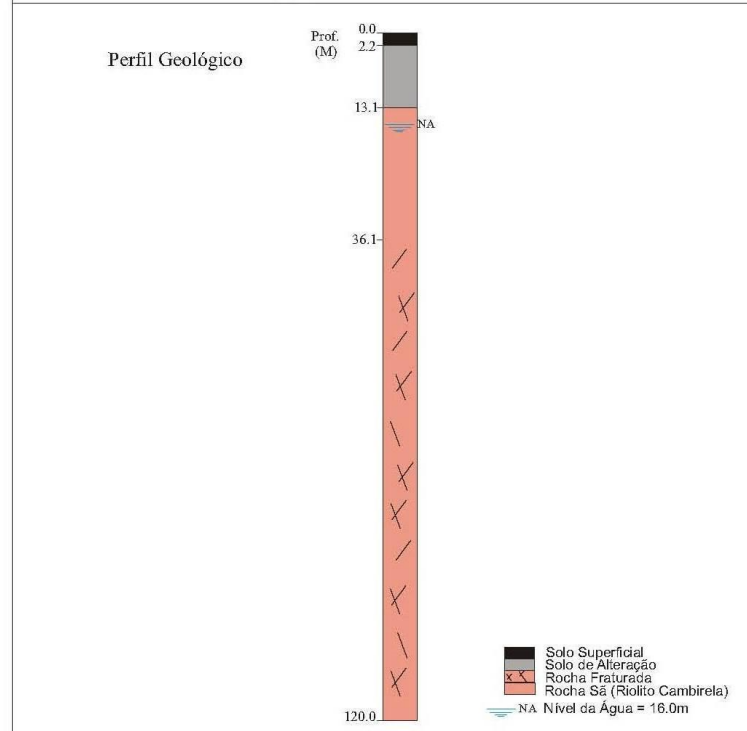
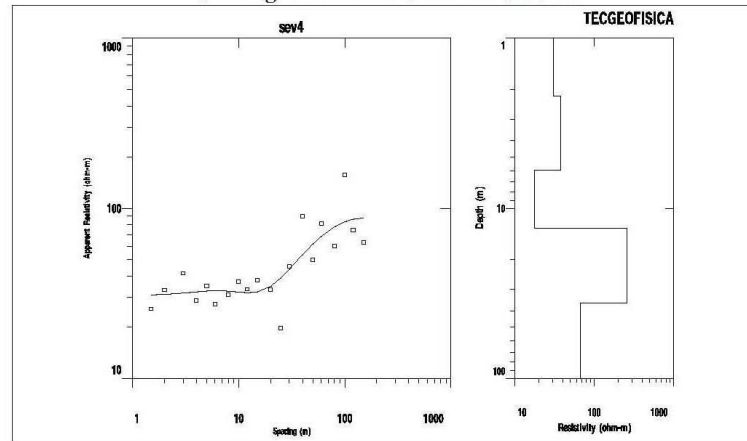
**Sondagem Geofísica - SEV**  
**Sondagem Elétrica Vertical - SEV 03**

Fonte: STE, 2009



Coordenada UTM: 733081 / 6922244

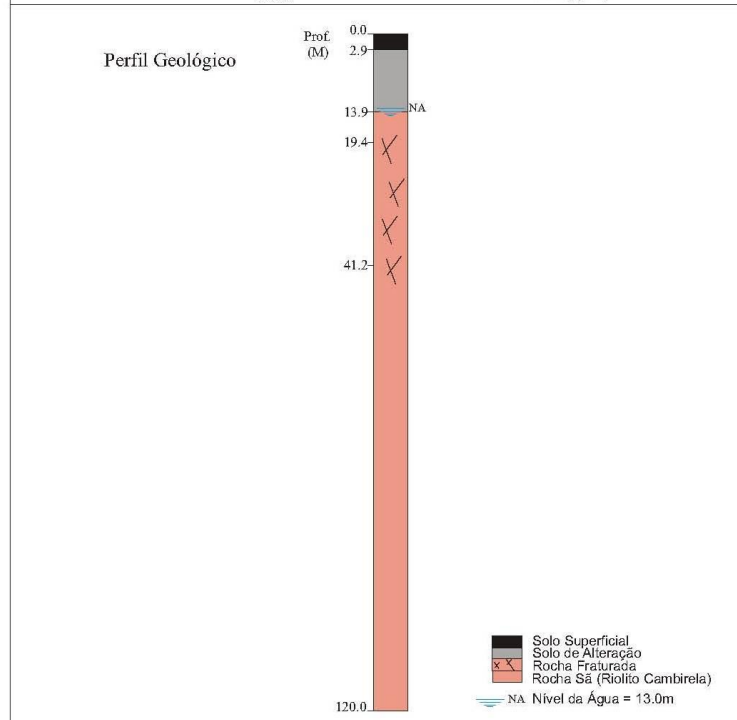
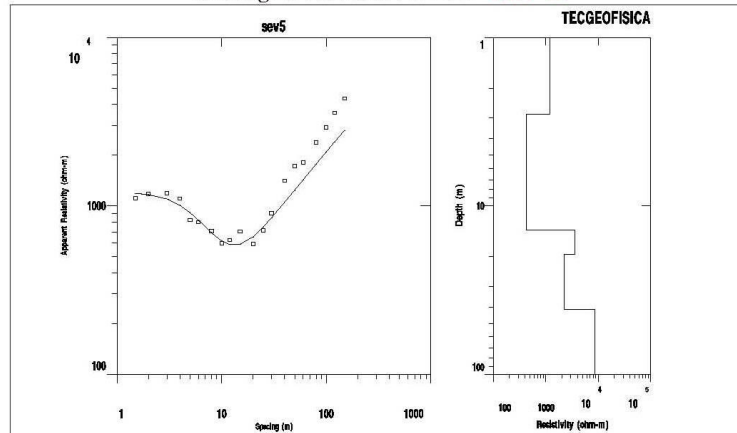
**Sondagem Geofísica - SEV**  
**Sondagem Elétrica Vertical - SEV 04**



Coordenada UTM: 733090 / 6922094

### Sondagem Geofísica - SEV

#### Sondagem Elétrica Vertical - SEV 05

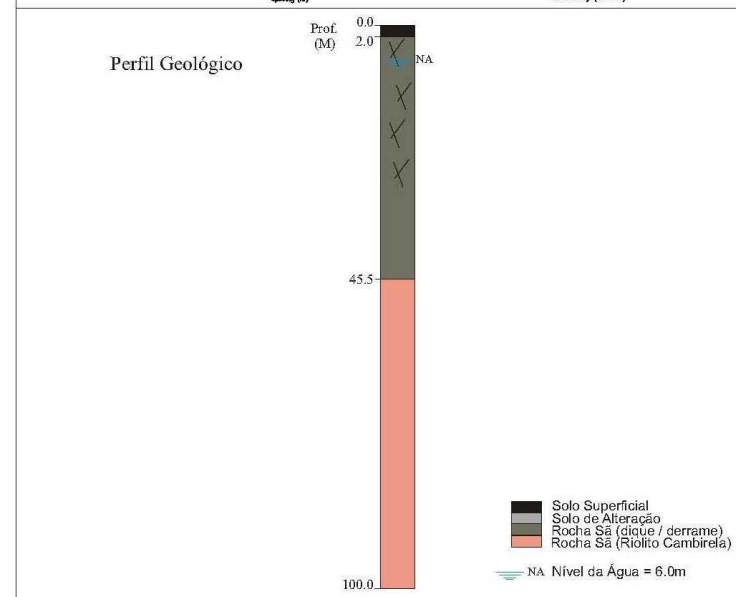
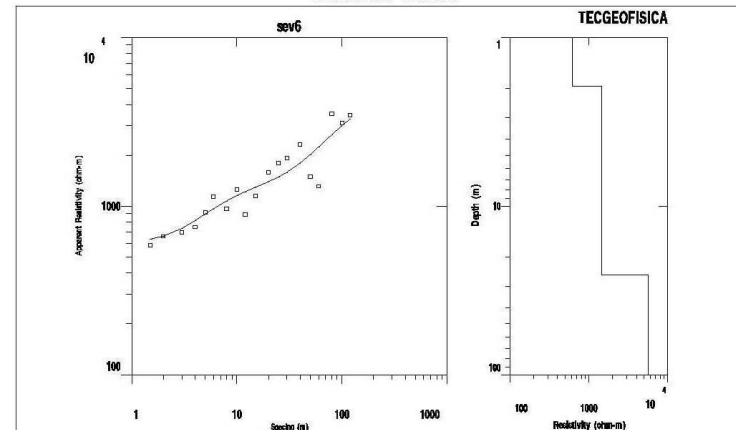


Coordenada UTM: 733096 / 6922015

### Sondagem Geofísica - SEV

#### Sondagem Elétrica Vertical - SEV 06

#### Final do Túnel



Coordenada UTM: 733179 / 6921450

Fonte: STE, 2009

#### **5.1.3.4.4. Discussão**

O levantamento geotécnico detalhado da área na qual pretende-se implantar o túnel do Morro dos Cavalos foi uma etapa fundamental para o desenvolvimento do projeto de engenharia, tendo em vista que permitiu estabelecer, com maior precisão, os parâmetros do comportamento geomecânico do maciço. Tais informações também são de grande valia para o estudo de impacto ambiental, permitindo ampliar o conhecimento da geologia local em nível de subsuperfície.

O imageamento elétrico 2D, obtido por meio dos caminhamentos elétricos identificou as discontinuidades geológicas (falhas/fraturas) mais expressivas ao longo da linha do túnel.

A identificação das principais direções de fraturamento do maciço reveste-se de grande relevância no caso em questão tendo em vista que a presença ou ausência, a densidade e a atitude dos fraturamentos interferem diretamente na tecnologia a ser utilizada na escavação e estabilização dos túneis.

Estas discontinuidades apresentam expressão variável em função da profundidade. Existem discontinuidades mais profundas, que se expressam até cerca de 85m de profundidade e outras intermediárias, manifestando-se até 45m. Segundo os levantamentos realizados na profundidade na qual se desenvolverá grande parte da seção dos túneis as rochas apresentam-se mais maciças.

Pelo comportamento elétrico observado e tendo em vista o mapeamento geológico local, foram identificados dois materiais, o primeiro resistente correspondendo ao Riolito Cambirela, sendo a litologia dominante na seção a ser transposta e o segundo pouco resistente, ou seja de condutividade mais elevada, corresponde aos diques e derrames, ocorrendo em pontos isolados transversalmente à diretriz dos túneis. Como pode ser observado no perfil geológico apresentado os diques tem atitude coincidente com os planos de fraturas/falhas, como seria de se esperar.

Segundo consta do projeto básico, as SEVs indicaram a presença de quatro camadas geolétricas. A primeira camada corresponde a solo superficial +

blocos de rocha. A espessura varia de poucos centímetros a 3 m ao longo da área. A segunda camada diz respeito ao solo de alteração, também tem espessura variável e ocorre em profundidades diferentes. A terceira camada corresponde aos diques/derrames, com menor grau de alteração e fraturamento e a quarta ao Riolito Cambirela.

De posse dos resultados obtidos o Consórcio Sondotécnica – STE conclui que as discontinuidades geológicas mapeadas revelam um maciço com poucas fraturas/falhas subverticais e com poder penetrativo variável.

As estruturas mais penetrativas, de direção preferencial NE, podem atingir até 70m de profundidade, podendo o túnel cruzar com algumas destas. Também poderá haver percolação de água através das estruturas, apesar dos valores de resistividade indicarem um maciço resistivo com pouca circulação de água subterrânea.

A geologia da área também colabora para que o maciço seja mais seco, pois os diques e derrames encontrados estão supostamente preenchendo as antigas estruturas, selando parcialmente o maciço.

Segundo consta do Projeto Básico, na Aldeia Indígena do Morro dos Cavalos foi perfurado um poço tubular profundo com vazão nula, corroborando para a interpretação apresentada a respeito do grau de saturação e circulação de água dentro do maciço.

De acordo com o Consórcio Sondotécnica – STE, especificamente nos locais dos emboques norte e sul a prospecção realizada revelou a presença de um substrato rochoso com baixo grau de fraturamento.

Nestas áreas a presença de diques e derrames pode indicar comportamento mecânico diferenciado frente às exigências das obras de implantação do túnel, tendo em vista as diferenças tanto composicionais quanto texturais existentes entre o Riolito Cambirela e suas associações félsicas e o biabásio presente nos diques. Na área do emboque sul as imagens indicam a presença somente do derrame, indicando um comportamento mecânico mais homogêneo.



#### **5.1.3.5. Potencial Erosivo**

O potencial erosivo de determinado terreno é resultante da conjugação de alguns fatores tais como tipo de solo, declividade e pluviosidade. Sua relação com o substrato geológico diz respeito muito mais às condicionantes que o mesmo determina na evolução do modelado do relevo e da composição e tipo de solos do que uma relação direta.

No caso em questão o projeto é bastante localizado, encontrando-se inserido no domínio das rochas ígneas da Suíte Vulcânica Cambirela. Tais rochas condicionam a formação de solos ricos em argila, de espessuras variáveis a depender da topografia, condições climáticas e grau de fraturamento.

Como poderá ser observado em tópico específico os solos que ocorrem na área são predominantemente os ARGISSOLOS, segundo a classificação atualizada da EMBRAPA. Do ponto de vista de sua gênese os solos expostos nas vertentes do Morro dos Cavalos são do tipo coluvionares, com presença de depósitos de tálus.

Um segundo elemento fundamental na análise da suscetibilidade à erosão é a declividade. A declividade condiciona a energia de drenagem das águas meteóricas e os componentes de força que atuam sobre os elementos do solo.

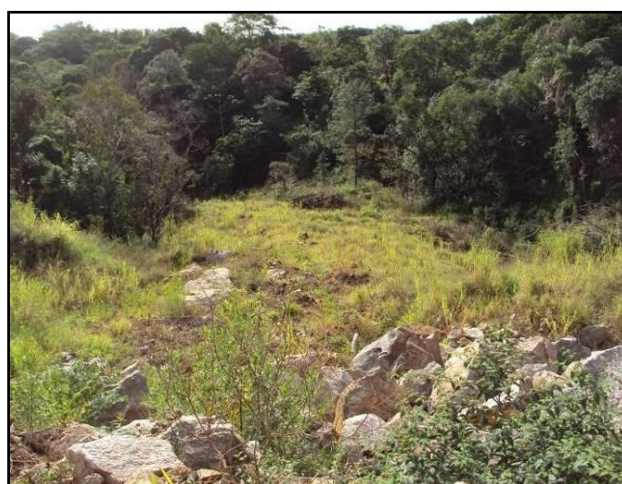
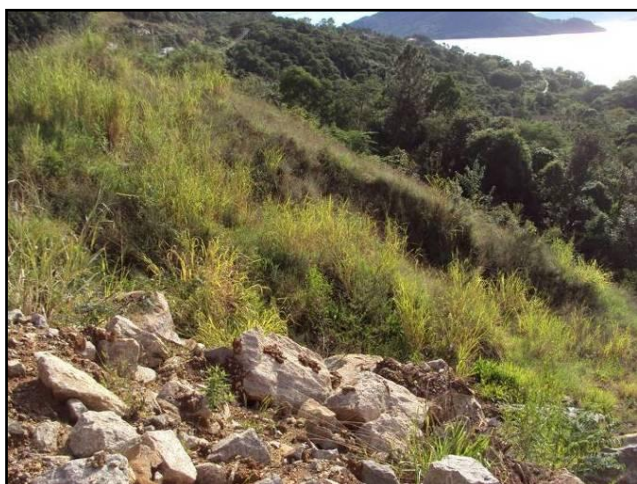
Do ponto de vista da energia de drenagem, quanto maior a declividade, maior será a energia e maior será o potencial erosivo da água de escoamento superficial. Tal potencial erosivo da água tem relação direta com a cobertura vegetal, que pode proteger as partículas superiores do perfil de solo dos fenômenos de transporte laminar.

No caso em questão têm-se, tanto no flanco norte quanto no flanco sul do Morro dos cavalos, elevadas declividades. Tal perfil de declividades associado aos solos coluvionares condiciona elevado grau de erodibilidade em ambas as vertentes.

Este é um aspecto que deverá ser objeto de atenção durante a fase de obras, considerando que existe toda uma cadeia de impactos ambientais que está associada à ocorrência de processos erosivos, como será discutido em maior detalhe no tópico específico da análise de impactos.

#### **5.1.3.6. Mecanismos Condicionantes de Movimentos de Massa**

Do ponto de vista da estabilidade dos taludes a elevação do Morro dos Cavalos é uma elevação bastante perturbada, haja vista, que são visíveis e evidentes, cicatrizes antigas, de movimentação do terreno nos taludes tanto de jusante quanto de montante, condição que pode voltar a ocorrer com a futura implantação. As figuras 23, 24 e 25 apresentam exemplos de locais sujeitos à instabilidade de taludes na AID.



**Figura 23.** As imagens fotográficas mostram a cicatriz do escorregamento havido em tempos passados no talude de jusante, esquerdo da BR-101 atual, a altura da E-232+200m, do segmento da transposição do Morro dos Cavalos no seu flanco norte.



**Figura 24.** A imagem fotográfica mostra uma cortina atirantada utilizada para conter o talude esquerdo da BR-101 atual.



**Figura 25.** A imagem fotográfica mostra uma superfície de ruptura de 10,0m a 15,0m de extensão, com rejeito vertical de 2,0cm a 5,0cm e rejeito horizontal de 5,0cm a 10,0cm, instalada no acostamento no talude do lado direito da BR-101 atual, que corrobora que as encostas neste local são sujeitas a deslizamento e instabilização.



Do ponto de vista de dificuldades para a implantação dos segmentos ligados à transposição podem ser evidenciados no espaço do flanco norte os seguintes elementos que deverão ser objeto de atenção permanente durante a fase de obras: (i) a instabilidade potencial do pé de apoio do aterro a ser ali edificado; (ii) a característica do solo superficial colúvio aluvionar de apoio do aterro na meia encosta instável; (iii) a inclinação da pendente da encosta muito forte neste flanco; (iv) o tratamento adequado que devem sofrer as linhas de drenagem neste segmento; (v) as evidências de instabilidades-escorregamentos rotacionais havidos na encosta; e (vi) a necessidade de proceder à supressão da vegetação nos offsets da obra, o que irá expor os solos à ação das chuvas.

No segmento da transposição do flanco sul se antevê elementos de instabilidades potenciais ligados aos seguintes fatores: (i) presença de solos coluvionares com presença de depósitos de tálus em certos espaços da travessia.

Situações evidentes de estabilidade nos taludes de corte e de aterro nesse flanco estão visíveis no local do escorregamento rotacional havido no talude de corte da BR-101, na altura da E-234+940m, da travessia, e as evidências de ruptura do talude de aterro materializadas no acostamento do lado direito da BR-101 situada no espaço entre os emboques sul dos túneis e o escorregamento do lado direito da rodovia localizado no ponto de coordenadas UTM 0733328/6920653.

#### **5.1.3.7. Hidrogeologia**

O maciço rochoso do Morro dos Cavalos tem baixo potencial para ocorrência de água subterrânea, o que pode ser confirmado pela ausência de poços tubulares em produção.

As litologias predominantes, pertencentes à Suíte Vulcânica Cambirela, são caracteristicamente impermeáveis fazendo com que as ocorrências de água subterrânea estejam restritas às zonas de falhas e fraturas, caracterizando aquíferos fissurais. Destaca-se que neste tipo de aquífero as produtividades são, em geral, bastante reduzidas e a água tende a apresentar níveis elevados de sais.

Os estudos realizados no bojo do Projeto Básico de Engenharia, com maior grau de detalhamento, confirmaram que o maciço rochoso do Morro dos Cavalos possui baixo potencial para ocorrência de água subterrânea.

Segundo o Consórcio Sondotécnica – STE, ao longo da diretriz dos túneis rocha apresentou-se predominantemente maciça, com poucos trechos de rocha falhada ou fraturada, confirmando o acerto na determinação da sua posição. Mesmo assim, essas descontinuidades apresentam variação no grau de penetração: a maioria dessas estruturas apresenta-se fechada aos 45,0 m de profundidade; as demais persistem até os 85,0 m de profundidade, que foi a profundidade máxima investigada por caminhamento elétrico.

A expectativa da equipe responsável pelo Projeto Básico é que, na profundidade predominante dos túneis, situada em torno de 120,0m, grande parte das descontinuidades se apresentarão fechadas, pelo efeito do aumento da pressão de confinamento com a profundidade.

Segundo o Consórcio Sondotécnica – STE, as sondagens elétricas verticais mostraram que a profundidade do lençol freático varia em torno de 6,0 a 8,0 m nos emboques e de 10,0 a 16,0 m no topo do morro. Tanto a sondagem elétrica vertical SEV-02 executada em maciço rochoso são, como a sondagem elétrica vertical SEV-04 executada em maciço rochoso fraturado, mostraram profundidade do lençol freático semelhante, em torno de 15,0 a 16,0 m, significando que as fraturas identificadas na sondagem elétrica vertical SEV-04 não têm comunicação ou estão fechadas em profundidade.

#### **5.1.3.7.1. Perfil Hidrogeológico**

Uma vez que a potencialidade hidrogeológica das rochas existentes no maciço do Morro dos Cavalos é praticamente nula, não se justifica a construção de perfil hidrogeológico relativo a tal área. Destaca-se que esta porção do Estado de Santa Catarina, justamente pelo baixo desempenho dos poços eventualmente perfurados e por seu arcabouço geológico predominantemente pertencente ao embasamento cristalino, não possui estudos mais aprofundados acerca da potencialidade hidrogeológica local. As inferências realizadas partiram do conhecimento geológico da área, dos resultados dos estudos geofísicos realizados no âmbito do projeto de engenharia e das informações acerca da tentativa frustrada da FUNASA de perfurar poços para abastecimento da Comunidade Indígena na Aldeia do Morro dos Cavalos.

#### **5.1.3.7.2. Influência do Túnel na Hidrogeologia Local**

A engenharia brasileira de túneis registra que em rochas duras, ígneas ou metamórficas, a vazão de infiltração média durante a construção situa-se em torno de 1 (um) litro/segundo para cada quilômetro de escavação.

Os levantamentos geolétricos realizados mostraram que as discontinuidades existentes no maciço rochoso manifestam-se de forma expressiva até profundidades máximas de 80m. Assim sendo, a expectativa é de que na profundidade de desenvolvimento da maior parte da estrutura, que será de cerca de 120m, o maciço apresente baixo índice de discontinuidades.

Apesar deste fato, nas porções mais próximas aos emboques, onde a profundidade é inferior a 120m, os túneis se desenvolverão em direção perpendicular aos planos de fraturamento identificados no imageamento 2D. Para tais porções da obra existem soluções de engenharia para minimizar as interferências da infiltração de água, como injeções de impermeabilização com calda de cimento.



#### **5.1.3.8. Jazidas, Áreas de Empréstimo e Bota-Foras**

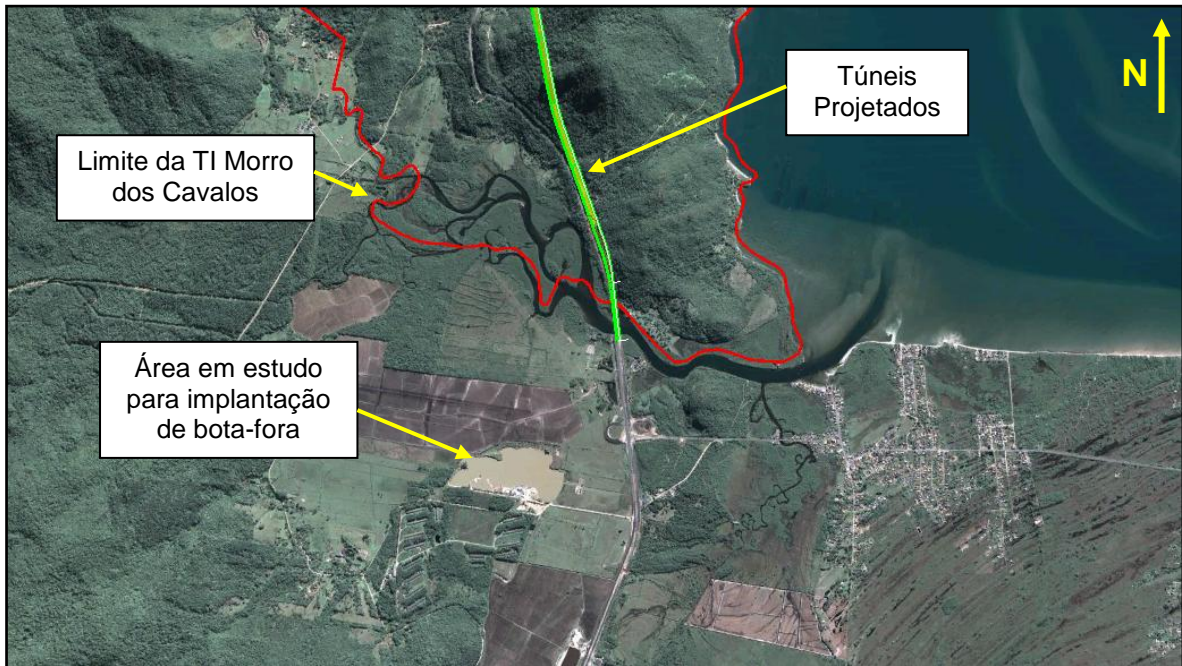
Em termos de jazidas, o projeto de implantação dos Túneis para Transposição do Morro dos Cavalos prevê o aproveitamento do material escavado – rocha – para suprir a demanda da obra, destinada à fabricação do concreto que será utilizado em todo o escoramento e revestimento dos túneis e no pavimento rígido previsto para todo o segmento. Também serão de concreto toda a estrutura dos viadutos de acesso no lado norte e os túneis falsos no lado sul.

Para atender à demanda de terraplenagem de baixa expressão, localizada no final da porção sul do segmento, está prevista, em princípio, a utilização do solo oriundo dos cortes a serem realizados nos locais dos emboques.

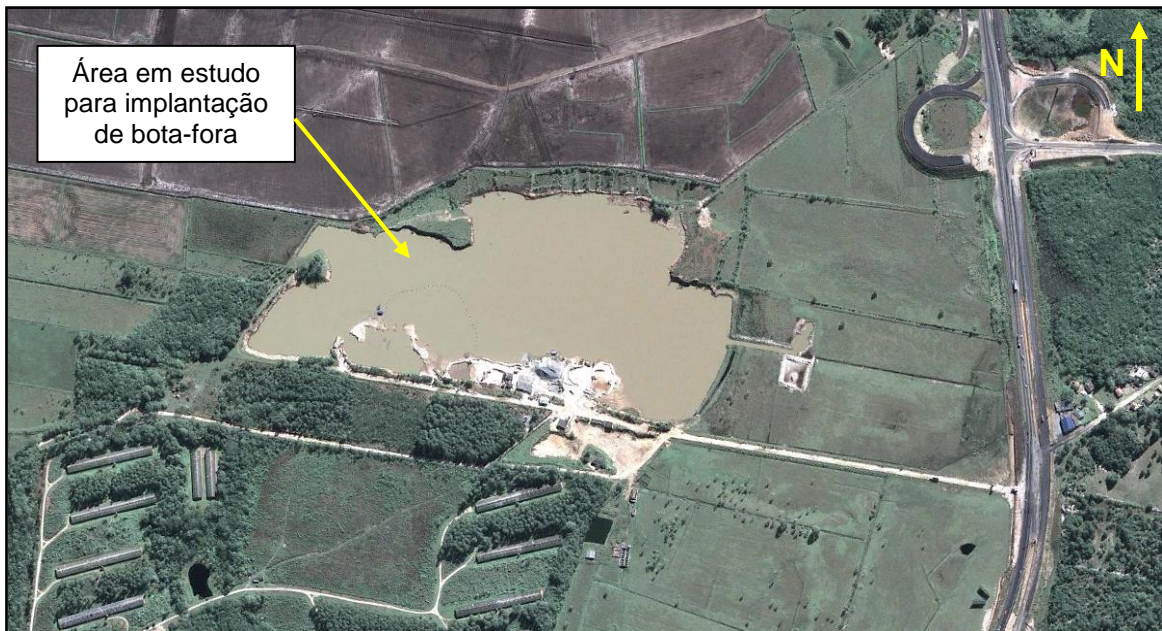
Em termos de área de bota-fora, a mesma será necessária para realizar a disposição final de cerca de 300.000m<sup>3</sup> de rocha excedente, proveniente da escavação dos túneis.

Para tal área a projetista estuda a utilização de uma cava de jazida de areia utilizada para as obras de duplicação da própria BR 101 Sul, situada a 1,2km de distância da ponte sobre o rio Massiambu, em direção ao Sul, no lado direito da rodovia, como pode ser visto na Figura 26.

A utilização de tal área, caso a mesma se mostre adequada do ponto de vista de capacidade volumétrica, estará sujeita a licenciamento ambiental específico. Destaca-se que por se tratar de uma área degradada, sua utilização como bota-fora permitirá uma melhor reconformação da mesma, representando um significativo ganho ambiental para a região. A figura a seguir apresenta a área em maior detalhe na Figura 27.



**Figura 26: Localização da área em estudo para implantação de bota-fora**



**Figura 27: Detalhe da área que está sendo avaliada para implantação de bota-fora.**

Uma vez que na região em questão existe um conjunto de áreas protegidas já legalmente instituídas e existe um conjunto de áreas prioritárias para

conservação, estabelecidas pelo Ministério do Meio Ambiente, realizou-se análise do local proposto para implantação do bota-fora, *vis-a-vis* a existência de tais áreas.

No entorno da área proposta para implantação do bota-fora existem três áreas protegidas legalmente instituídas, o Parque Estadual da Serra do Tabuleiro, a APA da Baleia Franca e a TI Morro dos Cavalos. Além disto, existe uma área prioritária para a conservação da biodiversidade, denominada Reserva Passarim, classificada como sendo de prioridade alta.

Como pode ser observado na Figura 28, a área proposta para implantação do bota-fora não interfere diretamente com nenhuma das áreas protegidas ou com a área prioritária para conservação. Considerando, adicionalmente, que a utilização deste local, que teve função de caixa de empréstimo para as obras de duplicação da própria rodovia, permitirá a recuperação ambiental da área, hoje degradada.



**Figura 28:** Conjunto de áreas protegidas no local avaliado para implantação de bota-fora.



#### **5.1.4. Geomorfologia**

##### **5.1.4.1. Metodologia**

A análise dos condicionantes geomorfológicos das áreas de influência do projeto de construção dos túneis para transposição do Morro dos Cavalos foi realizada em duas etapas seqüenciais, uma de análise e compilação de dados secundários e outra de verificação *in situ* para obtenção de dados primários. Para levantamento de dados secundários foram utilizados, como base de informações, o Atlas do Estado de Santa Catarina, a proposta de Zoneamento do Parque Estadual da Serra do Tabuleiro e a base cartográfica do IBGE.

Somou-se à etapa de compilação de dados secundários e elaboração da base temática a análise de imagens de satélite disponíveis no site [WWW.googleearth.com](http://WWW.googleearth.com), datadas de julho de 2009, e a análise das fotografias de sobrevôo de helicóptero realizado pela Belfoto e cedidas pelo DNIT.

De posse de uma base de dados secundários previamente consolidada e do mapa base elaborado a partir da cartografia básica do IBGE, foram realizadas duas visitas a campo para verificação *in situ* dos principais aspectos relativos às formas e compartimentação do relevo, e suas possíveis implicações frente à proposta de intervenção que ora se apresenta – qual seja – a implantação de dois túneis paralelos para transposição do Morro dos Cavalos.

##### **5.1.4.2. Geomorfologia Regional**

A geomorfologia é a área do conhecimento que se ocupa do estudo dos processos endógenos e exógenos de modelagem da paisagem, incluindo o estudo, mapeamento e classificação das formas e dinâmicas do relevo, a análise e interpretação dos processos morfogenéticos.

Na análise do modelado e da compartimentação regional é possível divisar, na área de influência indireta do empreendimento em questão, a presença de dois

Domínios Morfoestruturais distintos: o Domínio dos Embasamentos em Estilos Complexos e o Domínio das Acumulações Recentes.

Segundo BIGARELLA (1994, in SDM/FATMA, 2004) define-se como domínios morfoestruturais os grandes compartimentos nos quais predominam condições estruturais e/ou litológicas semelhantes, que exercem papel fundamental nas diferenciações geomorfológicas de larga escala. Ou seja, segundo o autor, tais domínios são definidos pelo conjunto de fatos geomorfológicos correlacionados a aspectos geológicos mais amplos.

O Domínio Morfoestrutural dos Embasamentos em estilos Complexos corresponde às rochas do Proterozóico e Eo-Paleozóico que compõe o embasamento cristalino, relacionadas ao controle geotectônico que condicionou o modelado de formas de relevo fortemente dissecadas, com densa rede de drenagem orientada preferencialmente no sentido NE-SW (SDM/FATMA, 2004). Este comportamento da rede de drenagem reflete um condicionamento estrutural relacionado às direções preferenciais de grandes lineamentos regionais.

Na Área de Influência Indireta do empreendimento em apreço o Domínio dos Embasamentos em estilos Complexos é representado pela Unidade Geomorfológica das Serras do Leste Catarinense.

A Unidade Geomorfológica das Serras do Leste Catarinense é constituída por uma sequência de colinas, morros e montanhas, dispostas de forma paralela à linha de costa, com os talwegues mais expressivos orientados segundo as zonas de fraqueza do embasamento cristalino (SDM/FATMA, 2004).

Nas porções mais próximas ao litoral as serras tendem a apresentar altitudes mais reduzidas. Na área de Influência Indireta do empreendimento tal comportamento fica bastante claro. Nas nascentes dos rios Massiambu Grande e Massiambu Pequeno as cotas altimétricas são da ordem de 1000m a 1200m, chegando, em pontos localizados a atingir 1200m a 1600m. No Morro dos Cavalos, já próximo à linha de costa, as altitudes máximas são da ordem de 400m.

As formas de relevo são fortemente dissecadas devido à erosão diferencial, intensificada pelas variações topográficas e condicionantes geológicas tais como as zonas de fraturamento/falhamento e lineamentos regionais. A intensidade e densidade de zonas de fraqueza estrutural possibilitaram a formação de interflúvios convexos e estreitos bem marcados, resultantes da intensa dissecação remontante.

Na bacia do rio Massiambu o condicionamento estrutural da drenagem é bastante conspícuo nas porções alta e média, tanto da sub-bacia do rio Massiambu Grande, quanto do rio Massiambu Pequeno. Nestas porções observa-se a prevalência de dois padrões de lineamentos estruturais, um padrão que varia de aproximadamente N-S a NW-SE e outro de direção NE-SW. O rio Massiambu Pequeno, por exemplo, se desenvolve em um vale encaixado, retilíneo, de direção NW-SE, desde a nascente até a confluência com o Massiambu Grande.

O segundo domínio morfoestrutural presente na área de influência do empreendimento é o Domínio Estrutural de Acumulações Recentes (Quaternário).

Este Domínio corresponde aos depósitos sedimentares desenvolvidos em toda a planície costeira e vales dos maciços da vertente atlântica, apresentando idades, processos morfogenéticos e ambientes variados. O que reúne os diversos conjuntos de depósitos neste Domínio é a predominância das formas de acumulação resultantes dos eventos de retrabalhamento ocorridos durante o Quaternário.

A Unidade que representa na área de influência do empreendimento o Domínio Morfoestrutural de Acumulações Recentes é a Unidade Geomorfológica da Planície Costeira.

Esta Unidade reúne as formas de relevo associadas aos processos de transporte e sedimentação sob ação das ondas, correntes, marés, ventos litorâneos e rios ao longo da planície costeira, dando origem a depósitos fluviais, eólicos, flúvio-marinhos, marinhos e lacustres (SDM/FATMA, 2004).



Os depósitos pertencentes a esta Unidade ocorrem de forma descontínua ao longo do litoral, tendo sua conformação espacial condicionada principalmente pelo recorte dos Morros e Serras pertencentes ao Domínio Morfoestrutural dos Embasamentos em estilos Complexos, bem como pela planície fluvial dos principais rios da região.

Na área de Influência Indireta do projeto de construção dos túneis para transposição do Morro dos Cavalos esta Unidade é representada pelo conjunto de sedimentos areno-argilosos de origem fluvial da planície do rio Massiambu e sedimentos flúvio-marinhos que ocorrem tanto entre a Serra do Tabuleiro e o litoral, ao longo de toda a Enseada de Brito, quanto na foz do rio Massiambu.

O relevo predominante na Unidade Geomorfológica da Planície Costeira é plano a suavemente ondulado, com drenagens de padrão meandrante bem desenvolvido, a exemplo do que se observa no baixo curso do rio Massiambu.

O mapa a seguir apresenta a compartimentação geomorfológica da Área de Influência Indireta do empreendimento em questão.

## MAPA GEOMORFOLÓGICO

### ÁREA DE INFLUÊNCIA INDIRETA

#### **5.1.4.3. Geomorfologia da Área de Influência Direta**

As feições geomorfológicas da área de influência direta do projeto de transposição do Morro dos Cavalos são integrantes de duas unidades geomorfológicas, a Unidade das Serras do Leste Catarinense e a Unidade da Planície Costeira (ver Mapa Geomorfológico da Área de Influência Direta).

A Unidade Geomorfológica das Serras do Leste Catarinense é representada pelo Morro dos Cavalos propriamente dito e por parte da vertente leste da Serra do Tabuleiro. Nesta unidade a dinâmica do relevo é comandada pelo processo de erosão, com tendência de rebaixamento paulatino dos terrenos até atingir o nível de base.

Nestes locais, como já mencionado anteriormente, verifica-se altitudes da ordem de 400m no máximo. Em termos de declividade, predominam as áreas com declividades variando na faixa de 30% a 55%, sendo que em pontos localizados ocorrem declividades da ordem de 60% a 75% e superiores a 75%.

Este perfil de declividades elevadas, associado aos solos coluvionares com presença de depósitos de tálus, condiciona uma elevada propensão à ocorrência de movimentos de massa, como os ocorridos desde 2008 com grande repercussão na mídia local e nacional.

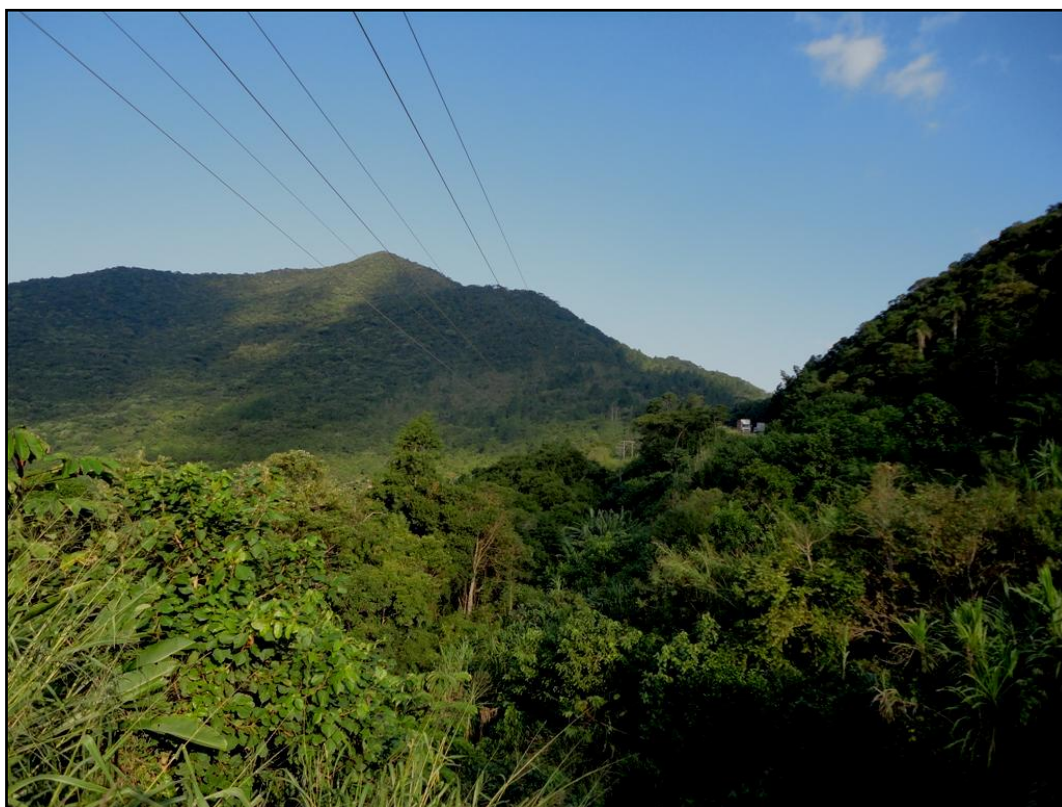
Ao contrário do que se observa nas porções desta Unidade situadas mais a oeste em relação ao Morro dos cavalos, compreendendo os trechos médio e alto da bacia do rio Massiambu e parte expressiva da Serra do Tabuleiro, as formas de relevo apresentam grau de dissecação moderado, com talwegues pouco marcados, abertos e suaves, baixa densidade de drenagem e cursos d'água em geral de pequena profundidade e pouco encaixados. Praticamente não se observa formas de dissecação remontante.

Esta morfologia denota um comportamento mais homogêneo do maciço como um todo, o que foi corroborado nos estudos geotécnicos, que apontaram para uma incidência de falhamentos/fraturamentos relativamente baixa.

## MAPA GEOMORFOLÓGICO

## ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA

A fotografia a seguir (Figura 29) mostra uma vista geral da face norte do Morro dos cavalos, vista a partir da rodovia BR 101. Como pode ser observado, não existem talvegues profundos e encaixados na vertente principal desta elevação.



**Figura 29. Vista frontal da face norte do Morro dos Cavalos**

A segunda unidade que ocorre na área de Influência Direta do empreendimento em questão é a Unidade Geomorfológica da Planície Costeira, representada pelo conjunto de sedimentos areno-argilosos de origem fluvial da planície do rio Massiambu e sedimentos flúvio-marinhos que ocorrem tanto entre a Serra do Tabuleiro e o litoral, ao longo de toda a Enseada de Brito, quanto na foz do rio Massiambu. A dinâmica do relevo predominante nesta unidade é a transporte e acumulação de sedimentos.

As formas de relevo têm sua gênese associada aos processos de transporte e sedimentação. São terrenos de topografia plana a suavemente ondulada (Figura 30), caracterizados por depósitos arenosos ou areno-argilosos, de estrutura estratificada, plano-paralela ou com inclinação suave. Uma vez que se trata de depósitos recentes, os terrenos em geral apresentam-se inconsolidados e localmente apresentam estrutura frágil, com a possibilidade de ocorrência de solos de baixa capacidade de carga.



**Figura 30. Vista geral da planície do rio Massiambu, com relevo plano característico da Unidade Geomorfológica da Planície Costeira.**

Como já discutido anteriormente os depósitos pertencentes a esta Unidade ocorrem de forma descontínua, sendo que sua conformação espacial é condicionada pelo arranjo e distribuição dos elementos estruturais associados ao embasamento cristalino.

Na área de influência direta dos túneis para transposição do Morro dos Cavalos o elemento morfológico de maior expressividade pertencente à Unidade da Planície Costeira é a planície fluvial do rio Massiambu.

O rio Massiambu tem suas nascentes nas porções mais elevadas da Serra do Tabuleiro, percorrendo cerca de dois terços de seu curso em terrenos



montanhosos pertencentes à Unidade Geomorfológica das Serras do leste Catarinense. Em seu terço inferior o rio Massiambu atinge áreas de topografia mais suave, formando ampla planície fluvial. Nesta planície tanto o rio Massiambu Grande, quanto o Massiambu Pequeno assumem características meandranter, que marca a paisagem a montante da ponte da BR 101.

No segmento a montante da rodovia o rio Massiambu apresenta canais secundários separados por ilhas arenosas e areno-argilosas já bastante consolidadas. Este trecho já sofre influência de marés e apresenta feições típicas de mangue, principalmente na margem esquerda (Figura 31).

A jusante da ponte o rio Massiambu perde o caráter meandrante, assumindo um único canal principal que segue até sua foz. Neste trecho as margens são baixas, com vegetação rasteira e arbustiva (Figura 32). O canal principal adentra no mar, em meio a um espesso e extenso banco de sedimentos arenosos, que inflete para norte, em função das direções preferenciais das correntes marinhas.



**Figura 31. Rio Massiambu a montante da ponte da BR 101.**



**Figura 32. Rio Massambu a jusante da ponte da BR 101.**

A fotografia abaixo (Figura 33) mostra a vertente sul da Área de Influência Direta, com as duas feições mais conspícuas da área na qual serão construídos os túneis, o Morro dos Cavalos e a Planície do Baixo Massambu.



**Figura 33. Vertente sul da Área de Influência Direta.**



Além da planície do rio Massiambu, situada na vertente sul da área de influência direta do empreendimento, existe ainda um outro elemento morfológico pertencente à Unidade Geomorfológica da Planície Costeira, que são os depósitos litorâneos da Enseada de Brito, na vertente norte da AID.

Tais depósitos têm origem predominantemente marinha e se distribuem nas porções de topografia suave, no nível do mar, ao sopé do Morro dos Cavalos e a jusante da rodovia BR 101, em direção ao norte. A ocupação humana na Enseada de Brito se localiza em parte nestas áreas. Os depósitos são predominantemente arenosos.

Na AID do empreendimento os depósitos litorâneos estão restritos a pequena área pertencente à Enseada de Brito, situados ao sopé do Morro dos Cavalos. Tais depósitos podem ser observados na Figura 34 a seguir.



**Figura 34. Depósitos litorâneos na porção sul da Enseada de Brito.**

#### **5.1.4.4. Formas, Dinâmica de Relevo e Declividade das Vertentes**

As duas Unidades Geomorfológicas que ocorrem na Área de Influência Direta do empreendimento possuem características bastante distintas em termos de suas formas, dinâmica de relevo e declividade das vertentes.

A Unidade das Serras do Leste Catarinense é caracterizada por relevo montanhoso e acidentado, com vertentes íngremes e elevadas declividades.

Os terrenos pertencentes à Unidade das Serras do Leste Catarinense apresentam elevada propensão à erosão, devido à presença de declividades elevadas, que aumentam o potencial erosivo das chuvas. Assim sendo, considera-se que em tais áreas a erodibilidade é elevada.

Nestes locais, uma vez que a energia de drenagem é elevada, os fenômenos predominantes são a erosão e o transporte dos sedimentos para as porções topograficamente inferiores, mais próximas ao nível de base.

A Unidade da Planície Costeira, tanto no caso da planície fluvial do rio Massiambu, quando dos depósitos litorâneos na Enseada de Brito, apresenta formas de relevo plano a suavemente ondulado, com predominância dos fenômenos de sedimentação.

Nestes locais, apesar dos sedimentos serem em sua maioria inconsolidados, a baixa declividade e as altitudes que variam entre baixa e nula, resultam em baixa erodibilidade dos terrenos, com elevada tendência à deposição.

A abordagem sobre o local propriamente dito da travessia nos arremete a uma morfologia montanhosa, acidentada em praticamente 2/3 do desenvolvimento.

No trecho situado entre o final da escavação dos túneis falsos e o início do segmento em terraplenagem que será implantado até a cabeceira da ponte sobre o rio Massiambu, a morfologia se mostra plano-horizontal.

Nesse Mister, o segmento que ocupa o espaço a ser edificado da duplicação no flanco norte do Morro dos Cavalos situado entre a E-232+100m e o emboque norte das obras de artes especiais, mostra da mesma forma que para a quase totalidade da elevação ali inserida, a morfologia montanhosa,

acidentada, própria da região que a cerca, com vertentes íngremes, pendentes muito fortes, desenvolvidas de oeste para leste, e secundariamente de sul para norte, com fortes gradientes hidráulicos agregados aos taludes de montante e aos de jusante (Figura 35).

O espaço que compõe a duplicação da rodovia, situado entre o final do túnel falso e a cabeceira norte da ponte sobre o rio Massiambu morfologicamente acompanha a topografia do restante da elevação, ou seja, montanhosa, acidentada, com vertentes íngremes, pendentes muito fortes, desenvolvidas de leste para oeste, e secundariamente de norte para sul, com fortes gradientes hidráulicos agregados aos taludes de montante, tanto quanto os de jusante (Figura 356).



**Figura 35** O dispositivo fotográfico mostra a morfologia montanhosa, acidentada com vertentes íngremes, e pendentes muito fortes que caracterizam o flanco norte do segmento de transposição do Morro dos Cavalos.





**Figura 36. As imagens fotográficas mostram a morfologia montanhosa, acidentada, com vertentes íngremes e pendentes muito fortes, no flanco sul da travessia do Morro dos Cavalos.**

#### **5.1.4.5. Caracterização Topográfica da Área Diretamente Afetada**

A topografia da Área Diretamente Afetada, que compreende os segmentos inicial e final do trecho, juntamente com a área dos emboques norte e sul, mostra-se bastante acidentada, com declividades elevadas, devido à sua localização nas vertentes norte e sul, respectivamente, do Morro dos cavalos.

O levantamento planialtimétrico das áreas sujeitas a intervenção foi realizado pelo Consórcio Sondotécnica-STE, no âmbito dos levantamentos de campo para elaboração do Projeto Executivo de Engenharia.

Apresenta-se, a seguir, a planialtimetria detalhada da diretriz projetada dos túneis (Figura 37) e o perfil topográfico da Área Diretamente Afetada (Figura 38).



Fig 37

PLANIALTIMETRIA DETALHADA DA DIRETRIZ PROJETADA DOS TÚNEIS

Fig 38

PERFIL TOPOGRÁFICO DA ÁREA DIRETAMENTE AFETADA

### **5.1.5. Pedologia**

#### **5.1.5.1. Metodologia**

A metodologia utilizada para o estudo dos solos que ocorrem na área de interesse do empreendimento em questão baseou-se na análise de dados primários e secundários, assim como se procedeu no estudo dos demais elementos do meio físico.

Para elaboração da base de dados secundários da Área de Influência Indireta foram utilizados estudos relativos ao mapeamento dos solos do Estado de Santa Catarina, o mapeamento realizado pela EMBRAPA, em 2001, e a 2ª edição do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, atualizada em setembro de 2009.

Uma vez realizada esta avaliação preliminar, com a elaboração de base temática de trabalho, foi realizado levantamento de dados primários, em duas visitas a campo, com ênfase na verificação dos condicionantes associados à estabilidade de taludes e erodibilidade dos solos nas áreas de Influência Direta e Diretamente Afetada pelas obras.

#### **5.1.5.2. Mapeamento das Classes de Solo da Área de Influência Indireta**

A região que envolve as bacias dos rios Massiambu e do Brito, indicadas no presente estudo como sendo a Área de Influência Indireta do empreendimento, apresenta um conjunto de solos resultante da ação dos processos de intemperismo ao longo do tempo geológico, atuando sobre os maciços rochosos do embasamento cristalino nas porções de topografia mais elevada, com o conseqüente transporte, deposição e acumulação de sedimentos nas porções de topografia mais suave e cotas próximas ao nível do mar, nas planícies litorâneas.

Como resultado destes processos de intemperismo, erosão, transporte e sedimentação, formaram-se, nesta área, quatro tipos distintos de solos, cuja

formação e espacialização estão fortemente condicionadas ao substrato geológico e conformação topográfica da área. A espacialização dos tipos de solo pode ser observada no Mapa Pedológico da Área de Influência Indireta, apresentado a seguir.

## MAPA PEDOLÓGICO

### ÁREA DE INFLUÊNCIA INDIRETA

Apresenta-se, a seguir, a descrição dos tipos de solos que ocorrem na Área de Influência Indireta, conforme mapeamento da EMBRAPA (2001), com nomenclatura atualizada segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos - SBCS. A base cartográfica oficial utilizada na confecção do Mapa Pedológico da Área de Influência Indireta apresenta a classificação dos solos segundo do SBCS (1999). Para a descrição apresentada a seguir a nomenclatura foi verificada segundo o SBCS (2009), ajustando-se quando pertinente.

### **CAMBISSOLOS**

Os CAMBISSOLOS são solos de pedogênese pouco avançada, com formação de horizonte B incipiente. No horizonte C a rocha alterada preserva sua estrutura, com a presença blocos angulosos a sub-angulosos, e variações de cores coerentes com variações composicionais da rocha matriz. A matriz do horizonte C é bastante argilosa devido à alteração dos silicatos originais, especialmente do grupo dos feldspatos, piroxênios e anfibólios.

Na Área de Influência Indireta do empreendimento os CAMBISSOLOS ocorrem nas porções de topografia mais elevada e acidentada das serras do Tabuleiro e de Cambirela. Predominam declividades elevadas, superiores a 60%. Nestes locais observa-se talwegues estreitos, bem marcados, com erosão remontante. Nas porções mais elevadas das serras as rochas do embasamento cristalino encontram-se expostas em afloramentos rochosos.

Neste tipo de ambiente a pedogênese pouco avançada está relacionada ao rápido escoamento da água e elevada energia de drenagem devido à topografia e declividades elevadas.

Na bacia do rio do Brito, dado à condicionante topográfica imposta pela Unidade das Serras do Leste Catarinense, que neste local se aproxima bastante do litoral, praticamente não se formou planície aluvial, e os CAMBISSOLOS associados às porções de elevada declividade e topografia



acidentada ocorrem praticamente até a linha de praia, de pequena expressão, constituída de depósitos arenosos marinhos mais recentes.



**Figura 38. Exposição dos Cambissolo em corte da rodovia BR 101. Observa-se blocos e matriz alteradas da rocha original.**

### **ARGISSOLOS**

Na Área de Influência Indireta do empreendimento os ARGISSOLOS ocorrem praticamente restritos ao Morro dos Cavalos e pequena porção da Serra do Tabuleiro a oeste da rodovia BR 101, nas porções de topografia mais suave

quando comparada às porções superiores das bacias dos rios Massiambu e do Brito, com cotas inferiores a 400m.

Os ARGISSOLOS são solos mais bem desenvolvidos e se caracterizam pela presença de Horizonte B Textural diagnóstico. Este horizonte é um horizonte mineral, de textura arenosa ou siltosa, com incremento da fração argilosa. No caso do Morro dos Cavalos a argila originou-se tanto do material original – Riolito Cambirela – rico em aluminosilicatos, quanto do processo de iluviação ao longo do perfil do solo.



**Figura 39. Exposição dos Argissolos em corte da rodovia BR 101.**

Como será discutido ao tratar especificamente dos solos da área diretamente afetada, o transporte do material dos solos ao longo das vertentes do Morro

dos Cavalos formou um espesso manto de solo coluvionar, com depósitos de tálus, na base do mesmo, local no qual pretende-se escavar os túneis.

Ao longo dos cortes existentes no segmento da rodovia BR 101 que transpõe o Morro dos Cavalos, pode-se observar excelentes exposições dos ARGISSOLOS, com textura areno-argilosa, coloração predominantemente amarelada, e boa diferenciação entre os horizontes A, Bt e C. Uma vez que são os solos predominantes, tanto na Área de Influência Direta, quanto na área Diretamente Afetada pelas obras, os mesmos serão descritos em maior detalhe nos itens a seguir.

### **ORGANOSSOLOS**

Na Área de Influência Indireta do empreendimento este tipo de solo está restrito a parte da planície aluvial do rio Massiambu, em todo seu trecho Baixo, até a foz. Estão associados a áreas alagadiças ou inundáveis sob influência marinha. São solos mal drenados sujeitos à elevação periódica do lençol freático.

Os ORGANOSSOLOS predominam na porção do baixo Massiambu na qual o caráter meandrante e anastomosado da drenagem se torna mais conspícuo, associados a forte hidromorfismo. São solos minerais com o horizonte B marcado pela acumulação e precipitação de matéria orgânica e compostos amorfos de alumínio com ou sem ferro iluvial.

Na área do empreendimento os ORGANOSSOLOS estão associados aos ambientes de mangue, tendo como principal substrato os sedimentos arenosos de origem marinha.

A realização de intervenções nos locais de ocorrência deste tipo de solos deve ser precedida de investigações mais detalhadas considerando que os mesmos apresentam estrutura frágil e baixa capacidade de suporte.

## **GLEISSOLOS**

Na Área de Influência Indireta do empreendimento os GLEISSOLOS ocorrem nas porções superiores da planície do rio Massiambu e na interface entre os ORGANOSSOLOS da porção mais baixa da bacia e os NEOSSOLOS que ocorrem na Praia dos Sonhos. Estão associados às ocorrências de sedimentos de origem predominantemente continental, em áreas mal drenadas e sujeitas a forte hidromorfismo.

Caracterizam-se por apresentar um horizonte glei de coloração acinzentada, abaixo do horizonte A. Este horizonte glei é formado em ambiente de caráter redutor devido à saturação por água. A textura é média ou argilosa em todos os horizontes.

Na porção superior da planície aluvial do rio Massiambu as áreas de ocorrência de GLEISSOLOS é utilizada na agricultura. A baixa drenabilidade associada ao relevo plano a suavemente ondulado favorece o desenvolvimento de determinados tipos de culturas, tal como o arroz.

### ***5.1.5.3. Mapeamento das Classes de Solo e indicação do Grau de Erodibilidade para a Área de Influência Direta***

Na Área de Influência Direta do empreendimento ocorrem dois tipos de solos, os ARGISSOLOS, em praticamente toda a área compreendida pela elevação do Morro dos Cavalos, e os ORGANOSSOLOS no extremo sul da área, já na planície do rio Massiambu, em pequena área no final da diretriz dos túneis. A disposição dos tipos de solos em relação à Área de Influência Direta pode ser observada no Mapa Pedológico da Área de Influência Direta, apresentado a seguir.

## MAPA PEDOLÓGICO

### ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA

O solo mais característico da Área de Influência Direta, ocorrendo em cerca de 95% da mesma, é uma associação de ARGISSOLO AMARELO e ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO. Trata-se de um solo mineral não hidromórfico, com horizonte B textural, boa diferenciação entre horizontes, derivado de rochas ígneas, vulcânicas, do Pré-Cambriano.

As ocorrências de ARGISSOLOS com matizes mais avermelhadas estão associadas aos diques que cortam o Riolito Cambirela. A rocha matriz mais máfica nestes casos, com minerais ricos em ferro e magnésio, origina solos igualmente ricos nestes elementos.

Apresenta seqüência de horizontes do tipo A, Bt e C, com profundidade e cores bastante variáveis, sendo a identificação dos horizontes relativamente fácil, pois possuem características morfológicas heterogêneas, tais como diferença de cor, textura e estrutura, entre os horizontes, dentro do mesmo perfil.

Quando a textura do horizonte A é argilosa, normalmente, a estrutura é moderada, pequena a média, granular e com a presença de um teor mais elevado de silte, apresentam estrutura muito fracamente desenvolvida ou mesmo sem estrutura, tendo aspecto maciço e coeso.

No horizonte B a estrutura é geralmente em forma de blocos subangulares e angulares, moderadamente desenvolvida e com tamanho, normalmente entre pequeno e médio. Quando a textura é argilosa normalmente apresentam cerosidade moderada e comum.

Estes solos apresentam textura argilosa e média / argilosa e, em muitos casos com cascalho e cascalheira, normalmente argila de atividade baixa - CTC -  $\leq 24\text{me} / 100\text{g}$  de argila, saturação de alumínio -  $\geq 50\%$  e saturação em bases -  $\leq 50\%$ . A grande maioria destes solos possui altos teores de alumínio trocáveis e baixos teores de bases trocáveis.

Na Área de Influência Direta do empreendimento os ARGISSOLOS ocorrem ao longo de toda a elevação do Morro dos Cavalos, associados a declividades moderadas a altas e cotas inferiores a 400m.





**Figura 40. Exposição dos Argissolos na vertente norte do Morro dos Cavalos (Fonte: Sondotécnica-STE).**

Nas vertentes do Morro dos Cavalos os processos de transporte do material intemperizado originou um manto de solos coluvionares, de espessura variável, com a presença de depósitos de tálus.

No final do segmento da diretriz dos túneis, em pequena porção da planície do rio Massiambu situada na margem esquerda do mesmo, ocorrem ORGANOSSOLOS formados sob forte influência marinha, com horizonte B de acumulação e precipitação de matéria orgânica e compostos amorfos de alumínio com ou sem ferro iluvial.

São solos arenosos que normalmente apresentam uma seqüência de horizontes A, A2 e B rico em matéria orgânica.

No horizonte A a cor é bruno-acizentado-escura a preta, sendo que o A2 possui cores mais claras, variando do bruno-amarelado a bruno-acizentada com espessura bastante variável e textura de areia.

As cores do horizonte B variam de bruno-amarelada a bruno-acizentado, devido à matéria orgânica e sexquíóxidos livres, principalmente de ferro, os quais agem também como cimentantes conferindo diversos graus de dureza a este horizonte.

São solos mal ou muito mal drenados. Em épocas de intensa pluviosidade verifica-se o seu encharcamento, dependente do grau de cimentação do horizonte B que os torna localmente impermeáveis. São ácidos, com teores extremamente baixo de nutrientes, o que lhes confere uma baixa fertilidade natural.

### ***Grau de Erodibilidade***

O grau de erodibilidade de determinado terreno é condicionado principalmente pelo tipo de solo, associado à topografia do local e declividade das vertentes. Somam-se a estes fatores, como elementos adicionais, a pluviometria e a cobertura vegetal.

Assim sendo, tendo em vista as características topográficas e as declividades na Área de Influência Direta do empreendimento, pode-se estabelecer os seguintes graus de erodibilidade para os principais tipos de solo que ocorrem nesta área:

- **ARGISSOLOS:** apresentam grau de erodibilidade moderado a elevado uma vez que ocorrem largamente em toda área do Morro dos Cavalos, de topografia mais acidentada. A elevada vulnerabilidade à instalação de processos erosivos tende a manifestar-se durante a fase de obras, nos locais de declividade mais acentuada, quando será necessário realizar atividades de supressão da vegetação e limpeza das áreas. O

escoamento superficial da água das chuvas provocará, de início, a deflagração de processos de erosão laminar ao longo de toda a superfície desprotegida. Este processo poderá evoluir rapidamente para a abertura de sulcos de erosão que tendem a evoluir mediante seu contínuo aprofundamento, caso não sejam adotadas medidas de controle. Durante a fase de obras, as áreas nas quais predominam este tipo de terreno deverão ser objeto de rigoroso monitoramento.

- **ORGANOSSOLOS:** este tipo de solo ocorre em porção bem restrita do segmento, em área de topografia plana ou de inclinação suave, com lençol freático raso ou aflorante. Nestes locais o grau de erodibilidade é bastante reduzido, tendo em vista sua proximidade altimétrica com o nível de base (nível do mar) e tendo em vista a ausência de declividades acentuadas.

#### **5.1.5.4. Caracterização dos Solos Expostos na Área Diretamente Afetada e Características Geotécnicas dos Terrenos**

Os solos que ocorrem na Área Diretamente Afetada pelas obras são predominantemente ARGISSOLOS AMARELOS e ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS, com pequena ocorrência de ORGANOSSOLOS nas proximidades da ponte sobre o rio Massiambu, do ponto de vista de sua classificação segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.

Do ponto de vista morfogenético e de suas características geotécnicas os mesmos podem ser classificados, respectivamente, como solos coluvionares, com a possibilidade de ocorrência de depósitos de tálus, e solos colúvio-aluvionares.



**Figura 41. Colúvio e depósito de tálus na vertente norte do Morro dos cavalos (Fonte: Sondotécnica-STE).**

No flanco norte os solos de cobertura e abaixo da superfície se constituem de solos coluvionares-SC, caracterizados, ora por uma matriz síltico argilosa marrom avermelhada e/ou marrom amarelada com seixos e pequenos blocos imersos de  $\varnothing$  igual a 15,0cm a 20,0cm, numa proporção de 70% a 80% de matriz para 30% ou 20% de blocos, medianamente plástico, relativamente coesivos, pouco porosos e pouco permeáveis. Em alguns locais os blocos imersos podem atingir  $\varnothing$  igual a 1,0m a 2,0m, numa proporção de 70% a 80% de matriz para 30% ou 20% de blocos.

As espessuras são variáveis tendendo a se apresentar mais adelgadas nas porções topograficamente mais elevadas e de maior declividade, tendo em vista a tendência dos materiais serem transportados para cotas mais baixas em condições de declividades menos severas.

A prospecção geotécnica realizada no âmbito do projeto básico de engenharia possibilitou o mapeamento mais detalhado das áreas dos emboques norte e sul, sendo possível identificar a espacialização da camada de colúvio/tálus, da

camada de solo residual, das camadas de rochas fraturadas e do topo rochoso. Este mapeamento é apresentado nos dois perfis detalhados dos emboques norte e sul (Figuras 42 e 43), apresentados a seguir.

Do início do túnel falso E-234+584m aproximadamente até a E-234+978m, em direção ao final da travessia foi observado em superfície a exposição de solos coluvionares – SC, constituídos de uma matriz siltico argilosa marrom avermelhada e/ou marrom amarelada com seixos e pequenos blocos imersos de Ø igual a 15,0cm a 20,0cm, numa proporção de 70% a 80% de matriz para 30% ou 20% de blocos, medianamente plástico, relativamente coesivos, pouco porosos e pouco permeáveis, com espessura da ordem de metros – de pelo menos 3,0m a 6,0m.

Da E-234+978m, ao final da travessia na cabeceira norte da ponte sobre o rio Massiambu, em superfície se observou a exposição de solos coluvionares-SC, constituídos de uma matriz siltico argilosa marrom avermelhada e/ou marrom amarelada com seixos e pequenos blocos imersos de Ø igual a 1,0m a 2,0m, numa proporção de 70% a 80% de matriz para 30% ou 20% de blocos, medianamente plástico, relativamente coesivos, pouco porosos e pouco permeáveis, com espessura da ordem de metros – de pelo menos 3,0m a 8,0m.

Dentro da extensão longitudinal mencionada em um ponto em que a topografia se mostra agressiva e o maciço compartimentado foi divisado um depósito de tálus constituído de blocos de rocha de tamanhos que variam de 2,0m a 4,0m, imbricados uns aos outros sem matriz de sedimentação, com uma espessura de aproximadamente 5,0m a 6,0m, instável, que ao longo da encosta podem ocorrer em outros pontos.

Fig. 42 PERFIL DETALHADO EMBOQUE NORTE



Fig. 43 PERFIL DETALHADO EMBOQUE SUL

No segmento final da transposição onde essa será implantada na forma de terraplenagem entre a ponte do rio Massiambu e a E-234+940m, ponto de coordenadas UTM 0733328 / 6920653, foi observado a exposição de rocha “sã” de 3,0m a 4,0m acima da cota do greide do eixo de mergulhos verticais e inclinados, de 2 (duas) a 3 (três) famílias de atitudes distintas com um grau de fraturamento que alcança 2 (duas) a 3 (três) fraturas por metro e com a gnaissificação de direção transversal ao eixo e inclinação de mergulho entre 45° e 50° favorável a estabilidade do talude de corte do lado esquerdo da diretriz da transposição.



**Figura 44. Os dispositivos fotográficos mostram o solo coluvionar-SC, superficial, característico do segmento entre a E-234+978m e o final da travessia na cabeceira norte da ponte sobre o rio Massiambu.**

Na passagem da E-234+940m, ponto de coordenadas UTM 0733328/6920653, foi observado um ponto de escorregamento rotacional havido no talude de corte da BR-101 – lado esquerdo, com um extensão de aproximadamente 10,0m, uma altura de 8,0m a 10,0m e uma profundidade de 3,0m a 4,0m, em solo coluvionar-SC, constituído de uma matriz silto argilosa marrom amarelada com seixos e pequenos blocos imersos de Ø igual a 1,0m a 2,0m, numa proporção de 60% a 70% de matriz para 40% ou 30% de blocos,

medianamente plástico, relativamente coesivos, pouco porosos e pouco permeáveis, situação que pode se verificar também no segmento a ser implantado.



**Figura 45. A imagem fotográfica mostra o escorregamento ocorrido no talude de corte da BR-101 atual.**

## **5.1.6. Recursos Hídricos**

### **5.1.6.1. Hidrologia e Hidrogeologia**

Conceitualmente, hidrologia é a ciência que abrange todo o estudo de ocorrência, circulação, e distribuição da água no planeta Terra, sendo as bacias hidrográficas suas unidades de aplicação. Adicionalmente, o termo hidrogeologia é a parte da hidrologia que estuda as águas subterrâneas quanto ao seu movimento, volume, distribuição e qualidade.

Neste item será abordado o mapeamento e a caracterização do sistema hidrográfico da área de influência do empreendimento, bem como o regime hidrológico das bacias hidrográficas envolvidas e, a avaliação da interferência da rodovia (existente e prevista) com os cursos d'água locais. Dentro deste escopo, o enfoque se inicia de forma mais abrangente (contemplando a Área de Influência Indireta – All), tornando-se mais específica nas Áreas de Influência Direta e, Diretamente Afetada (AID e ADA, respectivamente).

A movimentação dos rios de Santa Catarina é comandada, via de regra, pelo regime pluviométrico que apresenta chuvas distribuídas ao longo do ano inteiro. Caracterizam-se dessa forma por uma tipicidade de regime subtropical. Isto acarreta o retrabalhamento - erosão, o transporte e a acumulação de sedimentos arenosos, por todo o ano, ao longo de suas extensões e foz.

Conforme visto anteriormente, a All do meio físico compreende as bacias hidrográficas do Rio Massiambu e do Rio do Brito, ambas inseridas na Região Hidrográfica RH8 – Litoral Centro, do Estado de Santa Catarina (Figura 46).

As regiões hidrográficas foram definidas pela Secretaria do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente do Estado de Santa Catarina com o propósito de facilitar a gestão e gerenciamento dos recursos hídricos.

A Região Hidrográfica Litoral Centro, a qual se insere o empreendimento objeto deste Estudo de Impacto Ambiental, possui uma área de 5.824 km<sup>2</sup> e agrupa um conjunto de bacias hidrográficas isoladas, cabendo destaque para as



bacias dos rios Tijucas, Biguaçu, Cubatão do Sul e Madre. A síntese das características físicas destas bacias é apresentada na Tabela 15 abaixo.

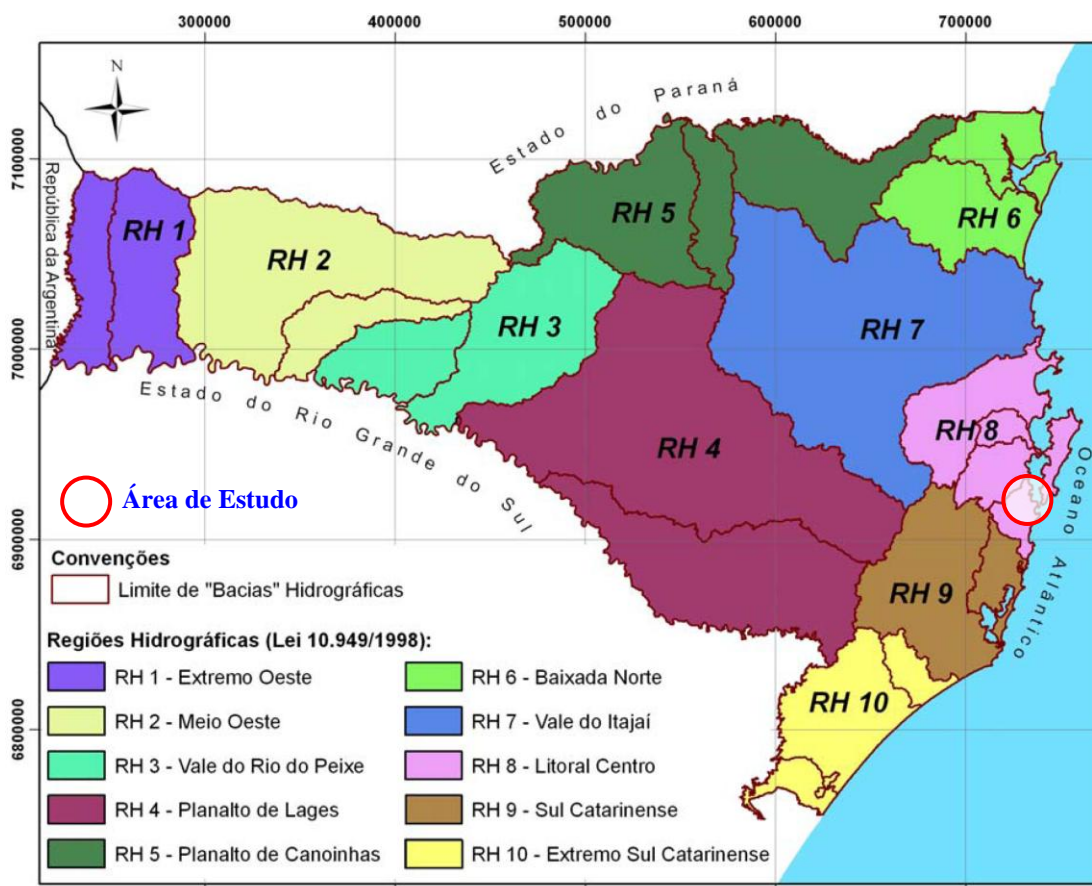


Figura 46. Regiões Hidrográficas do Estado de Santa Catarina. FONTE: SDM, 1997.

Tabela 15. Características físicas das bacias da Região Hidrográfica Litoral Centro.

Bacia Hidrográfica	Área de Drenagem (km <sup>2</sup> )	Vazão (m <sup>3</sup> /s)		
		Média	Mínima	Máxima
Tijucas	2.420	40,5	5,0	60,0
Cubatão do Sul	738	12,0	5,0	40,0
Biguaçu	382	-	2,3	-
Madre	305	-	1,3	-

FONTE: SDM (1997).

Adicionalmente, a referida região hidrográfica é a que apresenta a maior densidade demográfica do Estado e possui apenas 22 municípios. As principais atividades econômicas são representadas por pequenas e médias indústrias, pelo turismo, pela produção de hortaliças em determinadas áreas, e pela pesca.

Segundo o Diagnóstico Geral das Bacias Hidrográficas de Santa Catarina (SDM, 1997), todos os rios da região apresentam alguma intensidade de poluição, principalmente por esgoto domiciliar e hospitalar, resíduos (lixo), agrotóxicos, efluentes industriais e sedimentos de solo, sendo que a bacia do rio Cubatão do Sul é a que mais preocupa, tendo em vista sua importância por ser o principal manancial da Grande Florianópolis, abastecendo uma população de aproximadamente 500 mil habitantes.

Além das bacias de maior destaque citadas acima, também estão presentes nesta Região Hidrográfica as bacias do rio Massiambu, do rio do Brito e da Vertente Atlântica, que compõem a Área de Influência Indireta – AII do meio físico deste Estudo (Mapa das Bacias Hidrográficas da AII).

Do ponto de vista de seu regime hidrológico, os cursos d'água principais das bacias do rio Massiambu e do rio do Brito, integrantes da área de influência indireta do empreendimento, apresentam regime perene, com manutenção de vazão defluente ao longo de todo o ano.

As bacias hidrográficas dos rios Massiambu Grande e Massiambu Pequeno ocupam, juntas, uma área de 7.846 ha, sendo que parte desta área está inserida no Parque Estadual da Serra do Tabuleiro. Este rio é denominado Massiambu após a confluência entre os dois principais afluentes citados, sendo o primeiro com 10 km de extensão e, o segundo, com 7,8 km. Após a confluência, o rio Massiambu percorre mais 3 km até desembocar na Baía Sul.

As nascentes de ambos os rios localizam-se dentro do Parque da Serra do Tabuleiro, porém ao longo de seus percursos eles saem da área do Parque, para retornar mais a frente. Suas nascentes apresentam boas condições de



preservação ambiental, no entanto, ao longo de seu percurso existem atividades agrícolas que afetam este corpo hídrico. O uso do solo é quase que exclusivamente de residências, comércio, casas de veraneio e agropecuária.

## MAPA BACIAS HIDROGRÁFICAS

Atualmente, de acordo com o cadastro realizado, existem 586 imóveis e 849 residentes na região do rio Massiambu, localizada dentro do Parque.

A Figura 47 a seguir apresenta uma visão espacial das principais bacias e sub-bacias hidrográficas das áreas de influência do empreendimento.



**Figura 47. Imagem espacial das principais bacias e sub-bacias da All do meio físico, com destaque para os rios principais e, para a rodovia atual e futura.**

Quanto à bacia hidrográfica do rio do Brito, esta possui uma área de drenagem de 1.082 ha e, seu curso principal uma extensão de 4,82 km. Dados secundários sobre informações desta bacia são escassos na literatura, no entanto, sabe-se que a mesma envolve toda a comunidade da Enseada do Brito e situa-se no entorno imediato do Parque Estadual da Serra do Tabuleiro.

A superfície que envolve a totalidade do Morro dos Cavalos e a sua circunvizinhança ressalta o Modelo Angular de drenagem que é caracterizado

pela presença de ângulos aproximadamente retos entre os alinhamentos, tanto do curso principal como dos seus tributários. É um modelo em que todos os sistemas inter cruzados de falhas e diaclases formam necessariamente ângulos retos. Não há um profundo paralelismo entre os cursos d'água e estes não são muito alongados. Constitui-se de rios subseqüentes, condicionados às zonas de fraqueza estruturais.

O flanco sul da superfície objeto da apreciação, já na planície hidrográfica do rio Massiambu, se destaca por sua característica de padrão tipicamente anastomosado, meandriforme.

No que diz respeito aos perfis longitudinais e declividades os rios da vertente do atlântico, que drenam os terrenos cristalinos, apresentam um perfil longitudinal bastante acidentado no curso superior, onde a topografia é muito movimentada. No curso inferior onde cortam planícies aluviais, em que geralmente formam meandros, os perfis assinalam baixas declividades, caracterizando-se neste percurso como rios senis, de planícies.

A hidrografia do local se acha representada pelo rio Massiambu, um dos maiores rios da região, que transpõe a BR-101 no ponto sul da junção do segmento de passagem do Morro dos Cavalos com o sub-trecho sul da rodovia e por talvegues de fundo em "V" e eventualmente de fundo chato, secos, com água no seu interior ou intermitentes, localizados transversais e/ou esconsos ao eixo da travessia pouco ou relativamente desenvolvidos (Figura 48).

O flanco norte da transposição apresenta basicamente dois talvegues que cortam o segmento da via a aproximadamente 45° com direção NW/SE na E-232+320m no ponto de coordenadas UTM 0732721/6923176 com fundo em "V" e 30° com direção SW/NE na E-232+840m no ponto de coordenadas UTM 0732742/6922556 com fundo chato, esconsos ao eixo do traçado com água no seu interior.



**Figura 48. As imagens fotográficas mostram os pontos iniciais dos dois talvegues existentes no flanco norte da transposição esconsos à diretriz projetada. O primeiro de direção NW/SE e o segundo de direção SW/NE.**

Através das inspeções de campo e com o auxílio de imagens de satélite verifica-se que a diretriz dos túneis propriamente ditos não irá atravessar cursos d'água de grande volume. Entretanto, vale mencionar que na vertente norte haverá interferências potenciais das obras com curso d'água de pequeno porte pertencente à bacia do rio do Brito, que nasce na face norte do Morro dos cavalos, corre paralelamente à BR 101 e cruza a diretriz dos viadutos de acesso aos Túneis, desaguando diretamente no mar, na porção sul da Enseada de Brito. Esta interferência potencial está restrita à fase de obras, devido à necessidade de movimentação de máquinas e veículos destinados à construção do emboque norte e dos viadutos de acesso.

Na vertente sul, para manutenção da ligação da pista existente que será destinada ao tráfego local em direção ao sul, será alargado o aterro da rodovia atual, logo após o final dos túneis falsos, interferindo na Área de Preservação Permanente do rio Massiambu.

No segmento sul, tanto no caso dos túneis falsos quanto nas pistas que seguem em direção à ponte do rio Massiambu, os cursos d'água a serem interceptados serão canalizados por meio de obras de arte correntes cujo dimensionamento será definido no Projeto Executivo. Destaca-se que hoje tais



cursos d'água já se encontram canalizados por meio de bueiros, nos pontos de transposição da rodovia existente. O dimensionamento das obras de arte correntes é realizado na fase de projeto executivo, em função de estudos hidrológicos detalhados.

Não foram identificados em campo indícios de que as obras de arte correntes existentes estejam mal dimensionadas para as vazões defluentes usuais neste segmento. Ou seja, no segmento em apreço as estruturas de drenagem propiciam adequadas condições de transposição da rodovia, sem prejuízos ao regime hidrológico dos cursos d'água atravessados pela mesma.

A travessia hídrica de maior significância neste trecho da rodovia é a ponte sobre o Rio Massiambu. A ponte sobre o rio Massiambu encontra-se fora do segmento abrangido pelo presente Estudo de Impacto Ambiental. Já existe uma ponte em operação e a duplicação da mesma está sendo executada no bojo das obras de ampliação da capacidade e modernização da BR 101 Sul, em andamento, autorizadas por meio da LI N<sup>o</sup> 578/2009, expedida pelo IBAMA (Figura ).



**Figura 49. Pontes sobre o Rio Massiambu.**

Cabe ressaltar que os pequenos cursos d'água que cortam a rodovia encontram-se canalizados por bueiros, uma vez que quando da implantação da



BR-101 a interferência sobre os mesmos já ocorrera. Sobre os cursos d'água que correm para o interior da bacia hidrográfica do Rio do Brito, alguns destes são utilizados pelos moradores da Enseada do Brito para abastecimento de água de consumo – como pode ser visto pelas mangueiras no interior dos bueiros (Figura 50).



**Figura 50. Bueiros de drenagem da rodovia com mangueiras para captação.**

No que concerne à hidrogeologia da área de estudo, raras são as informações disponíveis. De fato, SDM (1997) menciona que dentre as deficiências básicas do Estado de Santa Catarina quanto ao conhecimento de seus recursos hídricos, merece destaque a falta de estudos sobre os sistemas aquíferos presentes no subsolo catarinense. Como decorrência, a exploração destes mananciais subterrâneos vem sendo feita de forma aleatória e sem o devido rigor técnico-científico.

Mesmo assim, face às necessidades crescentes das últimas duas décadas, o número de perfurações de poços profundos para utilização de águas subterrâneas tem apresentado um considerável crescimento, notadamente em algumas regiões do Estado. De acordo com a CASAN (Companhia de Águas e Saneamento de Santa Catarina) e com a CIDASC (Companhia Integrada de Desenvolvimento Agrícola de Santa Catarina), o Estado possuía em 1997 aproximadamente 2.000 poços profundos perfurados por estas duas

companhias, sendo que não foram contabilizados os poços artesanais de propriedade privada, os quais representam um número considerável no Estado. Conforme SDM (1997), mais de 90% dos poços perfurados estavam localizados no oeste catarinense; uma expressiva maioria destes na região do Vale do Rio do Peixe. A Tabela 16 apresenta uma síntese de informações relevantes quanto aos poços existentes.

**Tabela 16. Número e produção de poços profundos, de acordo com a vazão – Estado e Região Hidrográfica. FONTE: SDM, 1997.**

Região Hidrográfica	Produção								
	Baixa (< 5 m <sup>3</sup> /h)		Média (5 a 20m <sup>3</sup> /h)		Alta (> 20 m <sup>3</sup> /h)		Total		
	Nº Poços	Vazão Média	Nº Poços	Vazão Média	Nº Poços	Vazão Média	Nº Poços	Vazão Total da Região	Vazão Média da Região
RH1	122	3,70	197	7,40	-	-	319	1900,60	5,90
RH2	97	3,50	346	9,70	3	23,30	446	3716,40	8,30
RH3	224	3,50	703	7,80	11	28,90	938	6571,50	7,00
RH4	17	2,60	96	11,10	5	30,80	118	1080,30	9,20
RH5	16	3,50	22	10,60	-	-	38	277,70	7,30
RH6	-	-	15	9,00	-	-	15	134,70	9,00
RH7	23	2,50	16	10,60	9	37,60	48	560,60	11,70
<b>RH8</b>	<b>9</b>	<b>1,80</b>	<b>5</b>	<b>8,40</b>	<b>3</b>	<b>26,10</b>	<b>17</b>	<b>134,70</b>	<b>7,90</b>
RH9	19	2,70	1	16,00	9	21,40	29	258,00	8,90
RH10	5	3,80	11	11,80	6	21,90	22	280,60	12,80
Estado	532	3,40	1.412	8,60	46	27,90	1.990	14.915,10	10,40

### 5.1.6.2. Qualidade da Água

A qualidade da água de um corpo hídrico é, normalmente, definida a partir de variáveis que representam suas características físicas, químicas e biológicas. Essas variáveis são indicadores da qualidade da água e são consideradas

impurezas quando suas concentrações alcançam valores superiores aos estabelecidos pela legislação ambiental pertinente.

No que concerne a este tema, diversos foram os dispositivos legais desenvolvidos no Brasil até hoje especificamente para proteção, manutenção e recuperação da qualidade dos recursos hídricos do país. Possivelmente, o primeiro aparato legal sancionado pelo Governo Federal para este fim foi o Decreto n°. 24.643 de 10 de Julho de 1934, que institui o Código das Águas. Posteriormente, muitas Leis, Decretos, Resoluções e Portarias foram criadas, dentre as quais possuem maior destaque em âmbito Federal as seguintes:

- Lei n°. 9.433 de 08 de janeiro de 1997 – Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;
- Lei n°. 9.984 de 17 de julho de 2000 – Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas - ANA, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;
- Resolução CONAMA n°. 357 de 17 de março de 2005 – Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes.

A Lei 9.433/1997 citada acima, versa em seu art. 5º, inciso II, que um dos instrumentos da Política Nacional dos Recursos Hídricos (PNRH) é “o *enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água*”. Os objetivos deste enquadramento, conforme o art. 9º é “*assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas e, diminuir os custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes*”.

Tendo em vista este instrumento da PNRH, cabe à Agência de Água propor o enquadramento dos corpos de água nas classes de uso, para posterior encaminhamento ao respectivo Conselho Nacional ou Conselho Estadual de

Recursos Hídricos, de acordo com seus domínios (Lei 9.433/1997, Art. 44, Inciso XI, alínea “a”). Entretanto, o art. 42 da Resolução CONAMA n°. 357/2005 escreve que *“enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas classe 2, e as salinas e salobras classe 1, exceto se as condições de qualidade atuais forem melhores, o que determinará a aplicação da classe mais rigorosa correspondente”*.

Atualmente sabe-se que a maior parte dos cursos d’água do Estado de Santa Catarina ainda precisa ser enquadrada em suas respectivas classes de uso e, que apesar de recentemente ter sido aprovado o novo Código Ambiental Estadual (Lei n°. 14.675 de 13 de abril de 2009), este cita apenas que *nas propostas de enquadramento de corpos de água, os órgãos ambientais estaduais e municipais devem ser previamente ouvidos antes da decisão final* (art. 220).

Neste contexto, isto significaria que todos os cursos de água doce da área de estudo seriam enquadradas como classe 2 e, as águas salobras e salinas classe 1.

O art. 4° da Resolução CONAMA n°. 357/2005 explica, todavia, que águas destinadas à *preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral* (como é o caso do Parque Estadual da Serra do Tabuleiro) são definidas como águas de classe especial e, aquelas destinadas à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas são definidas como classe 1.

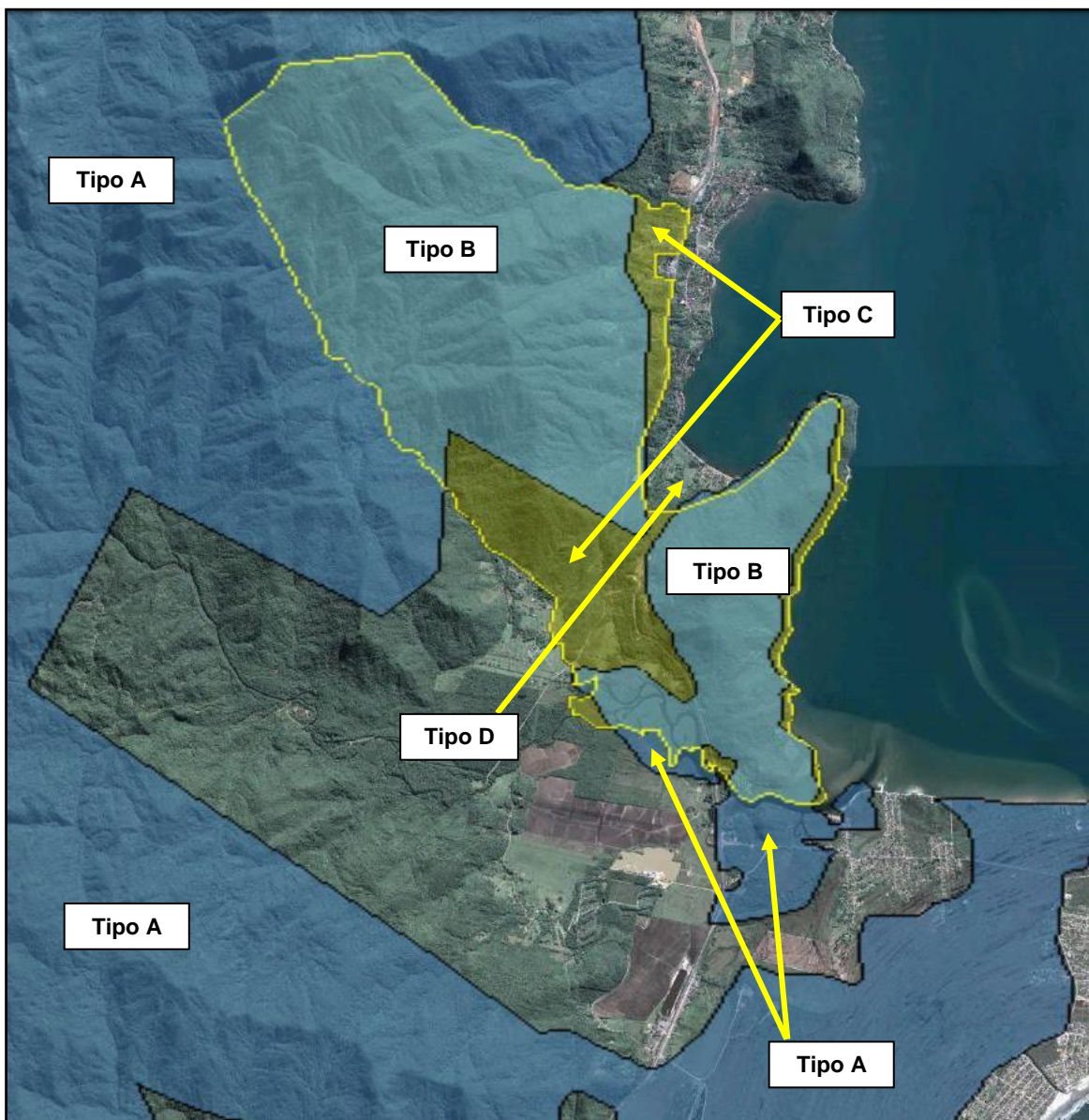
Em relação à classe especial o art. 13 determina que *“deverão ser mantidas as condições naturais do corpo de água.”* Uma vez que a bacia do rio Massiambu encontra-se ocupada em seu baixo trecho, com áreas antropizadas especialmente devido ao uso das terras para agricultura, não é possível determinar com precisão as características originais deste corpo d’água em seu baixo curso.

Uma vez que tal informação não está disponível e que a Resolução CONAMA n°. 357/2005 não estabelece parâmetros de referência para a classe especial,

seja das águas doces, salobras ou salinas, adotou-se, para fins do presente estudo, os parâmetros planejados para a classe 1, considerado um critério bastante restritivo em termos qualitativos, capaz de prover limites adequados para o monitoramento da qualidade das águas na fase de implantação do empreendimento.

Tendo em vista estabelecer uma espacialização dos parâmetros qualitativos adotados realizou-se, sobre as imagens de satélite, a sobreposição dos polígonos do Parque Estadual da Serra do Tabuleiro – PEST, com a TI Morro dos Cavalos. Esta sobreposição permitiu o estabelecimento de 4 tipos de áreas, segundo os critérios para avaliação qualitativa dos cursos d'água, como pode ser visto na Figura 51, abaixo.





**Figura 51. Diferentes tipos de áreas em função das Classes de Uso da Água segundo a Resolução CONAMA n° 357/2005.**

Para a tipologia de áreas identificada a partir da sobreposição dos polígonos do Parque Estadual com a TI Morro dos Cavalos foram adotados os seguintes padrões:



**Áreas Tipo A:** áreas situadas no interior do Parque Estadual da Serra do Tabuleiro. Segundo a Resolução CONAMA 357/2005 os cursos d'água situados nestas áreas seriam classificados como Classe Especial. Tendo em vista que a própria Resolução não fixa parâmetros qualitativos para águas de classe especial, adotou-se, para efeito de avaliação qualitativa no âmbito do EIA/RIMA, o padrão estabelecido para classe 1, tanto para águas doces quanto salobras.

**Áreas Tipo B:** áreas situadas na interseção dos polígonos do Parque Estadual da Serra do Tabuleiro com a TI Morro dos Cavalos. Neste caso prevaleceria o critério mais rigoroso, ou seja, a classificação das águas como sendo de Classe Especial. Entretanto, como já exposto acima, tendo em vista que a própria Resolução não fixa parâmetros qualitativos para águas de classe especial, adotou-se, para efeito de avaliação qualitativa no âmbito do EIA/RIMA, o padrão estabelecido para classe 1, tanto para águas doces quanto salobras.

**Áreas Tipo C:** áreas situadas no interior do polígono que define a TI Morro dos Cavalos, mas fora do Parque Estadual da Serra do Tabuleiro. Nestas áreas os cursos d'água são classificados como sendo de Classe 1, segundo a Resolução CONAMA 357/2005.

**Áreas Tipo D:** áreas sem delimitação especial. Nestas áreas, até que o Órgão Gestor de Recursos Hídricos realize o enquadramento dos corpos hídricos, as águas são consideradas como sendo de Classe 2.

Feitas as considerações sobre a classificação dos recursos hídricos da área de interesse, o procedimento para o estudo da qualidade da água na Área de Influência Direta do empreendimento incluiu coletas de amostras, análises

físico-químicas e biológicas e, posterior comparação dos resultados obtidos em laboratório com os limites preconizados pela legislação aplicável (Resolução CONAMA 357/2005).

A avaliação local da qualidade dos recursos hídricos apreciou três diferentes cursos d'água na área de influência do empreendimento, apresentados a seguir.

**Ponto 01:** rio Germano, situado na vertente norte do Morro dos Cavalos. Durante a fase de obras este curso d'água estará sujeito a interferências diretas, especialmente pela movimentação de terra, movimentação de máquinas e funcionamento da área de apoio às obras do emboque norte. Este curso d'água apresenta pequeno volume de água, margens e fundo arenosos e talvegue pouco profundo. As fotografias abaixo mostram a coleta de água neste local.



**Ponto de Coleta 1.**

**Ponto 02:** afluente pela margem esquerda do rio Massiambu, que nasce no Morro dos Cavalos, e cruza a rodovia atual no ponto aproximado do início dos túneis falsos. Este curso d'água estará sujeito a interferências decorrentes da movimentação de máquinas e movimentação de terra nas obras do emboque

sul. Este curso d'água apresenta pequeno volume de água, talvez pouco profundo, margens e fundo terrosos. As figuras abaixo mostram a coleta de água neste local.



**Ponto de Coleta 2.**

**Ponto 03:** rio Massiambu, a jusante da ponte da rodovia atual. O rio Massiambu é o curso d'água mais expressivo da área de influência direta do empreendimento. No ponto de coleta o rio Massiambu apresenta largura de 55m. Neste local já existe influência de marés, sendo que a água apresenta-se salobra.



**Ponto de Coleta 3.**



O critério para escolha da localização dos pontos de amostragem se deve em função da importância do corpo hídrico e, de sua proximidade com a Área Diretamente Afetada do empreendimento; ou seja, os emboques sul e norte dos túneis. A Figura 52 mostra a localização geral dos referidos pontos, cujas amostras de água foram posteriormente submetidas às análises físico-químicas e biológicas.

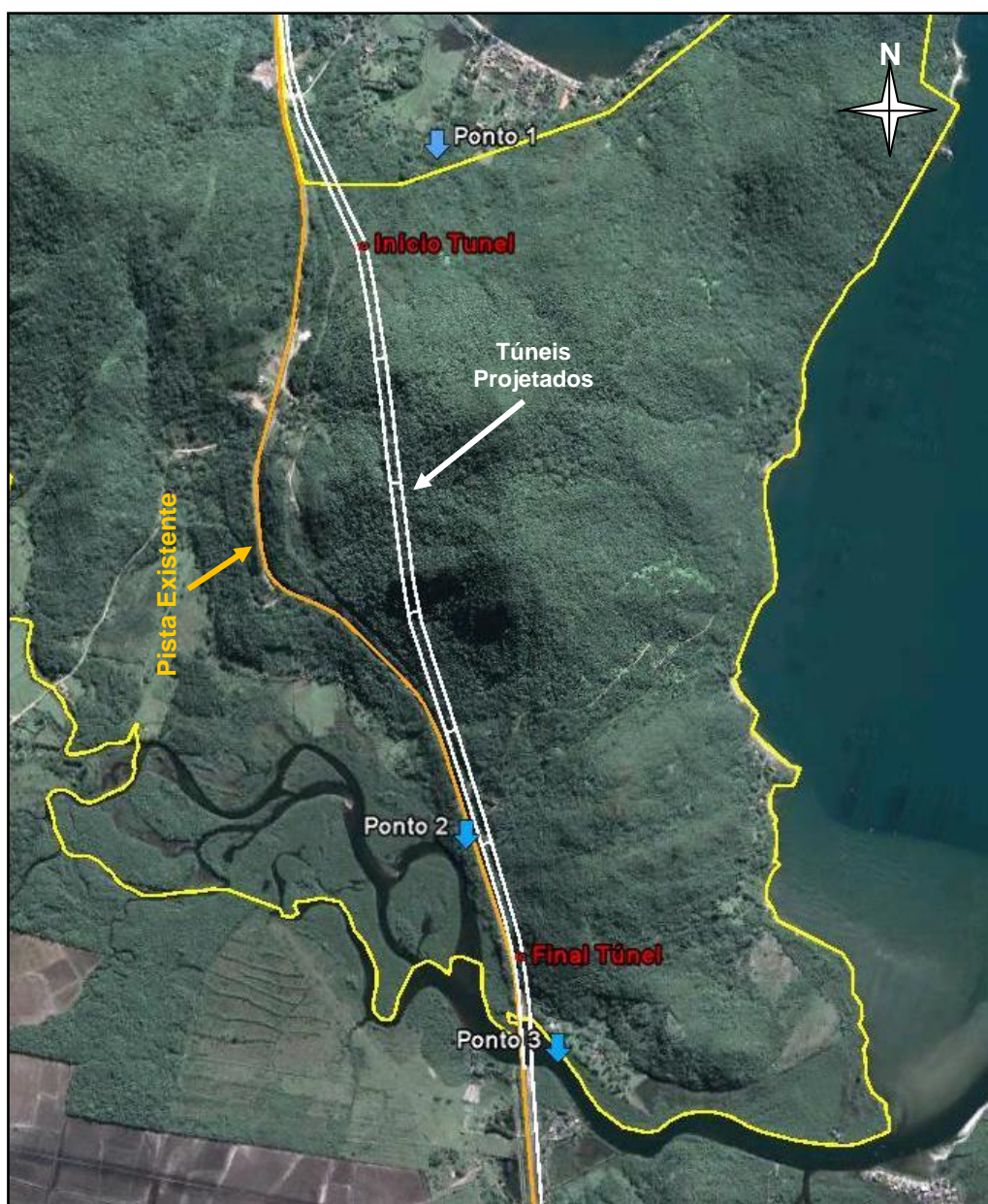


Figura 52. Localização em planta dos Pontos de Coleta.

A campanha de coleta de água ocorreu no dia 21/06/2010 realizada pela MPB Engenharia, juntamente com o responsável técnico do laboratório químico que procedeu às análises, o Laboratório de Análises QMC, situado na cidade de Florianópolis/SC.

As amostras foram colhidas e analisadas conforme os procedimentos descritos no *Standard Methods* 21ª edição, e em seguida levadas ao laboratório. As variáveis analisadas e seus respectivos resultados encontram-se na Tabela 17. Ao final do presente capítulo são apresentados os laudos técnicos do Laboratório QMC, devidamente assinados.

Os resultados constantes da Tabela 19 foram também apresentados graficamente, individualizados por parâmetro, Figura a Figura , onde são comparados os valores obtidos para cada uma das amostras analisadas com os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005. Em função da localização e dos usos preponderantes, o Ponto 01 foi confrontado com os padrões de qualidade para Águas Doces Classe 2; o Ponto 02 com Águas Doces Classe 1 e; o Ponto 03 com Águas Salobras Classe1.

O laudo do Laboratório QMC, responsável pela análise de água, devidamente assinado, e documento do mesmo laboratório informando sobre os limites de quantificação utilizados, são apresentados na sequência dos gráficos contendo os resultados dos parâmetros analisados (Figura 53 a 68).

Tabela 17. Resultado das análises físico-químicas e biológicas.

Variáveis	Un.	L.Q.	Método Analítico	Ponto 01	Ponto 02	Ponto 03	VMP Água Doce Classe 1	VMP Água Doce Classe 2	VMP Água Salobra Classe 1
Hora da coleta	-	-	-	9h36min	9h55min	10h11min	-	-	-
Condições do tempo	-	-	-	Ensolarado	Ensolarado	Ensolarado	-	-	-
Local	-	-	-	Rio Germano	Afluente do rio Massiambu	Rio Massiambu	-	-	-
<b>Variáveis Físicas</b>									
Temperatura amostra	°C	0,1	SMEWW 2550	16,0	16,0	16,0	-	-	-
Temperatura ambiente	°C	0,1	SMEWW 2550	15,0	14,0	15,0	-	-	-
Turbidez	NTU	0,10	CETESB L5.156	4,19	7,25	0,98	40	100	-
Cor aparente	mg/L	2,0	CETESB L5.196	5,0	5,0	2,50	*15	75	-
Sólidos sedimentáveis	mg/L	0,10	SMEWW 2540 F	< 0,10	< 0,10	< 0,10	-	-	-
Sólidos suspensos totais	mg/L	10,0	SMEWW 2540 D	< 10,0	< 10,0	< 10,0	-	-	-
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	10,0	SMEWW 2540 B	47,0	19,0	13.277,0	500	500	-
<b>Variáveis Químicas</b>									
pH	-	0,1	SMEWW 4500 HB	6,01	7,80	8,16	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,5 a 8,5
Oxigênio dissolvido	mg/L	0,10	CETESB L5.186	7,14	7,56	8,80	> 6,0	> 5,0	> 5,0
DBO	mg/L	2,00	CETESB L5.120	< 2,00	< 2,00	< 2,00	3,0	5,0	-
DQO	mg/L	25,00	SMEWW 5220 D	< 25,00	< 25,00	< 25,00	-	-	-
Fósforo total	mg/L	0,02	CETESB L5.128	< 0,02	< 0,02	< 0,02	**0,1	**0,1	0,124
Nitrato	mg/L	0,10	CETESB L5.137	< 0,10	< 0,10	< 0,10	10,0	10,0	0,40
Nitrito	mg/L	0,01	CETESB L5.138	< 0,01	< 0,01	< 0,01	1,0	1,0	0,07
Nitrogênio amoniacal total	mg/L	0,05	CETESB L5.136	0,17	0,06	0,26	***2,0	***2,0	0,40
Óleos e graxas	Visível	-	Visíveis	Ausente	Ausente	Ausente	V. A.	V. A.	V. A.
<b>Variáveis Biológicas</b>									
Clorofila	µg/L	10,0	CETESB L5.306	< 10,0	< 10,0	< 10,0	10,0	30,0	-
Coliformes Fecais	NMP/ 100mL	0,0	CETESB L5.202	130,0	<b>500,0</b>	500,0	200,0	1.000,0	1000,0
Coliformes totais	NMP/ 100mL	0,0	CETESB L5.202	300,0	3.000,0	500,0	-	-	-

**L.Q. Limite de Quantificação.**

VMP Valor Máximo Permitido Resolução CONAMA 357/2005 Água Doce Classe 1.  
 CETESB Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo.  
 SMEWW *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, 21ª Edition.*

V.A. Virtualmente Ausente

(\*) Portaria 518/2004 Ministério da Saúde.  
 (\*\*) Em ambiente lótico.  
 (\*\*\*) Para pH entre 7,5 e 8,0 à 7,5 < pH ≤ 8,0.



### Temperatura da Amostra

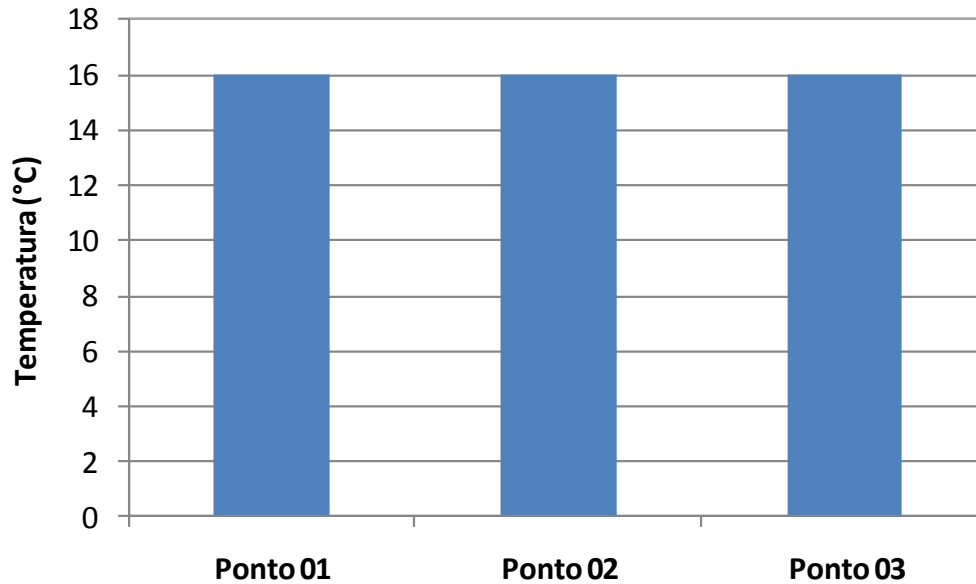


Figura 53. Resultado da análise – temperatura das amostras.

### Turbidez

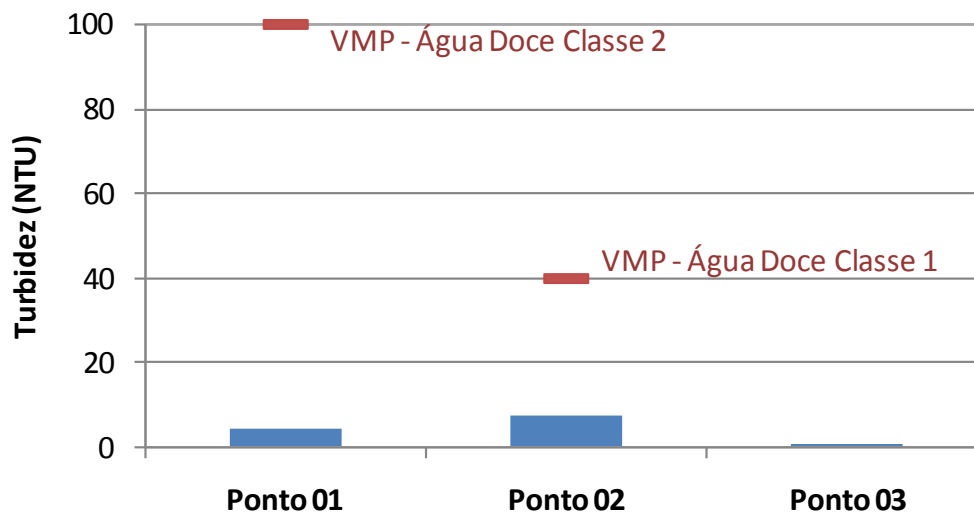


Figura 54. Resultado da análise – turbidez das amostras.

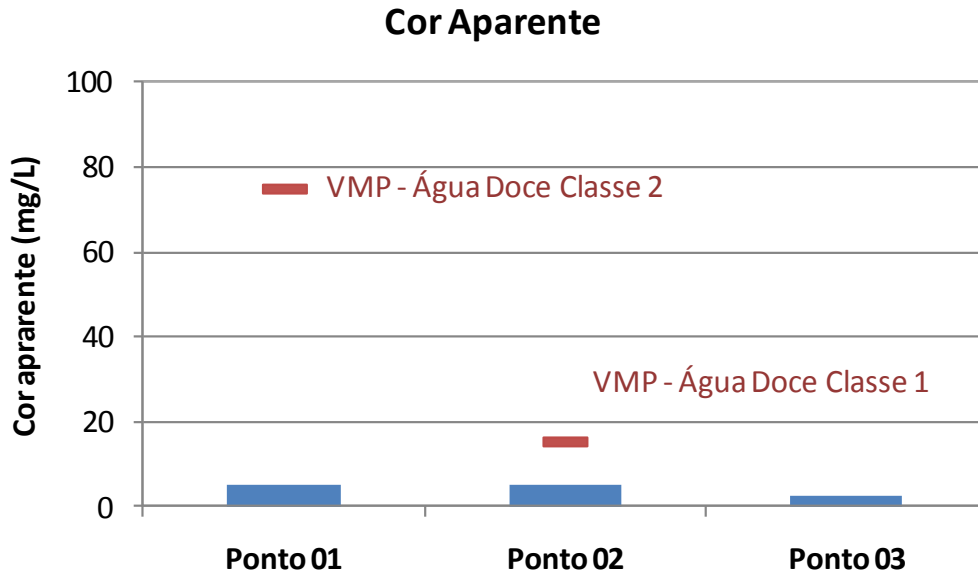


Figura 55. Resultado da análise – cor aparente das amostras.

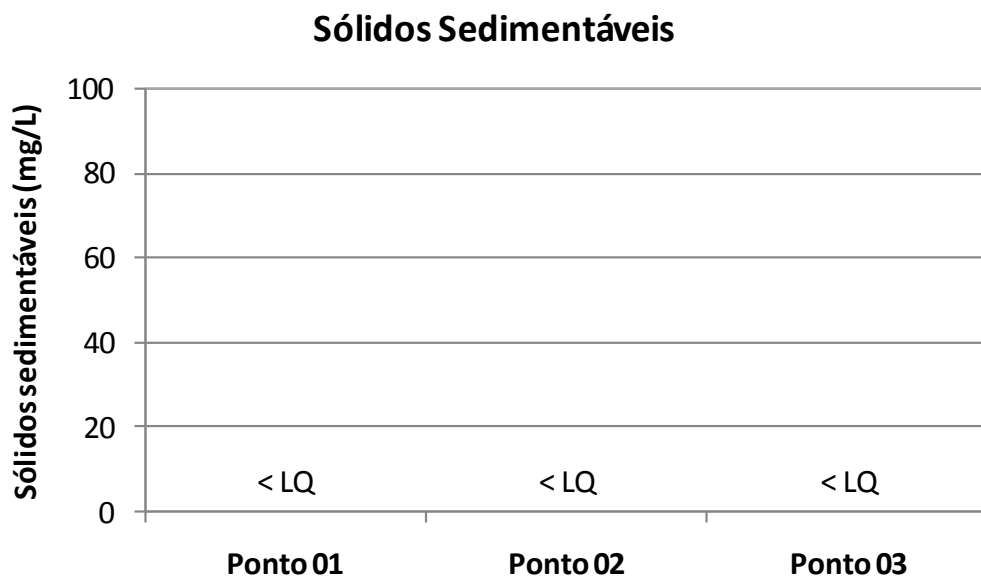


Figura 56. Resultado da análise – sólidos sedimentáveis das amostras.

### Sólidos Suspensos Totais

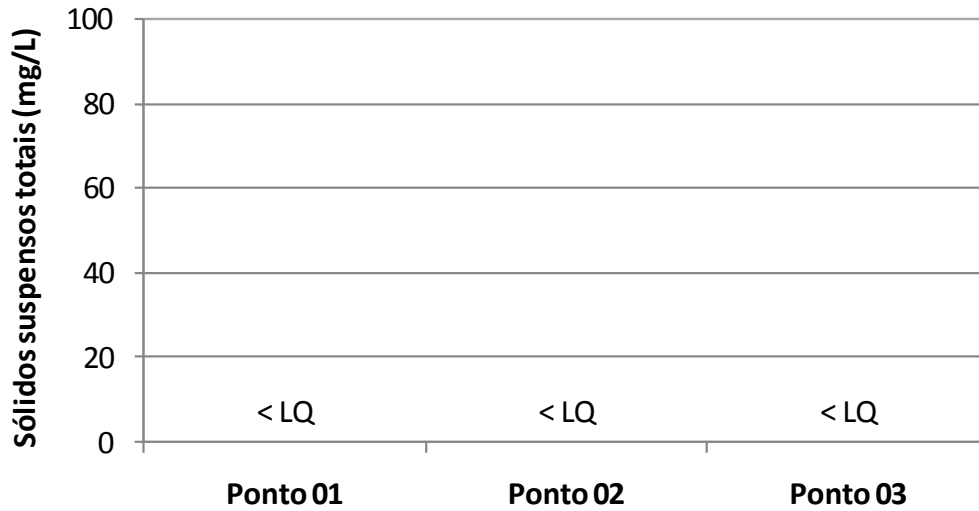


Figura 57. Resultado da análise – sólidos suspensos totais das amostras.

### Sólidos Dissolvidos Totais

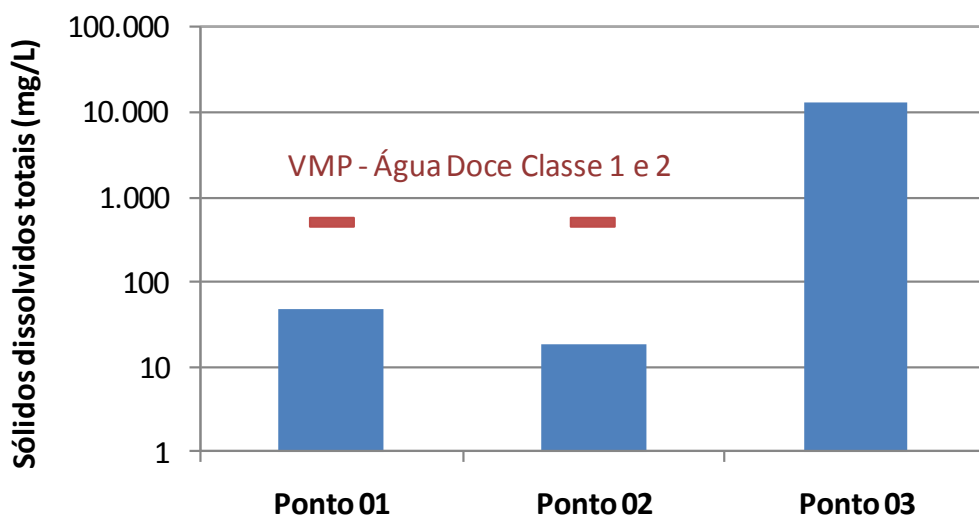


Figura 58. Resultado da análise – sólidos dissolvidos totais das amostras.

### Potencial Hidrogeniônico

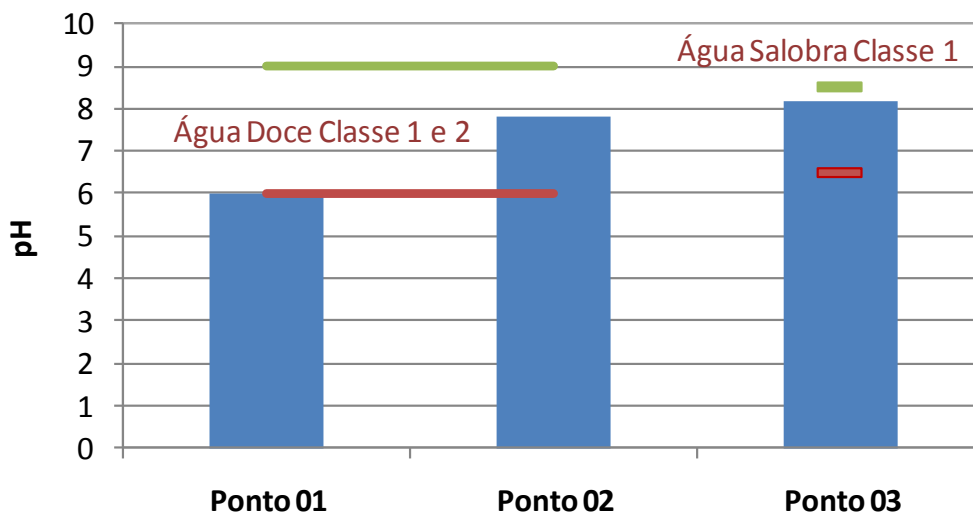


Figura 59. Resultado da análise – pH das amostras.

### Oxigênio Dissolvido

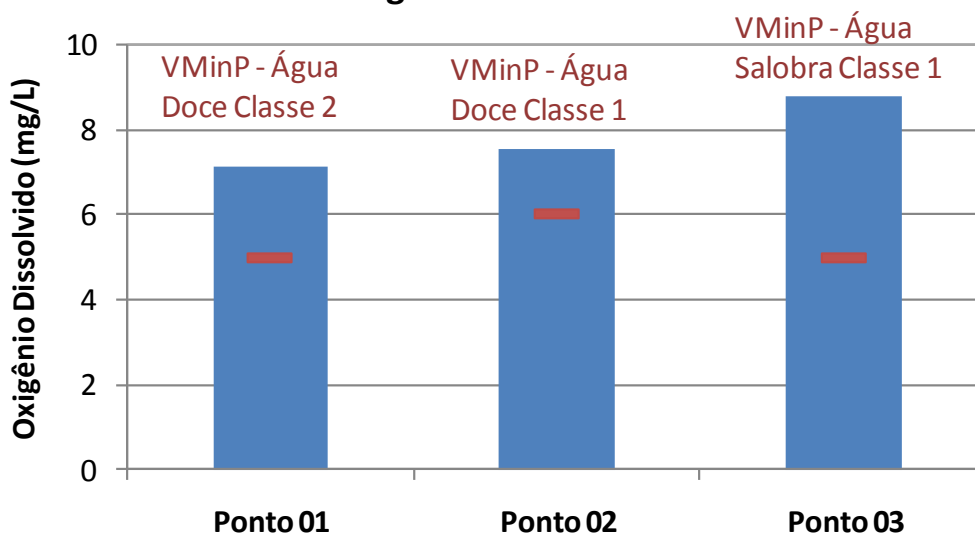


Figura 60. Resultado da análise – oxigênio dissolvido das amostras.

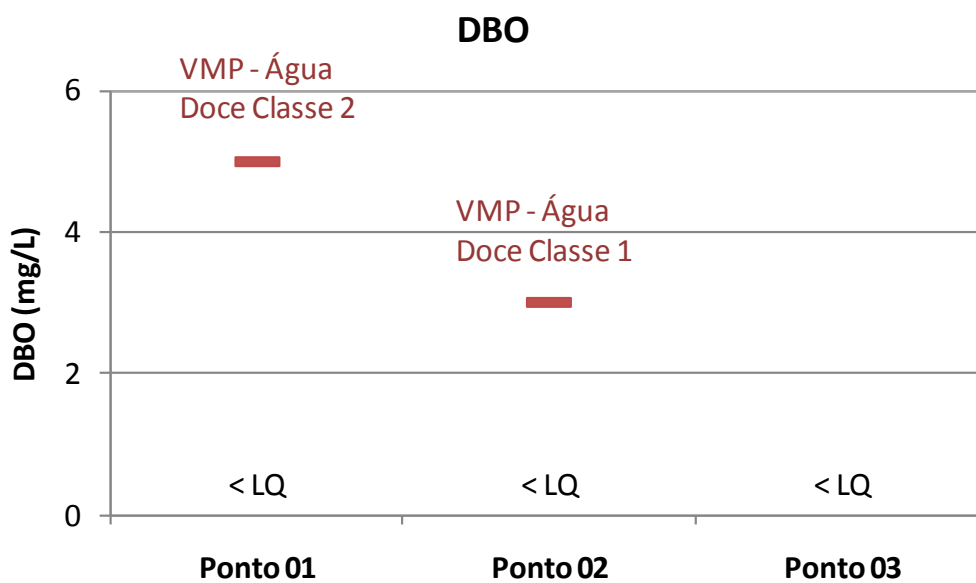


Figura 61. Resultado da análise – DBO das amostras.

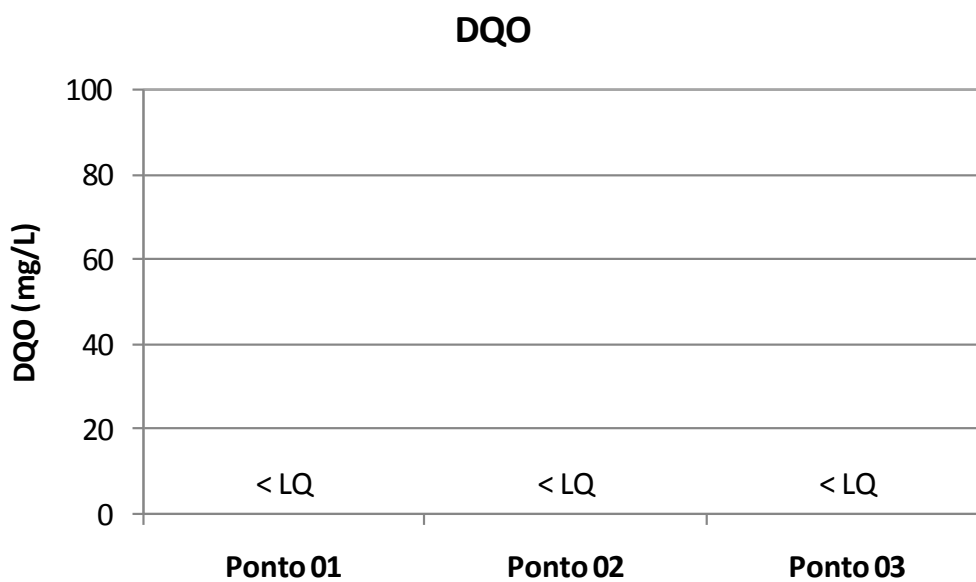


Figura 62. Resultado da análise – DQO das amostras.

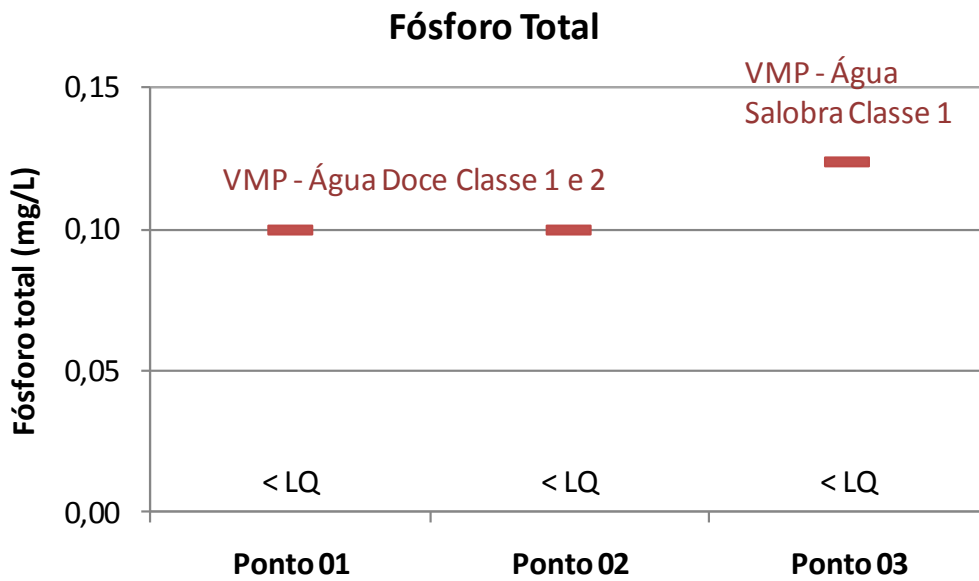


Figura 63. Resultado da análise – fósforo total das amostras.

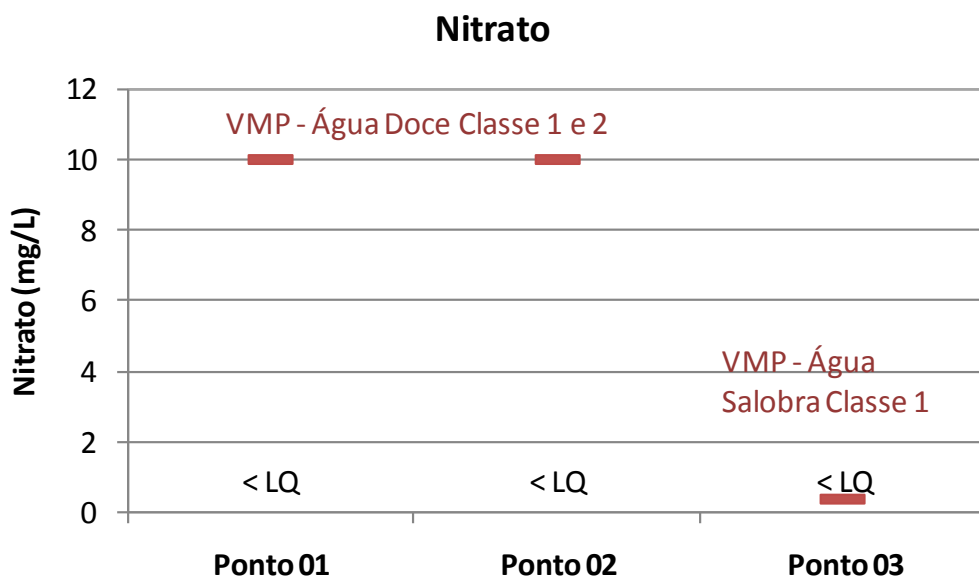


Figura 64. Resultado da análise – nitrato das amostras.



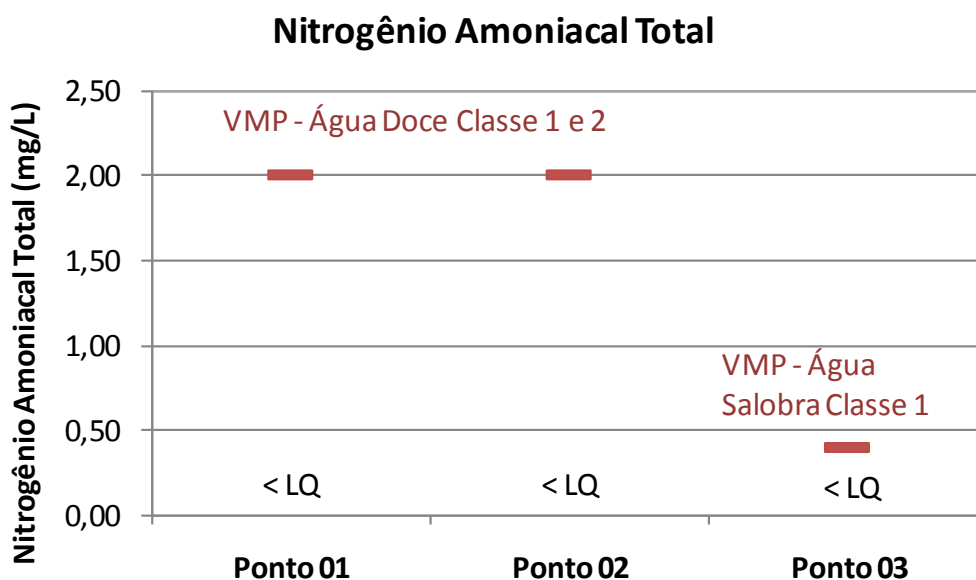


Figura 65. Resultado da análise – nitrogênio amoniacal total das amostras.

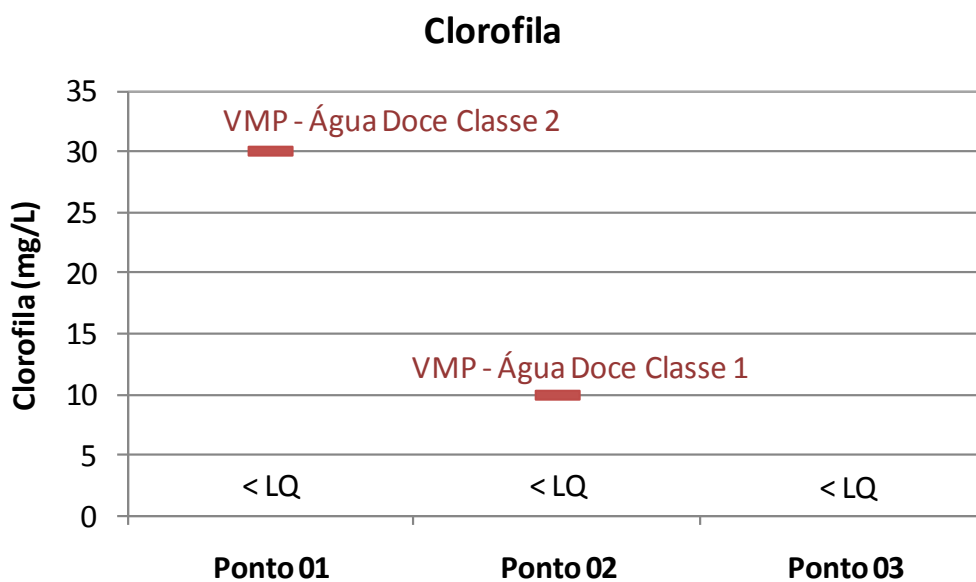


Figura 66. Resultado da análise – clorofila das amostras.

### Coliformes Totais

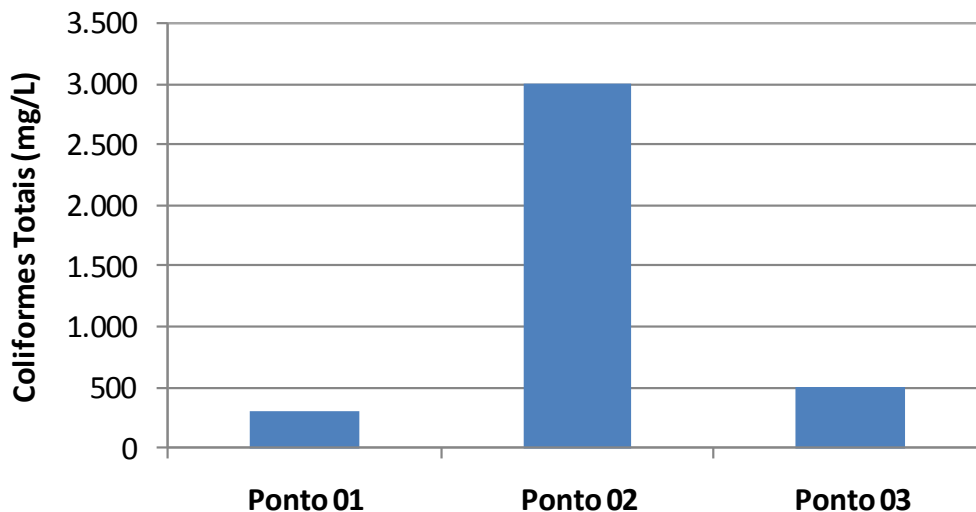


Figura 67. Resultado da análise – coliformes totais das amostras.

### Coliformes Fecais

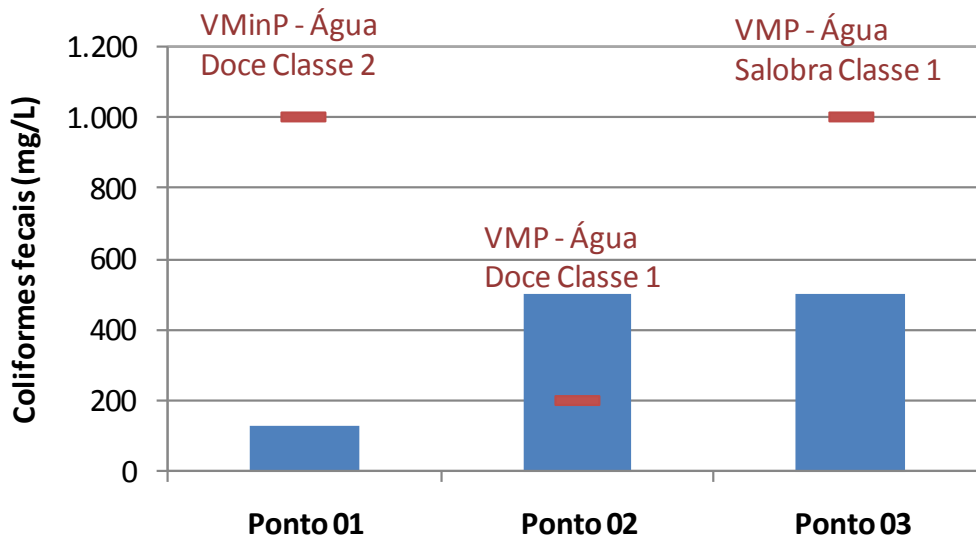


Figura 68. Resultado da análise – coliformes fecais das amostras.



Djan Porrua de Freitas  
Gerente Técnico - CRQ 13400691

Simone Cassão  
Gerente da Qualidade - CRQ 13402493

**RELATÓRIO DE ENSAIO – ORDEM DE SERVIÇO 492.1731.3**

Data da emissão: 02 / 07 / 2010

Interessado: MPB Saneamento Ltda  
Endereço: Rua Felipe Schmidt 649 sala 304

Cidade: Florianópolis/SC  
Bairro: Centro

**DADOS DA AMOSTRA**

**COLETOR** : QMC SANEAMENTO – Djan Porrua de Freitas  
**DATA DA COLETA** : 21 / 06 / 2010  
**DATA E HORA DA ENTRADA NO LAB** : 21 / 06 / 2010 – 16h55min  
**CONDIÇÃO CLIMÁTICA** : tempo ensolarado  
**LOCAL DA COLETA** : Palhoça/SC – Morro dos Cavalos

PROTOCOLO	AMOSTRA	ORIGEM DA AMOSTRA
1731	Amostra 01	P 01 – Rio Germano
1732	Amostra 02	P 02 – Afluente do rio Maciambú
1733	Amostra 03	P 03 – Rio Maciambú 100 m jusante a BR 101

PARÂMETROS	AMOSTRA 01	AMOSTRA 02	AMOSTRA 03	UNIDADE
Hora da coleta	9h36min	9h55min	10h11min	----
Temperatura amostra	16,0	16,0	16,0	Graus Celsius
Temperatura ambiente	15,0	14,0	15,0	Graus Celsius
pH	6,01	7,80	8,16	-----
Oxigênio dissolvido	7,14	7,56	8,80	mg/L
Coliformes Fecais	130,0	500,0	500,0	NMP/100mL
Coliformes totais	300,0	3,0 x10 <sup>3</sup>	500,0	NMP/100mL
Cor aparente	5,0	5,0	2,50	mg/L
Demanda bioquímica de oxigênio	inferior a 2,0	inferior a 2,0	inferior a 2,0	mg/L
Demanda química de oxigênio	inferior a 25,0	inferior a 25,0	inferior a 25,0	mg/L
Sólido sedimentável	inferior a 0,10	inferior a 0,10	inferior a 0,10	mg/L

**DJAN PORRUA DE FREITAS**  
Responsável Técnico (CRQ 13400691)



RELATÓRIO DE ENSAIO – ORDEM DE SERVIÇO **492.1731.3**

Data da emissão: 02 / 07 / 2010

Interessado: MPB Saneamento Ltda  
Endereço: Rua Felipe Schmidt 649 sala 304

Cidade: Florianópolis/SC  
Bairro: Centro

DADOS DA AMOSTRA

COLETOR : QMC SANEAMENTO – Djan Porrua de Freitas  
DATA DA COLETA : 21 / 06 / 2010  
DATA E HORA DA ENTRADA NO LAB : 21 / 06 / 2010 – 16h55min  
CONDIÇÃO CLIMÁTICA : tempo ensolarado  
LOCAL DA COLETA : Palhoça/SC – Morro dos Cavalos

PROTOCOLO	AMOSTRA	ORIGEM DA AMOSTRA
1731	Amostra 01	P 01 – Rio Germano
1732	Amostra 02	P 02 – Afluente do rio Maciambú
1733	Amostra 03	P 03 – Rio Maciambú 100 m jusante a BR 101

PARÂMETROS	AMOSTRA 01	AMOSTRA 02	AMOSTRA 03	UNIDADE
Sólido suspensos totais	inferior a 10,0	inferior a 10,0	inferior a 10,0	mg/L
Turbidez	4,19	7,25	0,98	NTU
Clorofila	inferior a 10,0	inferior a 10,0	inferior a 10,0	µg/L
Fósforo total	inferior a 0,02	inferior a 0,02	inferior a 0,02	mg/L
Nitrato	inferior a 0,10	inferior a 0,10	inferior a 0,10	mg/L
Nitrito	inferior a 0,01	inferior a 0,01	inferior a 0,01	mg/L
Nitrogênio amoniacal total	0,17	0,06	0,26	mg/L
Óleos e graxas	ausente	ausente	ausente	visíveis
Sólido dissolvido total	47,0	19,0	13277,0	mg/L

Nota 01. Os resultados obtidos são referentes à amostra analisada.

Nota 02. As técnicas de coleta e análise da água seguem metodologias do Standard Methods 21ª edição.

Nota 03. As determinações de temperaturas, pH e oxigênio foram realizados em campo, pelo coletor.

  
**DJAN PORRUA DE FREITAS**  
Responsável Técnico (CRQ 13400691)

 <b>QMC</b> <small>LABORATÓRIO DE ANÁLISES</small>	<b>QMC Saneamento Ltda.</b>	RQ 4.7.01.06_00
		Emissão: 12/08/2010
<b>COMUNICADO</b>		Páginas: 1/1
		Emitente: Comitê da Qualidade

**Nº 015/2010**

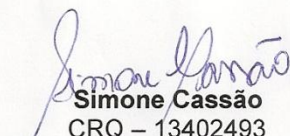
Cliente: **MPB SANEAMENTO S/C LTDA.**  
 CNPJ: 78.221.066/0001-07


Comunicamos abaixo os Limites de quantificação (LQ) referente ao relatório de ensaio 492.1731.3 emitido em 2 de julho de 2010.

Variáveis	Un.	L.Q.	Método Analítico
Temperatura amostra	°C	0,1	SMEWW 2550
Temperatura ambiente	°C	0,1	SMEWW 2550
Turbidez	NTU	0,10	CETESB L5.156
Cor aparente	mg/L	2,0	CETESB L5.196
Sólidos sedimentáveis	mg/L	0,10	SMEWW 2540 F
Sólidos suspensos totais	mg/L	10,0	SMEWW 2540 D
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	10,0	SMEWW 2540 B
pH	-	0,1	SMEWW 4500 HB
Oxigênio dissolvido	mg/L	0,10	CETESB L5.186
DBO	mg/L	2,00	CETESB L5.120
DQO	mg/L	25,00	SMEWW 5220 D
Fósforo total	mg/L	0,02	CETESB L5.128
Nitrato	mg/L	0,10	CETESB L5.137
Nitrito	mg/L	0,01	CETESB L5.138
Nitrogênio amoniacal total	mg/L	0,05	CETESB L5.136
Óleos e graxas	-	Visível	Visíveis
Clorofila	µg/L	10,0	CETESB L5.306
Coliformes Fecais	NMP/ 100mL	0,0	CETESB L5.202
Coliformes totais	NMP/ 100mL	0,0	CETESB L5.202

quarta-feira, 10 de novembro de 2010

Atenciosamente,

  
**Simone Cassão**  
 CRQ – 13402493  
 Supervisora da Qualidade

  
**Wilian Zanatta**  
 Gerente Administrativo

Qmc Saneamento, Rua Mns Topp 99, Florianópolis 88020-500, SC



### **5.1.6.2.1. Significado Ambiental das Variáveis Analisadas**

#### **Temperatura da água**

A temperatura da água desempenha um papel fundamental no controle do meio aquático, condicionando as influências de uma série de variáveis físico-químicas. Em geral, a medida que a temperatura aumenta, de 0 a 30°C, a viscosidade, tensão superficial, compressibilidade, calor específico, constante de ionização e calor latente de vaporização diminuem, enquanto a condutividade térmica e a pressão de vapor aumentam. A temperatura da água também é muito importante para os organismos aquáticos, pois estes possuem limites de tolerância térmica superior e inferior, temperaturas ótimas para crescimento, e limitações de temperatura para migração, desova e incubação dos ovos.

#### **Turbidez**

Turbidez é o grau de atenuação da intensidade da luz ao atravessar uma amostra de água devido à presença de sólidos em suspensão, tais como partículas inorgânicas (areia, silte, argila) e, de detritos orgânicos como algas, bactérias, e plâncton em geral. A alta turbidez reduz a fotossíntese da vegetação aquática e, conseqüentemente, pode suprimir a produtividade de peixes. Além disso, afeta negativamente os usos doméstico, industrial e recreacional de um corpo d'água.

#### **Cor**

A cor da água está associada ao grau de redução da intensidade que a luz sofre ao atravessá-la (absorção de parte da onda eletromagnética), devido à presença de sólidos dissolvidos, principalmente material em estado coloidal orgânico e inorgânico. Dentre os colóides orgânicos, pode-se mencionar os ácidos húmico e fúlvico, substâncias naturais resultantes da decomposição parcial de compostos orgânicos presentes em folhas, dentre outros substratos. Também os esgotos sanitários se caracterizam por apresentarem predominantemente matéria em estado coloidal, além de diversos efluentes industriais contendo taninos (efluentes de curtumes, por exemplo), anilinas



(efluentes de indústrias têxteis, indústrias de pigmentos etc.), lignina e celulose (efluentes de indústrias de celulose e papel, da madeira etc.).

Há também compostos inorgânicos capazes conferir os efeitos de matéria em estado coloidal. Os principais são os óxidos de ferro e manganês, que são abundantes em diversos tipos de solo. Alguns outros metais presentes em efluentes industriais conferem-lhes cor, mas, em geral, íons dissolvidos pouco ou quase nada interferem na passagem da luz. O problema maior de cor na água, em geral, é o estético, já que causa um efeito repulsivo às pessoas.

### **Série de Sólidos**

Os sólidos nas águas correspondem a toda matéria que permanece como resíduo, após a evaporação, secagem ou calcinação de uma amostra de água a uma temperatura pré-estabelecida durante um tempo fixado. Estas operações definem a concentração das diversas frações que compõe os sólidos totais presentes na água: quanto ao tamanho (sólidos suspensos e dissolvidos) e, quanto à natureza (fixos ou minerais e, voláteis ou orgânicos).

Estes parâmetros são importantes, pois em altas concentrações podem sedimentar sobre organismos que servem de alimentos para outros seres, ou danificar os leitos de desova de peixes. Além disto, os sólidos podem reter bactérias e resíduos orgânicos no fundo, promovendo a decomposição anaeróbia. Sólidos suspensos voláteis são indicativos de microrganismos decompositores da matéria orgânica e, altos teores de sais minerais, particularmente sulfato e cloreto, estão associados à tendência de corrosão em sistemas de distribuição, além de conferir sabor às águas.

### **Potencial Hidrogeniônico - pH**

O potencial hidrogeniônico é definido como o logaritmo negativo da concentração de íons hidrogênio e, varia numa escala de 1 a 14 indicando, respectivamente, substâncias ácidas ou alcalinas.

Conforme ANDRADE (2005), o pH em ambientes aquáticos é dependente de inúmeras variáveis, mas na maioria das vezes é decorrente da dissociação do

ácido carbônico, que reduz o pH; e das reações de íons carbonato e bicarbonato com a água, que elevam o pH.

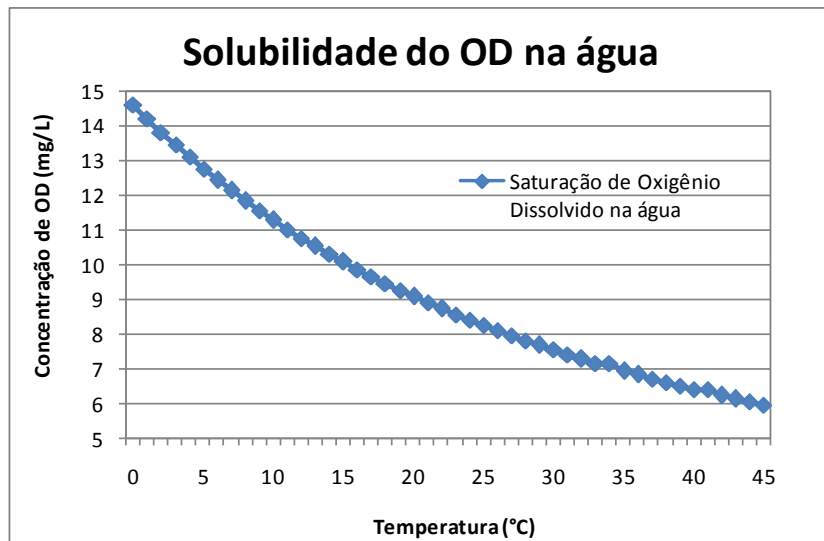
O autor descreve ainda, que as próprias comunidades aquáticas também interferem na acidez ou alcalinidade da água. Enquanto a fotossíntese eleva o pH, devido a assimilação de CO<sub>2</sub> no meio; a oxidação biológica contribui para a redução. Segundo o mesmo, a faixa de pH encontrada em águas naturais se estende entre 2 e 12, e apresentam maior amplitude em ambientes de água doce.

A importância da análise de pH se deve, pois esta variável afeta diretamente vários processos naturais, como a fisiologia das diversas espécies, a precipitação de elementos químicos, a solubilidade de nutrientes (a conversão de amônia para forma gasosa ocorre mediante elevação de pH), entre outros.

### **Oxigênio Dissolvido**

O oxigênio dissolvido na água é considerado um dos mais importantes indicadores do estado ecológico de um corpo hídrico. Cada ecossistema aquático pode apresentar níveis normais de oxigênio em diferentes concentrações, pois fatores ambientais alteram naturalmente estes teores.

O caráter dinâmico das concentrações de oxigênio dissolvido na água na resulta da interação de três fatores principais: solubilidade, consumo e renovação. A solubilidade do oxigênio na água é um fator que depende de outras três características – temperatura, salinidade e pressão atmosférica – cujo aumento em qualquer uma delas resulta na redução das concentrações de oxigênio. O gráfico da Figura ilustra a relação entre a temperatura e a concentração de saturação do oxigênio na água ao nível do mar – quanto maior a temperatura, menor é a capacidade da água em conter oxigênio.



**Figura 68. Curva de solubilidade do oxigênio dissolvido na água: concentração de saturação em função da temperatura. FONTE: U.S Environmental Protection Agency – USEPA, 2006.**

Um ecossistema aquático tanto absorve oxigênio (através da atmosfera e da fotossíntese de plantas e algas) quanto consome (através da respiração de animais, decomposição biológica e outras reações químicas que demandem oxigênio). Isto significa que um sistema lótico (como rios e riachos) tende a apresentar concentrações naturalmente mais elevadas de oxigênio que um sistema lêntico (como lagos e lagoas), pois a maior agitação de suas águas contribui para introdução de oxigênio no meio líquido. Da mesma forma, um ambiente rico em matéria orgânica tende a apresentar níveis de oxigênio mais baixos. Se o equilíbrio é rompido e mais oxigênio é consumido do que absorvido, as concentrações diminuem e organismos mais sensíveis se deslocam, enfraquecem ou morrem.

Na avaliação das concentrações de oxigênio de um corpo hídrico é preciso considerar, por conseguinte, tanto o ambiente em que este está inserido, como fatores que perturbem seu equilíbrio natural; como lançamento de efluentes domésticos e industriais, águas de drenagem, e resíduos urbanos.

### **Demanda Química de Oxigênio - DQO**

A DQO é a quantidade de oxigênio necessária para oxidação da matéria orgânica através de um agente químico. Sabe-se que o poder de oxidação do dicromato de potássio é maior do que o que resulta mediante a ação de microrganismos – exceto em raríssimos casos como hidrocarbonetos aromáticos e piridina – por isto, os resultados da DQO de uma amostra geralmente são superiores aos de  $DBO_{5,20}$ .

A DQO quando utilizada em conjunto com a  $DBO_{5,20}$  serve para verificar a biodegradabilidade de efluentes. Como na  $DBO_{5,20}$  mede-se apenas a fração biodegradável, quanto mais este valor se aproximar da DQO, mais biodegradável será o efluente. Em tratamentos biológicos é comum encontrar a relação  $DBO_{5,20}/DQO$  de 33%. Mas, valores muito abaixo desta relação indicam grandes possibilidades de insucesso, uma vez que a fração biodegradável torna-se pequena, tendo-se ainda o tratamento biológico prejudicado pelo efeito tóxico sobre os microrganismos exercido pela fração não biodegradável. O aumento da concentração de DQO num corpo d'água deve-se principalmente a despejos de origem industrial.

### **Nutrientes (Nitrogênio e Fósforo)**

Nitrogênio e fósforo (em suas diversas formas) são comumente denominados nutrientes, pois são os principais elementos químicos limitantes da produção primária; ou seja, do crescimento de plantas e algas – a base de cadeia alimentar. O nutriente limitante é aquele que se apresenta em menor disponibilidade relativa à sua demanda, portanto, a adição deste elemento estimularia a produção primária mais do que a adição que qualquer outro elemento. Fósforo normalmente é dito como o fator limitante em ambientes de água doce, enquanto o nitrogênio, em ambientes marinhos.

O nitrogênio pode ser encontrado nas águas sob quatro formas distintas: orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato. As duas primeiras chamam-se formas reduzidas e as duas últimas, oxidadas. Dependendo das formas predominantes encontradas pode-se inferir sobre a idade da poluição; ou seja, se as análises demonstrarem predominância das formas reduzidas significa que o foco de

poluição se encontra próximo; se prevalecer nitrito e nitrato significa que as descargas de esgotos se encontram distantes.

Estas formas podem indicar ainda as zonas de autodepuração de um corpo hídrico, onde a presença de nitrogênio orgânico representa a zona de degradação; o amoniacal, a zona de decomposição ativa; o nitrito, a zona de recuperação e; o nitrato, a zona de águas limpas. Sabe-se que matéria orgânica em decomposição contribui para formação de amônia, que conseqüentemente, provoca consumo de oxigênio na água ao ser oxidada.

### **Coliformes Totais e Fecais**

As bactérias do grupo coliforme são consideradas os principais indicadores de contaminação fecal. O grupo coliforme é formado por um número de bactérias que inclui os generos *Klebsiella*, *Escherichia*, *Serratia*, *Erwenia* e *Enterobactéria*. Todas as bactérias coliformes são gran-negativas manchadas e, estão associadas com as fezes de animais de sangue quente e com o solo.

As bactérias coliformes fecais (termotolerantes) reproduzem-se ativamente a 44,5°C e são capazes de fermentar carboidratos. Além de presentes em fezes humanas e de animais podem, também, ser encontradas em solos, plantas ou quaisquer efluentes contendo matéria orgânica. O uso das bactérias coliformes termotolerantes para indicar poluição sanitária mostra-se mais significativo que o uso da bactéria coliforme “total”, porque as bactérias fecais estão restritas ao trato intestinal de animais de sangue quente.

#### **5.1.6.2.2. Discussão dos Resultados**

Conforme os resultados apresentados na Tabela 17 e nos gráficos subseqüentes (Figura a Figura 68), somente uma variável (coliformes fecais) de um único ponto (Ponto 02) excedeu o limite máximo preconizado pela Resolução CONAMA 357/2005. Todas as outras variáveis analisadas apresentaram concentrações dentro dos padrões de qualidade previstos pela



legislação, fato que indica um bom estado qualitativo dos corpos hídricos cujas amostras foram colhidas.

O Ponto 02, de onde se verificou uma alta concentração de coliformes totais e fecais, situa-se à jusante de um pequeno grupo de residências que não dispõem de infra-estrutura de saneamento básico (Figura ). Provavelmente, o esgoto produzido por estes domicílios está sendo lançado diretamente sobre o solo ou em fossas sépticas inadequadas ou, ainda em fossas negras. Esta ocorrência explica as altas concentrações de coliformes fecais encontrados na amostra, e representam um fator de degradação da qualidade da água deste corpo hídrico. As fotografias a seguir apresentam, em detalhe, as residências situadas a montante do ponto de amostragem 02.



Figura 69. Residências situadas a montante do ponto de coleta 02.



O Ponto 01 situa-se no local mais preservado dentre os locais amostrados, no sopé da face norte do Morro dos Cavalos, sem interferências antrópicas a montante. Durante as atividades em campo verificou-se que este curso d'água é utilizado para abastecimento de moradores da Enseada de Brito, sendo que as captações, de pequena vazão, são realizadas por meio de mangueiras.

Durante a fase de obras, considerando a execução das atividades de movimentação de terra e de máquinas no emboque norte, será fundamental realizar o rigoroso controle neste local, a fim de garantir a manutenção do abastecimento de água dos moradores que se utilizam deste manancial, tendo em vista não haver alternativa de abastecimento disponível.

O Ponto 03 que em princípio seria o mais susceptível de sofrer alterações na qualidade da água, tendo em vista a ocupação da bacia em seu baixo curso, não apresentou nenhum parâmetro fora dos limites estabelecidos para a Classe 1 das águas salobras. Durante a fase de obras este será um ponto que merecerá grande atenção por parte do DNIT, considerando que a movimentação de terra e de máquinas na frente de obra do emboque sul poderá deflagrar processos erosivos, com o conseqüente aporte de sedimentos diretamente para o rio Massiambu. Neste caso, os parâmetros de turbidez e sólidos suspensos deverão ser rigorosamente acompanhados, tendo em vista identificar prontamente o aporte de sedimentos proveniente das obras, a fim de que se possa tomar as providências cabíveis.

De modo geral pode-se afirmar que os resultados encontrados são coerentes com o estado de ocupação do entorno e área do Morro dos Cavalos. A área hoje declarada como Terra Indígena, em processo de demarcação, apresenta densidade populacional muito baixa. Com a conclusão da demarcação e efetiva desintrusão da mesma a área passará a ser ocupada apenas pela população indígena. Vale destacar que será necessária uma ação efetiva de educação sanitária da FUNAI junto a tal Comunidade, tendo em vista que hoje a situação

de saneamento na aldeia é bastante crítico, como evidenciado no diagnóstico socioeconômico.

Em relação à bacia do rio Massiambu a mesma apresenta-se ocupada com atividades agrícolas de pequena e média escala, já no trecho em seu trecho baixo quando a mesma atinge as áreas de topografia mais suave, próximo ao litoral. Aparentemente a ocupação atual, especialmente da Comunidade de Massiambu Pequeno, não tem acarretado degradação significativa da qualidade da água do rio Massiambu a jusante, tendo em vista que no ponto analisado (Ponto 03) a mesma se enquadrou nos critérios da classe 1. Entretanto vale destacar que um futuro adensamento da ocupação ou intensificação das atividades agrícolas poderá resultar na perda de qualidade deste corpo hídrico.

#### **5.1.6.3. Fontes Potenciais de Poluição**

Na área de influência direta do empreendimento foram analisados os principais cursos d'água que poderão ser diretamente impactados pelas obras. Como já discutido anteriormente, as principais fontes potenciais de poluição atualmente existentes são:

- No caso do rio Massiambu: a Comunidade de Massiambu Pequeno, as atividades agrícolas desenvolvidas nas áreas de planície e as áreas ocupadas próximas à foz. Identificou-se que, no momento, a ocupação humana na Comunidade de Massiambu Pequeno e as atividades agrícolas desenvolvidas na porção sub-média da bacia não tem ocasionado degradação significativa da qualidade da água do rio Massiambu. Entretanto, trata-se de fontes poluidoras potenciais que merecem atenção do órgão gestor estadual;
- No caso do afluente do rio Massiambu situado próximo ao início dos túneis falsos projetados: o conjunto de residências situadas próximas à

rodovia em operação aparentemente está sendo responsável pela poluição da água deste afluente com dejetos domésticos. Na fase de obras tais residências deverão ser desocupadas e, futuramente, não haverá nova ocupação no local uma vez que a FUNAI vai dar início ao processo de desintrusão da área.

Outra fonte de poluição potencial consolidada é a aldeia do Morro dos Cavalos. Como também já foi mencionado a aldeia não conta com condições adequadas de saneamento, o que certamente está resultando em degradação da qualidade da água do manancial situado a jusante da mesma. Tal curso d'água não foi analisado uma vez que não será diretamente afetado pela obra e uma vez que, segundo os próprios membros da Comunidade Indígena, eles pretendem ocupar outros locais no interior da TI quando da conclusão de sua desintrusão.

Em relação à Comunidade Indígena a FUNAI deverá realizar ações de educação sanitária e deverá prover condições de saneamento nos locais que virão a ser ocupados, de modo a prevenir futuro comprometimento da qualidade da água dos cursos d'água existentes na TI.

Na fase de obras haverá duas áreas que podem ser consideradas como fontes potenciais de poluição, as áreas de apoio às obras dos emboques norte e sul. Embora o canteiro de obras vá estar situado obrigatoriamente fora dos limites da Terra Indígena, nos emboque norte e sul deverá haver áreas menores de apoio às obras. Nestas áreas serão realizadas refeições, armazenamento de materiais de uso corriqueiro, etc. Também será necessário prover tais áreas com banheiros químicos e dispositivos para armazenamento do lixo diário. Durante a fase de obras tais áreas deverão ser objeto de rigoroso monitoramento, a fim de que não venham a se constituir em fontes ativas de poluição dos cursos d'água, lembrando que no emboque norte o curso d'água potencialmente afetado será o rio Germano, que hoje se constitui em manancial de abastecimento de alguns moradores da Enseada de Brito.



### **5.1.7. Ruídos**

A realização de campanha de monitoramento de ruído no período de elaboração do Estudo Ambiental referente à duplicação da rodovia BR-101, segmento Km 232,00 ao Km 234,5 – transposição do Morro dos Cavalos teve como objetivo mensurar o nível de pressão sonora a que estão expostos os moradores da comunidade indígena do Morro dos Cavalos.

As medições do nível de pressão sonora apresentadas a seguir foram realizadas nos dias 21/06/2010 nos períodos diurno e noturno, no dia 24/06/10 no período noturno e no dia 25/06/2010 no período diurno.

A metodologia para mensuração de ruído foi baseada na Resolução CONAMA nº 01/90 e na norma técnica da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT): NBR 10.151. Para a determinação instantânea do ruído ambiental, envolvendo o ruído comunitário e do tráfego, fez-se o uso de medidor de níveis de pressão sonora (decibelímetro), com as seguintes características:

- Modelo DEC-5000 (Figura 70);
- Fabricante Minolsystem
- As medições foram efetuadas fazendo-se o uso da curva de compensação “A”, em circuito de resposta rápida (“FAST”), do medidor de nível sonoro (decibelímetro).



**Figura 70. Decibelímetro digital Datalogger, Modelo DEC-5000.**

#### **5.1.7.1. Especificações das Condições do Tempo nos dias e Locais da Medição**

Tendo em vista que o som propagado ao ar livre sofre atenuação devido a diversos fatores, como a vegetação, a variação de temperatura e o efeito do vento; as condições do tempo nos dias e no local das medições devem ser considerados.

Nos dias e horários da avaliação do nível de pressão sonora, na área em estudo, os dados de temperatura, umidade relativa do ar e a velocidade do vento, foram obtidos através de dados disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. Foram adotados como parâmetros os dados da Estação Automática de Florianópolis/São José – SC, devido a sua proximidade com a área analisada (Figura , Figura e Figura ).



**INMET** INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA

**Consulta Dados da Estação Automática: FLORIANOPOLIS-SÃO JOSÉ (SC)** Fechar

Observação: Estes são dados brutos e sem consistência com o único objetivo de deixá-los disponíveis de forma imediata. Uma nova versão apresentará os dados depois de verificação de consistência.

Data Inicial: **21/06/2010** Data Final: **21/06/2010** Nova Pesquisa Download de Dados

Data	Hora	Temperatura (°C)			Umidade (%)			Pto. Orvalho (°C)			Pressão (hPa)			Vento (m/s)			Radiação (kJm <sup>2</sup> )	Chuva (mm)
		Inst.	Máx.	Mín.	Inst.	Máx.	Mín.	Inst.	Máx.	Mín.	Inst.	Máx.	Mín.	Vel.	Dir.	Raj.		
21/06/2010	00	13.9	13.9	13.8	91	91	89	12.5	12.5	12.0	1016.0	1016.0	1015.5	0.4	296°	1.9	-2.47	0.0
21/06/2010	01	13.9	13.9	13.8	91	92	91	12.5	12.5	12.4	1016.1	1016.1	1015.5	1.1	281°	2.0	-1.51	0.0
21/06/2010	02	13.8	14.0	13.8	91	92	91	12.4	12.6	12.3	1016.0	1016.3	1015.9	0.6	304°	2.0	-2.45	0.0
21/06/2010	03	13.8	14.0	13.8	91	91	90	12.3	12.5	12.3	1016.2	1016.9	1015.6	1.0	291°	4.4	-2.94	0.2
21/06/2010	04	13.6	13.8	13.5	92	92	91	12.4	12.4	12.2	1016.3	1016.5	1016.2	0.5	356°	2.5	-3.45	0.0
21/06/2010	05	13.6	13.7	13.5	93	93	92	12.5	12.6	12.3	1015.6	1016.3	1015.5	0.6	324°	1.5	-3.13	0.0
21/06/2010	06	13.5	13.6	13.4	93	93	93	12.5	12.5	12.3	1015.5	1015.6	1015.0	0.7	324°	2.3	-3.32	0.0
21/06/2010	07	13.3	13.8	13.3	92	93	92	12.1	12.7	12.1	1014.9	1015.7	1014.9	0.0	212°	1.8	-3.46	0.0
21/06/2010	08	12.7	13.3	12.7	93	94	92	11.6	12.2	11.6	1014.9	1015.2	1014.9	0.3	292°	1.9	-3.54	0.0
21/06/2010	09	12.0	12.8	11.9	95	95	93	11.2	11.9	11.1	1015.4	1015.5	1014.8	0.0	219°	1.0	-3.54	0.0
21/06/2010	10	12.3	12.3	11.6	96	96	94	11.6	11.6	10.8	1016.3	1016.3	1015.3	0.1	58°	1.9	-3.53	0.0
21/06/2010	11	12.4	12.4	11.9	96	96	95	11.7	11.7	11.1	1017.3	1017.3	1016.3	0.8	291°	2.4	80.64	0.0
21/06/2010	12	13.7	13.7	12.3	90	96	90	12.1	12.4	11.6	1017.7	1017.7	1017.2	0.9	216°	2.7	563.9	0.0
21/06/2010	13	15.9	15.9	13.7	69	90	65	10.2	12.3	9.3	1017.9	1018.0	1017.6	1.5	257°	3.3	1266.	0.0
21/06/2010	14	17.7	17.7	15.7	52	73	52	7.8	11.3	7.6	1017.5	1018.0	1017.5	0.6	130°	2.6	1756.	0.0
21/06/2010	15	18.1	18.6	17.3	40	52	36	4.1	7.4	2.6	1016.8	1017.5	1016.7	0.7	149°	2.1	2005.	0.0
21/06/2010	16	18.0	18.5	17.6	43	45	35	5.2	5.6	2.6	1016.1	1017.1	1016.1	1.0	164°	2.1	1056.	0.0
21/06/2010	17	18.5	19.8	17.6	39	48	34	4.4	6.5	2.5	1015.6	1016.3	1015.5	0.9	154°	2.2	1423.	0.0
21/06/2010	18	18.0	18.7	18.0	44	45	39	5.5	5.9	4.4	1015.8	1016.1	1015.5	0.8	24°	2.4	595.3	0.0
21/06/2010	19	17.4	18.2	17.4	54	55	43	8.1	8.4	5.3	1016.5	1016.8	1015.8	0.4	338°	2.5	368.5	0.0
21/06/2010	20	16.9	17.5	16.9	64	64	51	10.1	10.1	7.1	1016.5	1016.7	1015.8	0.5	315°	1.9	125.2	0.0
21/06/2010	21	16.1	17.2	16.1	69	69	53	10.4	10.4	7.5	1016.9	1017.0	1015.2	0.7	227°	2.8	8.453	0.0
21/06/2010	22	15.1	16.1	14.6	80	81	60	11.7	11.7	7.9	1016.7	1016.9	1016.3	0.9	227°	2.1	-3.53	0.2
21/06/2010	23	13.2	15.2	13.2	87	87	79	11.0	11.9	11.0	1017.6	1017.8	1016.7	1.0	264°	4.1	-3.46	1.4

Figura 71. Condições climáticas no dia 21/06/2010, período diurno.

**INMET** INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA

**Consulta Dados da Estação Automática: FLORIANOPOLIS-SÃO JOSÉ (SC)** Fechar

Observação: Estes são dados brutos e sem consistência com o único objetivo de deixá-los disponíveis de forma imediata. Uma nova versão apresentará os dados depois de verificação de consistência.

Data Inicial: **24/06/2010**      Data Final: **24/06/2010**      [Nova Pesquisa](#)      [Download de Dados](#)

Data	Hora	Temperatura (°C)			Umidade (%)			Pto. Orvalho (°C)			Pressão (hPa)			Vento (m/s)			Radiação	Chuva
		UTC	Inst.	Máx.	Mín.	Inst.	Máx.	Mín.	Inst.	Máx.	Mín.	Inst.	Máx.	Mín.	Vel.	Dir.	Raj.	(kJm <sup>2</sup> )
24/06/2010	00	15.4	15.4	15.0	78	79	77	11.6	11.6	11.2	1021.3	1021.5	1021.2	1.8	338°	4.2	-3.54	0.0
24/06/2010	01	15.4	15.7	15.3	79	79	77	11.8	11.8	11.5	1021.5	1021.5	1021.2	2.0	315°	4.8	-3.54	0.0
24/06/2010	02	16.6	16.6	15.4	75	79	75	12.2	12.2	11.8	1021.8	1021.8	1021.4	3.1	312°	7.5	-2.39	0.0
24/06/2010	03	16.8	16.9	16.6	76	76	75	12.5	12.6	12.2	1021.6	1021.8	1021.4	1.9	327°	7.5	-2.16	0.0
24/06/2010	04	17.3	17.4	16.4	75	78	75	12.9	13.0	12.2	1021.2	1021.7	1021.2	2.8	321°	6.8	-2.22	0.0
24/06/2010	05	17.4	17.5	17.1	76	77	75	13.2	13.2	12.9	1021.1	1021.2	1021.0	2.7	313°	6.8	-2.07	0.0
24/06/2010	06	17.5	17.5	17.1	77	78	76	13.4	13.4	13.1	1020.7	1021.2	1020.5	3.0	301°	6.6	-2.32	0.0
24/06/2010	07	16.8	17.5	16.6	80	81	77	13.4	13.4	13.2	1020.2	1020.8	1020.2	1.3	305°	6.5	-1.12	0.0
24/06/2010	08	16.4	16.9	16.4	83	83	80	13.5	13.5	13.3	1019.8	1020.3	1019.8	0.1	240°	3.3	-1.34	0.0
24/06/2010	09	17.2	17.4	16.3	81	84	80	14.0	14.2	13.5	1019.9	1019.9	1019.6	1.6	322°	3.7	-2.08	0.0
24/06/2010	10	17.6	17.8	17.2	81	81	80	14.3	14.3	14.0	1020.2	1020.2	1019.9	1.9	310°	5.6	-3.09	0.0
24/06/2010	11	18.1	18.1	17.6	82	82	81	14.9	14.9	14.2	1020.6	1020.8	1020.2	2.9	312°	6.9	56.99	0.0
24/06/2010	12	18.8	18.8	18.1	79	82	78	15.0	15.1	14.9	1020.7	1020.8	1020.4	3.5	319°	8.7	207.6	0.0
24/06/2010	13	19.6	19.6	18.8	76	79	75	15.2	15.3	15.0	1020.5	1020.8	1020.3	2.5	358°	8.7	582.1	0.0
24/06/2010	14	20.5	20.7	19.6	74	76	74	15.8	16.1	15.1	1020.6	1020.6	1020.4	4.2	328°	11.4	942.8	0.0
24/06/2010	15	20.8	20.9	20.4	74	75	74	16.0	16.2	15.7	1020.4	1020.6	1020.3	3.9	341°	10.3	757.7	0.0
24/06/2010	16	20.5	21.7	20.2	77	78	72	16.4	16.6	15.9	1019.7	1020.4	1019.7	1.2	25°	8.4	1012.	0.0
24/06/2010	17	20.7	20.8	20.2	78	79	76	16.8	16.8	16.0	1019.0	1019.8	1019.0	1.8	334°	4.4	689.5	0.0
24/06/2010	18	21.4	21.8	20.7	74	78	72	16.4	16.9	16.3	1018.7	1019.0	1018.6	1.9	339°	4.4	741.8	0.0
24/06/2010	19	21.1	21.4	20.7	74	76	73	16.4	16.5	15.9	1018.5	1018.7	1018.5	1.5	344°	4.7	329.8	0.0
24/06/2010	20	20.7	21.3	20.7	74	75	72	15.9	16.4	15.8	1018.6	1018.6	1018.4	1.9	345°	4.6	334.3	0.0
24/06/2010	21	19.5	20.7	19.5	81	81	74	16.1	16.2	15.9	1018.6	1018.6	1018.5	1.5	352°	5.5	30.05	0.0
24/06/2010	22	19.4	19.6	19.0	84	85	81	16.6	16.7	16.1	1018.5	1018.7	1018.3	2.8	360°	5.2	-3.54	0.0
24/06/2010	23	19.1	19.5	18.2	84	86	82	16.3	16.6	15.6	1018.5	1018.7	1018.4	1.6	357°	5.0	-3.54	0.0

Figura 72 Condições climáticas no dia 24/06/2010, período noturno.

**INMET** INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA

**Consulta Dados da Estação Automática: FLORIANOPOLIS-SÃO JOSÉ (SC)** Fechar

Observação: Estes são dados brutos e sem consistência com o único objetivo de deixá-los disponíveis de forma imediata. Uma nova versão apresentará os dados depois de verificação de consistência.

Data Inicial: **25/06/2010**      Data Final: **25/06/2010**           

Data	Hora	Temperatura (°C)			Umidade (%)			Pto. Orvalho (°C)			Pressão (hPa)			Vento (m/s)			Radiação	Chuva
		UTC	Inst.	Máx.	Mín.	Inst.	Máx.	Mín.	Inst.	Máx.	Mín.	Inst.	Máx.	Mín.	Vel.	Dir.	Raj.	(kJm <sup>2</sup> )
25/06/2010	00	18.8	19.4	18.5	83	84	81	15.8	16.2	15.5	1018.3	1018.6	1018.3	1.8	347°	4.4	-3.54	0.0
25/06/2010	01	18.4	18.8	17.5	87	89	83	16.2	16.2	15.4	1018.4	1018.6	1018.3	1.3	2°	4.4	-3.54	0.0
25/06/2010	02	19.0	19.0	18.4	81	87	81	15.7	16.2	15.6	1018.2	1018.4	1018.2	2.0	359°	5.4	-3.54	0.0
25/06/2010	03	18.3	19.1	18.1	84	85	80	15.6	15.7	15.2	1018.0	1018.2	1018.0	2.5	358°	6.1	-3.53	0.0
25/06/2010	04	18.1	18.3	18.0	84	85	84	15.4	15.6	15.4	1017.7	1018.0	1017.6	3.3	356°	6.9	-3.54	0.0
25/06/2010	05	17.2	18.1	17.2	87	87	84	15.0	15.6	15.0	1017.8	1017.8	1017.7	3.8	357°	6.9	-3.54	0.0
25/06/2010	06	17.3	17.5	17.1	88	89	87	15.3	15.4	15.0	1017.7	1017.8	1017.6	3.3	346°	7.2	-3.54	0.0
25/06/2010	07	17.7	18.1	17.3	87	88	85	15.4	15.6	15.1	1017.5	1017.8	1017.5	3.5	356°	5.9	-3.54	0.0
25/06/2010	08	19.1	19.1	17.7	80	86	80	15.6	15.7	15.4	1017.3	1017.6	1017.2	2.9	3°	6.0	-3.54	0.0
25/06/2010	09	18.2	19.2	18.1	83	83	79	15.4	15.7	15.0	1017.8	1017.8	1017.3	1.8	139°	5.7	-3.54	0.0
25/06/2010	10	16.3	18.3	16.2	91	91	84	14.7	15.6	14.5	1018.4	1018.5	1017.8	0.2	329°	4.6	-3.54	0.0
25/06/2010	11	17.2	17.2	15.8	92	93	91	15.9	15.9	14.4	1019.2	1019.2	1018.4	1.8	1°	3.3	76.24	0.0
25/06/2010	12	20.7	20.7	17.2	77	92	77	16.6	16.6	15.8	1019.9	1019.9	1019.2	0.2	50°	4.2	560.7	0.0
25/06/2010	13	20.3	20.8	19.1	83	85	75	17.4	17.9	15.4	1021.1	1021.1	1019.9	2.0	175°	4.7	1139.	0.0
25/06/2010	14	21.4	21.4	20.2	81	85	80	18.0	18.2	17.3	1021.4	1021.4	1021.0	1.7	168°	4.6	1617.	0.0
25/06/2010	15	21.6	21.7	20.9	81	83	80	18.2	18.4	17.6	1021.1	1021.4	1021.1	1.3	171°	5.0	1897.	0.0
25/06/2010	16	22.9	22.9	21.2	74	81	74	18.0	18.5	17.2	1020.5	1021.2	1020.5	0.5	146°	2.6	1965.	0.0
25/06/2010	17	22.3	23.1	22.2	75	77	73	17.6	18.2	17.5	1019.8	1020.5	1019.8	4.3	146°	7.3	1842.	0.0
25/06/2010	18	21.7	22.3	21.7	78	78	75	17.8	17.9	17.6	1019.7	1019.8	1019.6	4.8	146°	8.9	1521.	0.0
25/06/2010	19	21.1	21.7	21.1	80	81	77	17.6	17.9	17.4	1019.6	1019.7	1019.4	4.5	156°	9.5	1019.	0.0
25/06/2010	20	20.1	21.1	20.1	84	84	80	17.4	17.6	17.4	1020.0	1020.0	1019.5	4.6	159°	10.5	424.0	0.0
25/06/2010	21	19.9	20.1	19.9	84	85	84	17.0	17.4	17.0	1020.7	1020.7	1019.9	4.9	159°	10.3	36.99	0.0
25/06/2010	22	19.7	19.9	19.6	84	85	83	17.0	17.0	16.9	1021.3	1021.3	1020.7	4.3	161°	10.3	-3.45	0.0
25/06/2010	23	19.5	19.7	19.4	85	86	84	16.9	17.1	16.9	1021.7	1021.8	1021.3	3.5	162°	9.0	-3.53	0.0

**Figura 73 Condições climáticas no dia 25/06/2010, período diurno.**

Através da análise dos dados disponibilizados pelo INMET avaliou-se a velocidade do vento no momento das medições a fim de identificar sua interferência durante a coleta. Os dados obtidos para velocidade do vento através do INMET foram comparados segundo a Escala de Beaufort, a qual quantifica os ventos e indica suas conseqüências (Tabela 18). Os ventos ocorrentes no momento das medições foram classificados em N° 02, de acordo com a Escala Beaufort. Este fato demonstra que não houve interferência significativa de rajadas de vento durante a coleta.

Tabela 18. Escala Beaufort.

ESCALA BEAUFORT				
Força	Velocidade (km/h)	Velocidade (m/s)	Classificação	Ação do Vento
0	0 a 1	0 a 0,3	Calm	Fumaça vertical
1	2 a 6	0,6 a 1,7	Quase calmo	Fumaça em ângulo
2	7 a 12	1,9 a 3,3	Brisa leve	Perceptível no rosto; pequeno movimento das folhas das árvores
3	13 a 18	3,6 a 5,0	Vento fraco	Movimento de folhas e galhos finos
4	19 a 26	5,3 a 7,2	Vento	Levanta poeira e folhas de papel; movimento de galhos de árvores
5	27 a 35	7,5 a 9,7	moderado	Balanço de arbustos; formação de pequenas ondas em depósitos de água
6	36 a 44	10,0 a 12,2	Vento regular	Movimento de galhos grossos; assobio de fios elétricos; dificuldade de manter guarda-chuva aberto
7	45 a 54	12,5 a 15,0	Vento meio	Movimento de todas as árvores; dificuldade de caminhar em sentido contrário ao vento
8	55 a 65	15,3 a 18,1	Vento muito	Quebra de alguns galhos de árvores; impossibilidade de caminhar
9	66 a 77	18,3 a 21,4	forte	Pequenos estragos nas edificações
10	78 a 90	21,7 a 25,0	Ventania	Arranca árvores; grandes estragos em edificações
11	91 a 104	25,3 a 28,9	Vendaval	Arranca árvores; grandes estragos em edificações
12	> 104	> 28,9	Tempestade	-



### 5.1.7.2. Pontos de Medição

Foram adotados 03 (três) pontos de amostragem, sendo estes locados no entorno da área onde será instalado o empreendimento, conforme a Figura 74. Estes pontos buscaram verificar as condições atuais de conforto acústico na comunidade indígena do Morro dos Cavalos.

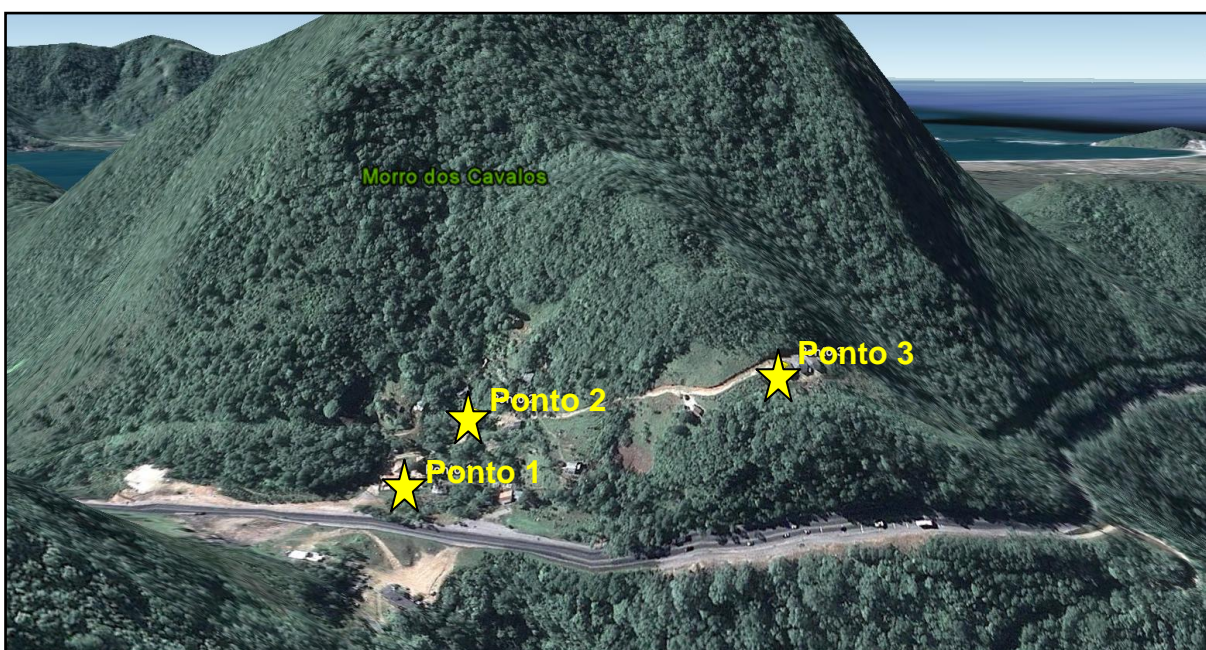


Figura 74. Localização dos pontos amostrados.

As leituras foram efetuadas em intervalos de 10 (dez) segundos durante um período de 20 (vinte) minutos, para cada ponto, obtendo-se um tempo amostral significativo.

### 5.1.7.3. Análise dos Dados pela NBR 10151

A NBR-10151 da ABNT especifica um método para a medição de ruído, levando em consideração a aplicação de correções nos níveis medidos e outros fatores, quando se pretende avaliar o ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade.

O Nível Critério de Avaliação (NCA) para ambientes externos, conforme a NBR-10151, está indicado na Tabela 19, a seguir. Para a área de estudo, seguindo esta classificação adotou-se como padrão os limites estabelecidos para área mista, localizada ao longo de um corredor de transporte, em virtude da proximidade da comunidade indígena com a rodovia apesar de esta não se caracterizar como uma área mista. Por essa razão, a legislação permite limite máximo de ruído de 70 dB(A) para horário diurno e 55 dB(A) para noturno.

**Tabela 19. Nível Critério de Avaliação para ambientes externos, em dB(A).**

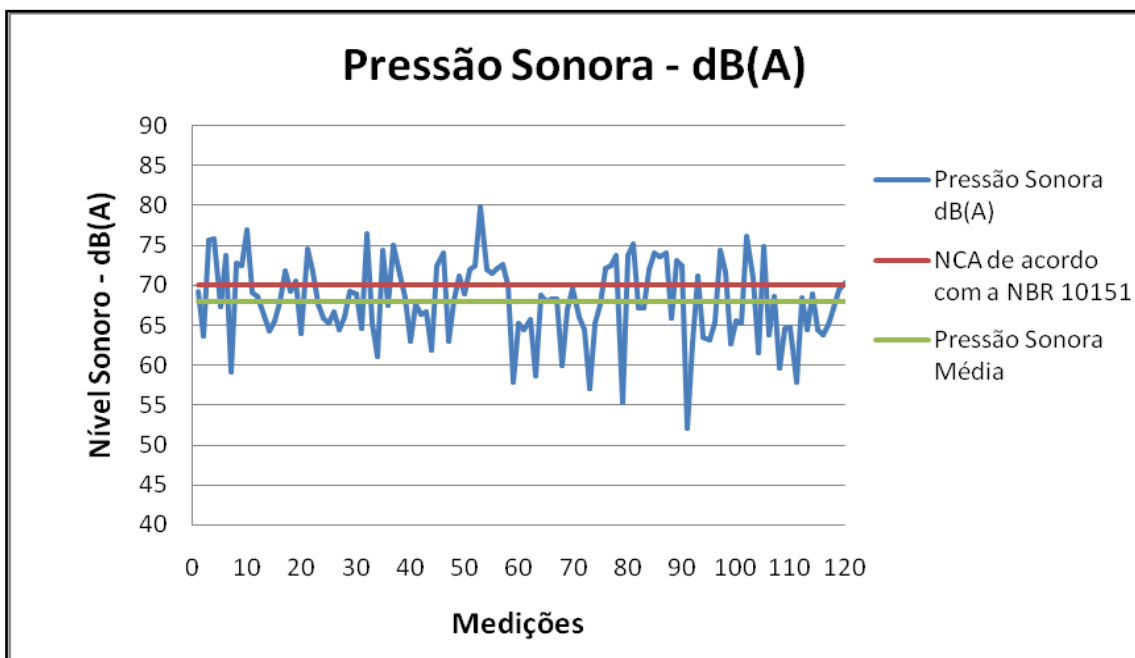
<b>Tipos de áreas</b>	<b>Diurno</b>	<b>Noturno</b>
Áreas de sítios e fazendas	40	35
Vizinhanças de hospitais (200 m além divisa)	45	40
Área estritamente residencial urbana	50	45
Área mista, predominantemente residencial, sem corredores de trânsito	55	50
Área mista, com vocação comercial e administrativa, sem corredores de trânsito	60	55
Área mista, com vocação recreacional, sem corredores de trânsito	65	55
Área mista até 40 m ao longo das laterais de um corredor de trânsito	70	55
Área predominantemente industrial	70	60



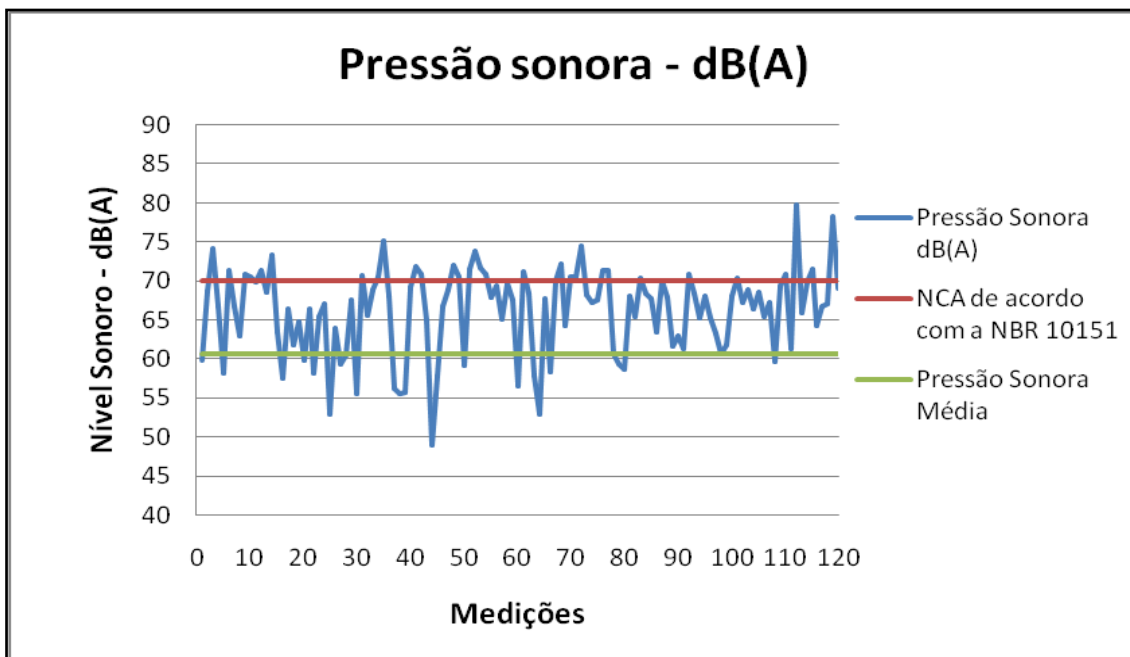
### **Ponto de Monitoramento 1**

Durante o monitoramento dos níveis de pressão sonora no ponto 1, localizado dentro do perímetro ocupado pela Escola de Ensino Fundamental Itaty, foi observado que os ruídos eram provenientes da circulação de veículos na rodovia BR 101, sendo também observados ruídos semelhantes a serragem de metal.

Os gráficos a seguir (Figura 75 e Figura 76), ilustram a variação de ruído neste ponto de amostragem durante as coletas realizadas nos dias 21 e 25 de junho de 2010 no período diurno.



**Figura 75 Nível de pressão sonora diurno, Ponto 1 – dia 21/06/2010.**



**Figura 76. Nível de pressão sonora diurno, Ponto 1 – dia 25/06/2010.**

A pressão sonora média diurna nos dias 21 e 25/06/2010, no Ponto 1, levando-se em consideração o padrão para área mista ao longo de um corredor de trânsito foi de **68,01 dB(A)** e **60,70 dB(A)**, respectivamente, sendo estes valores inferiores ao limite máximo estabelecido de 70 dB(A).

É importante destacar que a exposição a este nível de pressão sonora apresenta riscos à capacidade auditiva das pessoas circulantes ou que permanecem no local por longo período.

A amostragem de ruído noturno no ponto 1 foi realizada no dia 24/06/2010 às 22h e 10 min, aproximadamente. A pressão sonora média noturna obtida foi de 62,69 dB(A), conforme Figura , sendo este valor superior ao limite estabelecido de 55 dB(A). Tendo em vista que a Escola de Ensino Fundamental Itaty não funciona no período da noite, atribui-se o nível de pressão sonora obtido apenas ao trânsito de veículos na rodovia BR 101.

É importante destacar que mesmo adotado-se como padrão o limite menos restritivo da NBR 10151 (limite estabelecido para áreas mistas ao longo de um corredor de trânsito), os resultados das amostragens diurna e noturna

apresentaram valores bastante elevados para o caso de funcionamento de uma Escola, sendo que o resultado obtido para o levantamento noturno ainda ultrapassou o limite permissível pela legislação.

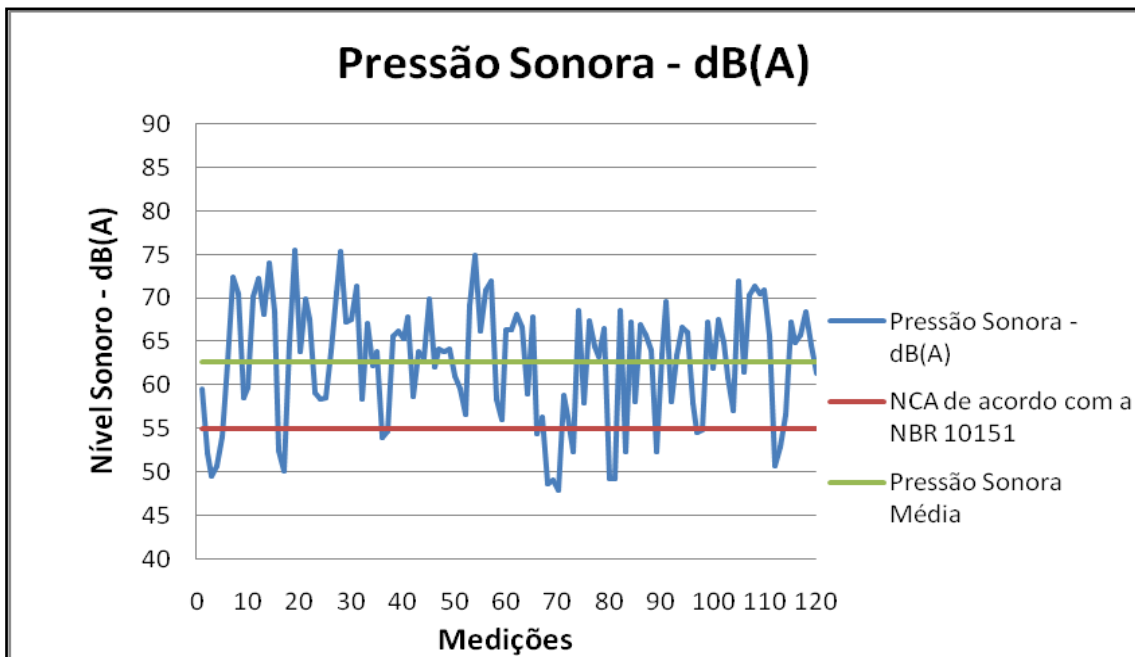


Figura 77. Nível de pressão sonora noturno, Ponto 1 – dia 24/06/2010.

### **Ponto de Monitoramento 2**

O monitoramento de ruído no ponto 2, localizado próximo às residências indígenas, realizou-se no dia 21/06/2010 a partir das 17h e 38 min. Levando-se em consideração o padrão de área mista ao longo de um corredor de trânsito (NBR 10151) para a área em estudo, o nível de pressão sonora obtido foi de 57,64 dB(A), sendo este valor inferior ao limite máximo estabelecido de 70 dB(A).

A Figura 78 abaixo ilustra o comportamento dos níveis de pressão sonora para o ponto 2 durante a amostragem diurna.

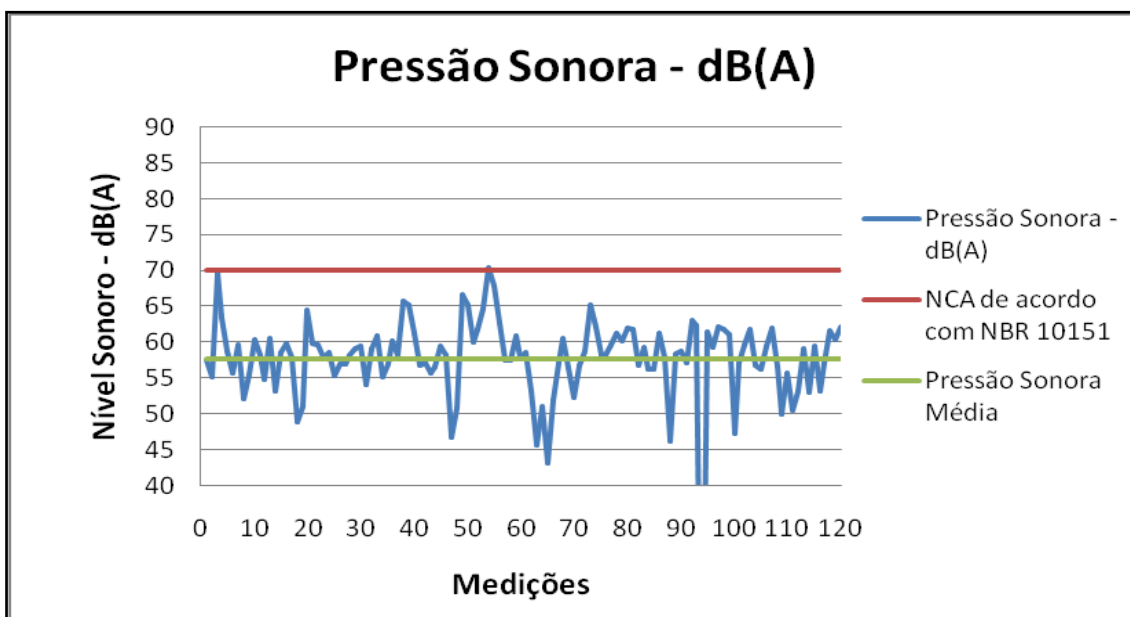


Figura 78. Nível de pressão sonora diurno, Ponto 2 – dia 21/06/2010.

### **Ponto de Monitoramento 3**

A pressão sonora média diurna no Ponto 3, considerando a adoção como padrão os limites máximos para as áreas mistas ao longo de um corredor de trânsito, foi de 51,16 dB(A), sendo este valor inferior ao limite máximo estabelecido de 70 dB(A).

A amostragem efetuada no Ponto 3, localizado próximo ao Posto de Saúde do Morro dos Cavalos, foi realizada no dia 21/06/2010 a partir das 18h e 03 min.

Conforme pode ser observado através da Figura 79 o nível sonoro no momento da amostragem manteve-se constante na faixa de 50 dB, porém por alguma interferência não vinculada ao tráfego de veículos na rodovia o nível sonoro foi alterado delineando dois picos (73,40 dB e 64,70 dB).

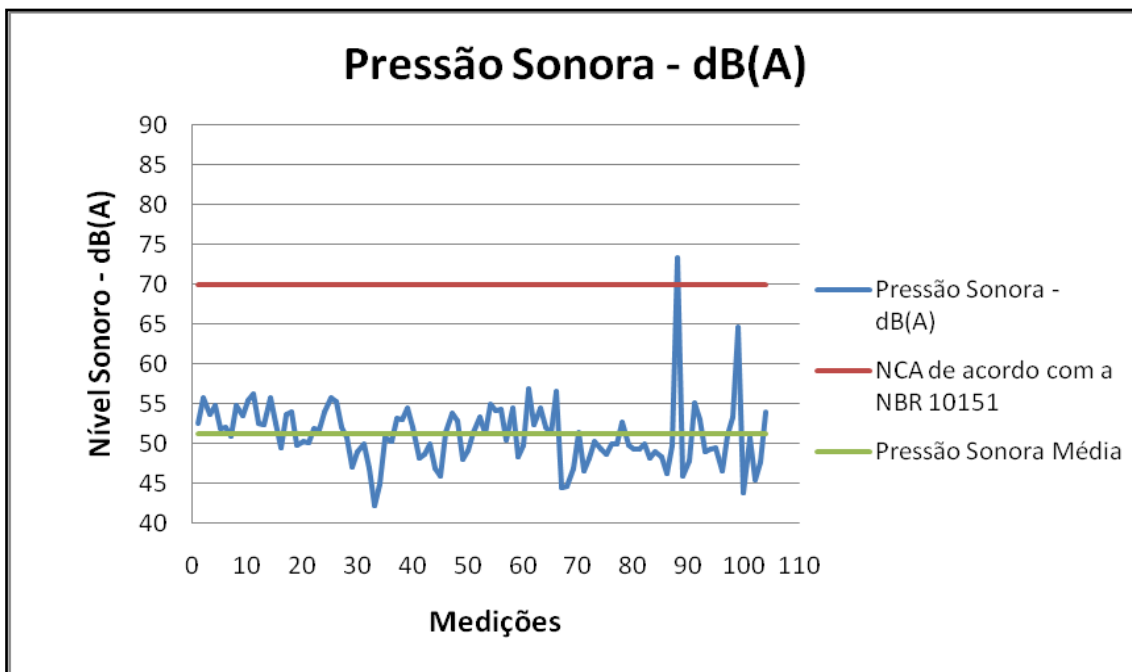


Figura 79. Nível de pressão sonora diurno, Ponto 3 – dia 21/06/2010.

#### 5.1.7.4. Resumo dos Monitoramentos Realizados

Para os dados levantados nos dias das amostragens de ruído, a Tabela a seguir mostra a pressão sonora mínima, média e máxima obtida para os três pontos amostrais, nos períodos diurno e noturno.

Dados	Ruído-1		Noturno	Ruído-2	Ruído-3
	Diurno (21/06/2010)	Diurno (25/06/2010)		Diurno	Diurno
Mínima	52,10	49,00	48,00	43,10	42,20
Média	<b>68,01</b>	<b>60,70</b>	<b>62,69</b>	<b>57,64</b>	<b>51,16</b>
Máxima	79,90	79,70	75,50	70,00	73,40

#### **5.1.7.5. Geração de Ruídos na Fase de Obras**

Tendo em vista a natureza do empreendimento em questão – construção de dois túneis paralelos sob o Morro dos Cavalos – e tendo em vista que as áreas de influência do mesmo são áreas ocupadas, julgou-se necessário realizar considerações acerca da geração de ruídos na fase de obras, especialmente aqueles que serão decorrentes da abertura e perfuração dos túneis.

Durante as obras serão duas as principais fontes de ruídos, a detonação de explosivos para a fragmentação da rocha e perfuração dos túneis e a movimentação de máquinas e veículos pesados nas frentes de obras, estradas e acessos.

Tendo em vista que o Morro dos Cavalos é um maciço rochoso que apresenta grandes extensões de rocha sã, do tipo granítico, a ser perfurada, o uso de explosivos se torna imprescindível. Na detonação de explosivos em rocha, apenas uma pequena parte da energia é efetivamente utilizada na fragmentação da rocha, o restante é dissipado na forma de calor, vibrações e ruídos.

Neste tópico será abordada a geração de ruídos e no item 5.1.8 será abordada a geração de vibrações, sendo que estes dois em seu conjunto estão dentre os principais efeitos esperados no caso dos túneis do Morro dos Cavalos.

Em relação à geração de ruídos na fase de obras, tanto aqueles decorrentes das detonações quanto aqueles decorrentes da operação das frentes de obra e movimentação de máquinas e veículos pesados, é importante estabelecer os níveis máximos aceitáveis, a fim de possibilitar a realização do monitoramento futuro e permitir os ajustes nos planos de fogo e de avanço da obra, de modo a minimizar os efeitos negativos e inconvenientes gerados.

Do ponto de vista legal, a ocorrência de níveis excessivos de ruídos é considerada como poluição ambiental e, portanto está sujeita a controle por meio de instrumentos derivados da Política Nacional do Meio Ambiente, cuja



normatização e estabelecimento de padrões compatíveis com o meio ambiente equilibrado e necessário à sadia qualidade de vida, é atribuída ao CONAMA (Lei 6.938/81, Artigo 6º, Inciso II).

No que diz respeito aos ruídos a normatização com vistas à proteção ambiental e da saúde humana é regulada pela Resolução do CONAMA 001, de 08 de março de 1990. Esta Resolução adota os padrões estabelecidos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT e pela Norma Brasileira Regulamentar – NBR 10.151, e suas reedições.

A Resolução 001/90 do CONAMA, nos seus itens I e II, determina:

I – A emissão de ruídos, em decorrência de qualquer atividades industriais, comerciais, sociais ou recreativas, inclusive as de propaganda política, obedecerá, no interesse da saúde, do sossego público, aos padrões, critérios e diretrizes estabelecidos nesta Resolução.

II – São prejudiciais à saúde e ao sossego público, para os fins do item anterior as ruídos com níveis superiores aos considerados aceitáveis pela norma NBR 10.151 - Avaliação do Ruído em Áreas Habitadas visando o conforto da comunidade, da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT.

Assim sendo, tendo em vista o atendimento tanto das determinações emanadas do CONAMA, quanto os padrões normativos nacionais, serão utilizados os padrões de níveis de ruídos estabelecidos por meio da NBR 10.151:2000, anteriormente apresentados, e os procedimentos estabelecidos pelo Laboratório de Eficiência Energética em Edificações – LABEEE, da Universidade Federal de Santa Catarina. Destaca-se que os procedimentos apresentados pelo LABEEE/UFSC são baseados na NBR 10.151:1987.

Do ponto de vista da classificação dos ruídos e seu posterior enquadramento nos limites padrão estabelecidos pela ABNT, será necessário considerar,

separadamente, os ruídos decorrentes das detonações e os ruídos decorrentes da movimentação de máquinas, veículos e operação das frentes de obra.

O ruído decorrente das detonações é classificado como ruído de caráter impulsivo, ou seja, contém impulsos, que são picos de energia acústica com duração menor do que um segundo e que se repete em intervalos maiores do que um segundo.

O ruído decorrente da movimentação de veículos pesados e máquinas, bem como das frentes de obra propriamente ditas, podem ser classificados, em seu conjunto como ruídos com componentes tonais, ou seja, contém apitos (oriundos do alerta de segurança de ré de veículos pesados), chiados ou zumbidos.

Segundo os procedimentos definidos na NBR 10151:2000, no caso da ocorrência de ruídos com características especiais, é necessário corrigir os níveis padrão previamente estabelecidos, da seguinte forma:

- O Nível Corrigido  $L_c$  para ruído com características impulsivas é determinado pelo valor máximo medido com o medidor de nível de pressão sonora ajustado para resposta rápida (fast), acrescido de 5 dB(A);
- O Nível Corrigido  $L_c$  para ruído com componentes tonais é determinado pelo Nível de Pressão Sonora Equivalente –  $L_{Aeq}$  acrescido de 5 db(A).

A propagação dos ruídos dependerá em primeiro lugar das características das obras, seja em termos de carga de explosivos por detonação, profundidade do ponto de detonação, direção dos túneis, movimentação de máquinas e veículos, etc. Também haverá influência da direção preferencial dos ventos, umidade, temperatura, etc.

O nível de ruído percebido pelas comunidades será função, além dos fatores supracitados, da distância que as mesmas encontram-se do ponto de detonação. Uma vez que mesmo quando o ponto de detonação estiver situado

no interior do maciço, o principal ponto de extravasamento do ruído será a boca do túnel, estimou-se a distância entre as principais aglomerações populacionais e os dois emboques, de modo a apresentar uma estimativa prévia da significância dos ruídos em cada uma delas.

Destaca-se que a aferição dos níveis de ruídos associados às obras só poderá ser efetivamente realizada quando da execução das mesmas, por meio do monitoramento permanente. A seguir apresenta-se os pontos sensíveis em relação ao ruído percebido, com as considerações que se fizerem necessárias.

### **Aldeia Indígena do Morro dos Cavalos**

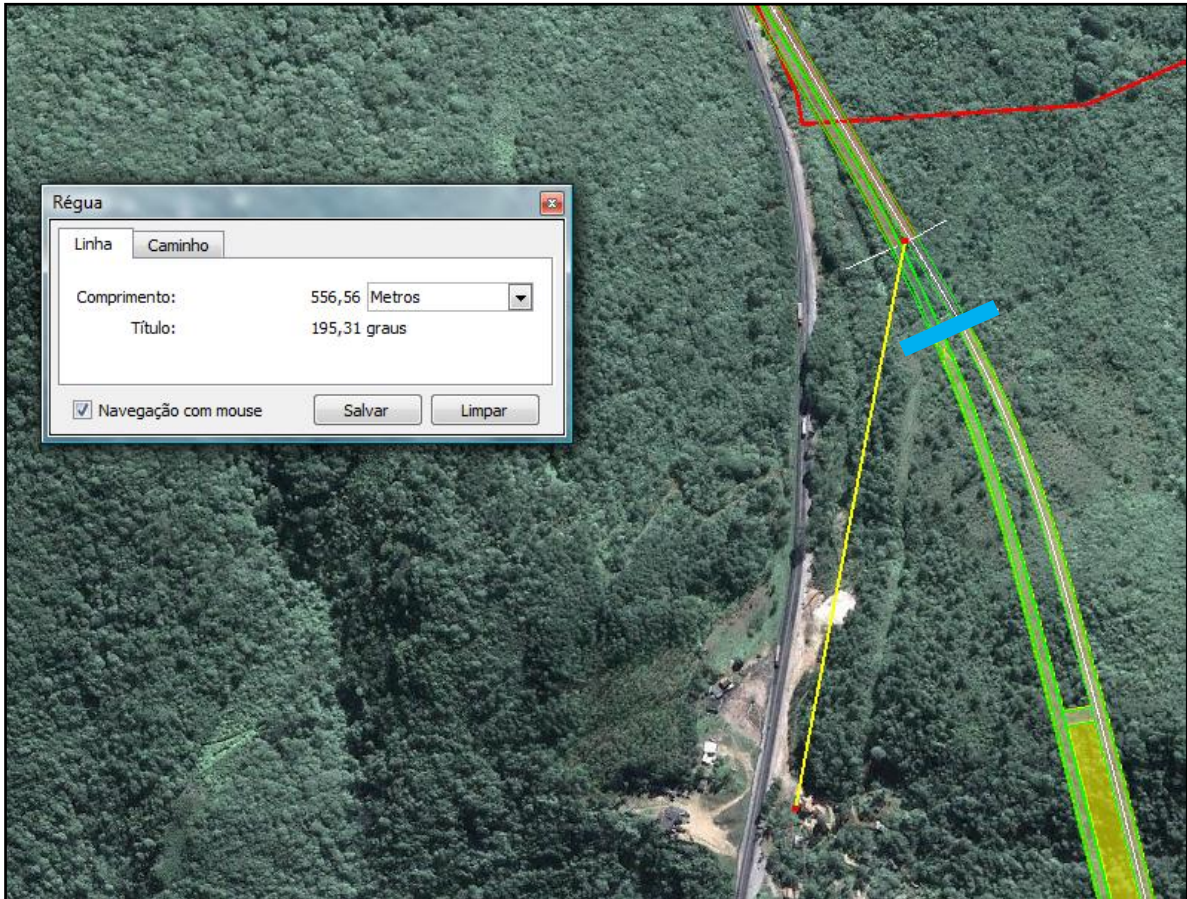
Em relação à Comunidade Indígena do Morro dos Cavalos estimou-se as seguintes distâncias:

- (a) Início da frente de obras do emboque norte à escola Itaty;
- (b) Emboque norte à escola Itaty;
- (c) Emboque norte à Casa de Reza;
- (d) Emboque norte à área residencial da Aldeia;
- (e) Emboque sul ao Posto de Saúde.

As distâncias obtidas foram as seguintes:

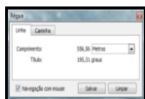
<b>Pontos</b>	<b>Distância (metros)</b>
a	556
<b>b</b>	<b>478</b>
c	424
<b>d</b>	<b>445</b>
e	1.130

(a) Início da frente de obras do emboque norte à escola Itaty;

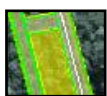


**LEGENDA:**

-  Emboque Norte
-  Distância avaliada
-  TI Morro dos Cavalos



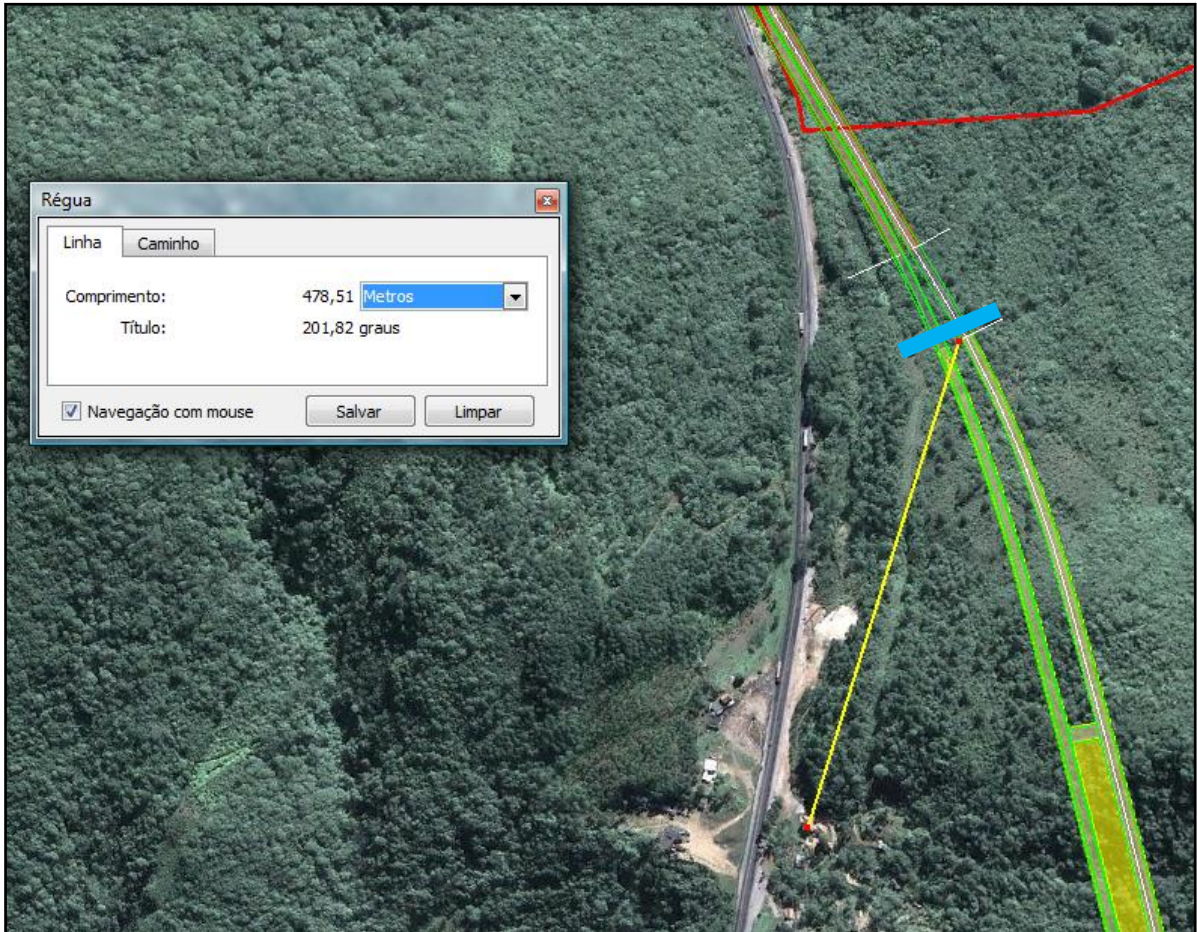
Módulo de cálculo de distâncias lineares disponível no Googleearth



Traçado projetado para os túneis

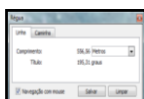


(b) Emboque norte à escola Itaty;

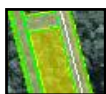


**LEGENDA:**

-  Emboque Norte
-  Distância avaliada
-  TI Morro dos Cavalos



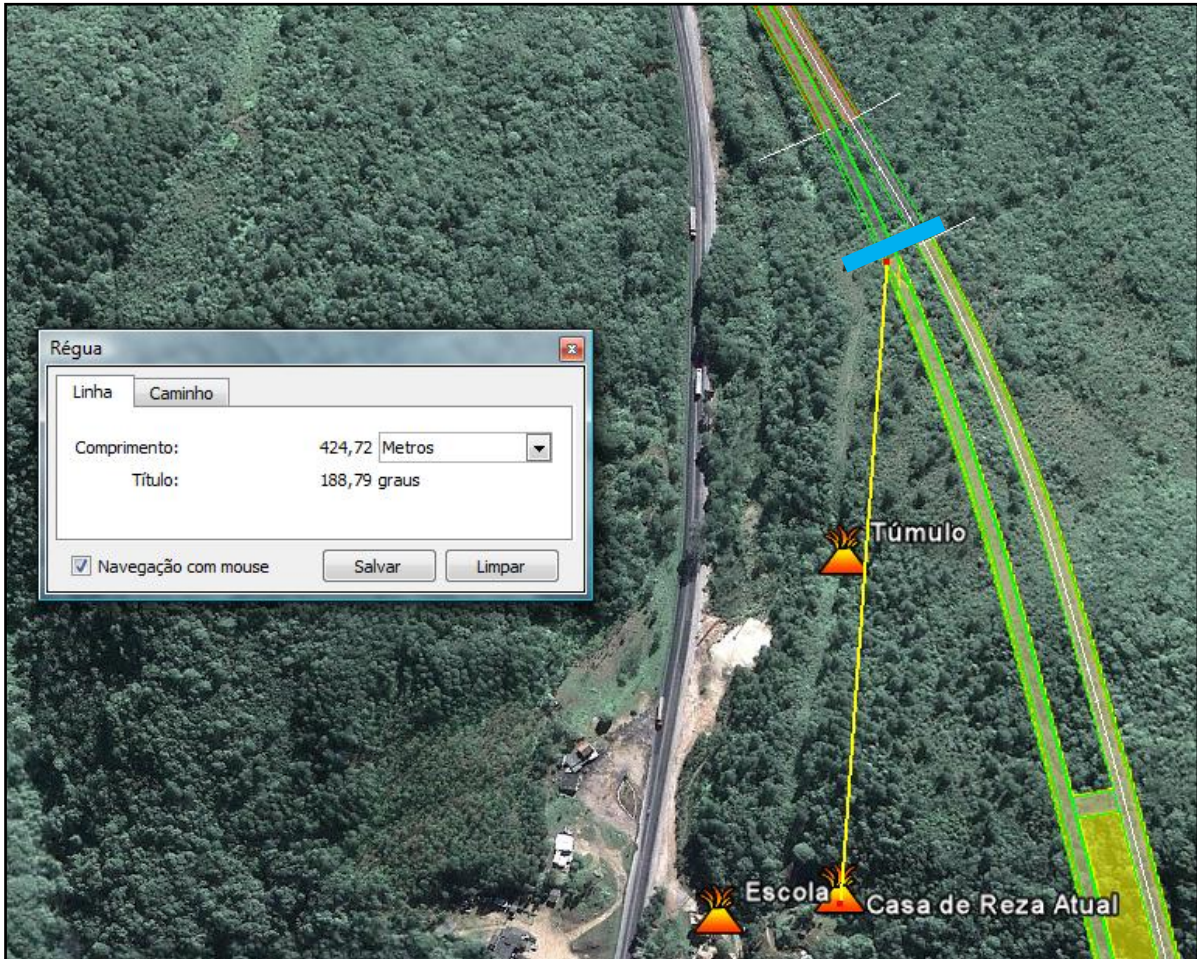
Módulo de cálculo de distâncias lineares disponível no Googlearth



Traçado projetado para os túneis

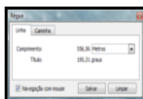


(c) Emboque norte à Casa de Reza

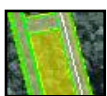


**LEGENDA:**

-  Emboque Norte
-  Distância avaliada
-  TI Morro dos Cavalos



Módulo de cálculo de distâncias lineares disponível no Googlearth

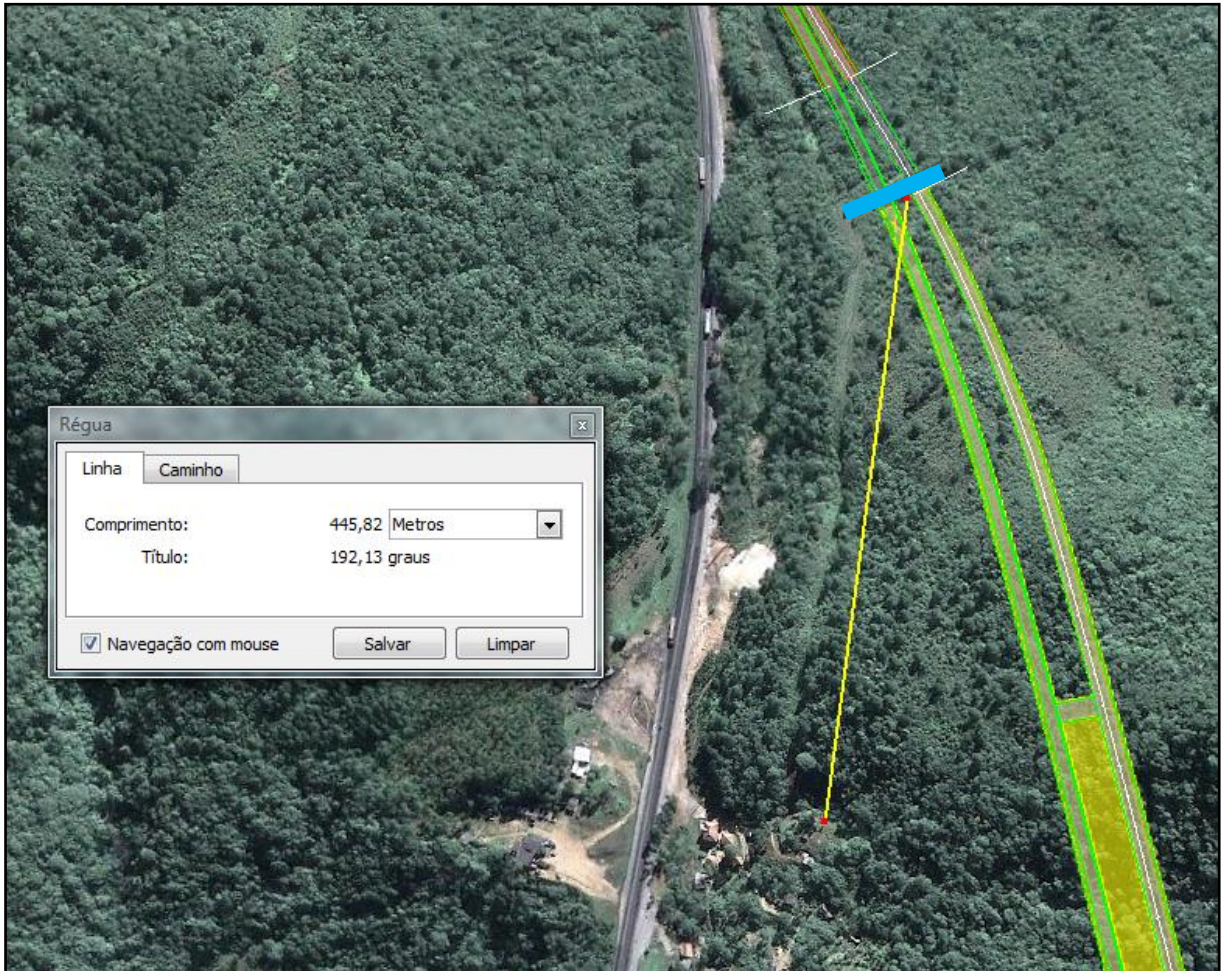


Traçado projetado para os túneis



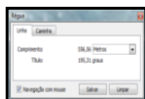


(d) Emboque norte à área residencial da Aldeia

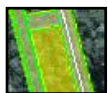


**LEGENDA:**

-  Emboque Norte
-  Distância avaliada
-  TI Morro dos Cavalos

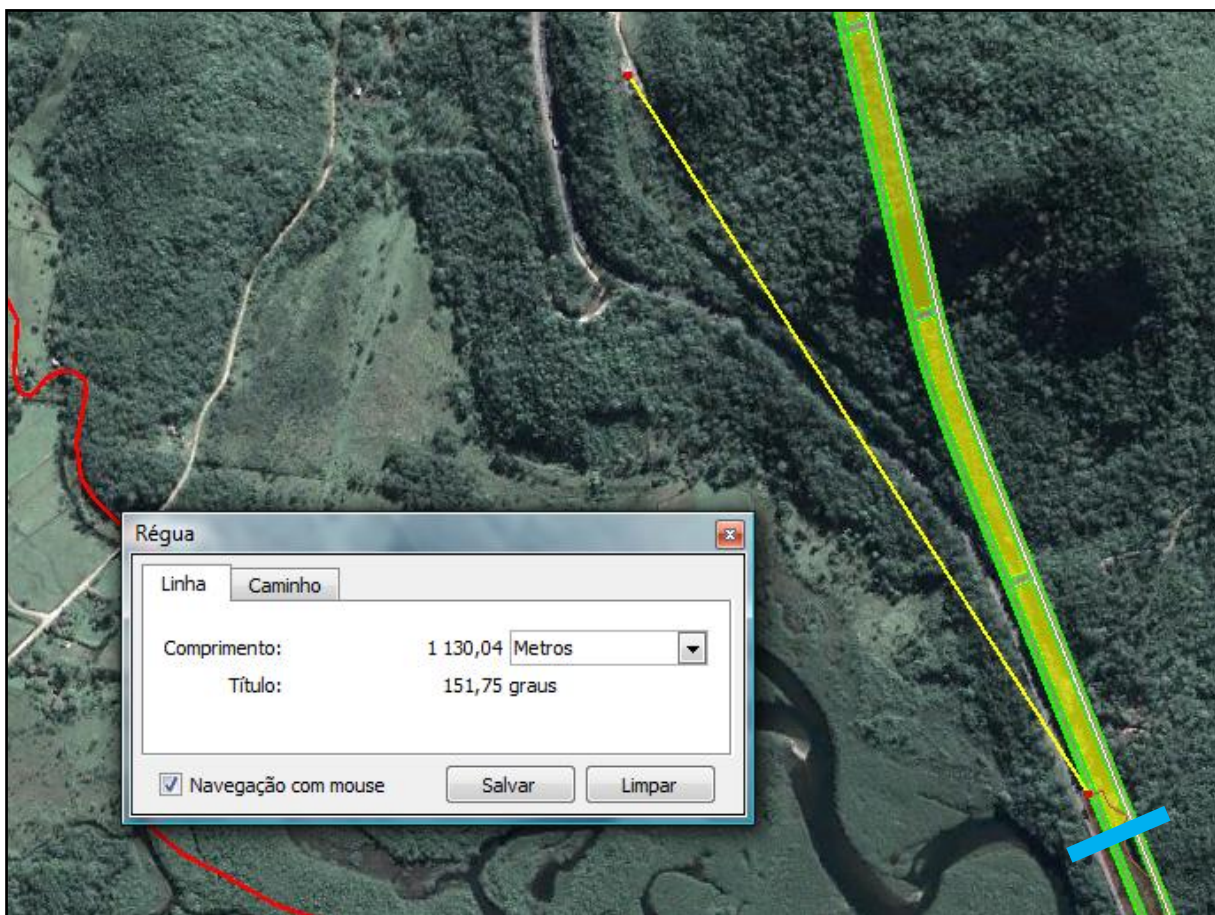


Módulo de cálculo de distâncias lineares disponível no Googleearth



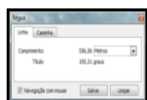
Tracado projetado para os túneis

(e) Emboque sul (no ponto de saída do maciço e não nos túneis falsos) ao Posto de Saúde da Aldeia.

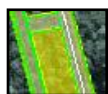


**LEGENDA:**

-  Emboque Sul
-  Distância avaliada
-  TI Morro dos Cavalos



Módulo de cálculo de distâncias lineares disponível no Googlearth



Tracado projetado para os túneis



Em relação às distâncias, a Aldeia e suas principais construções situam-se a distâncias mínimas de 400m de ambos os emboques, incluindo a Casa de Reza atualmente utilizada pela Comunidade, que dista 424m do emboque norte.

Um elemento que deve ser considerado na análise é o fato de que os ruídos advindos das detonações são resultantes de uma onda de energia que se propaga a partir do ponto de explosão. Uma vez que se trata de ondas, as mesmas possuem um componente direcional, cujo deslocamento principal se fará ao longo do próprio túnel já escavado. Ao chegar ao emboque, o componente principal do som se orienta na direção do túnel e os componentes secundários se dissipam nas demais direções. Assim sendo, considerando que a Aldeia e suas principais construções estão situadas num ângulo mínimo de  $130^{\circ}$  em relação à direção dos túneis, tanto em relação ao emboque norte, quanto em relação ao emboque sul, os ruídos decorrentes das detonações chegarão neste ponto bastante dissipados.

Um outro fator a ser considerado é o fato de que à medida que os túneis forem escavados e que as frentes de detonação se tornarem mais distantes dos emboques, parte da pressão sonora liberada nas explosões será dissipada dentro dos próprios túneis, chegando bastante atenuada na parte externa do maciço e tendendo a resultar em níveis reduzidos de ruído percebido.

### **Enseada de Brito**

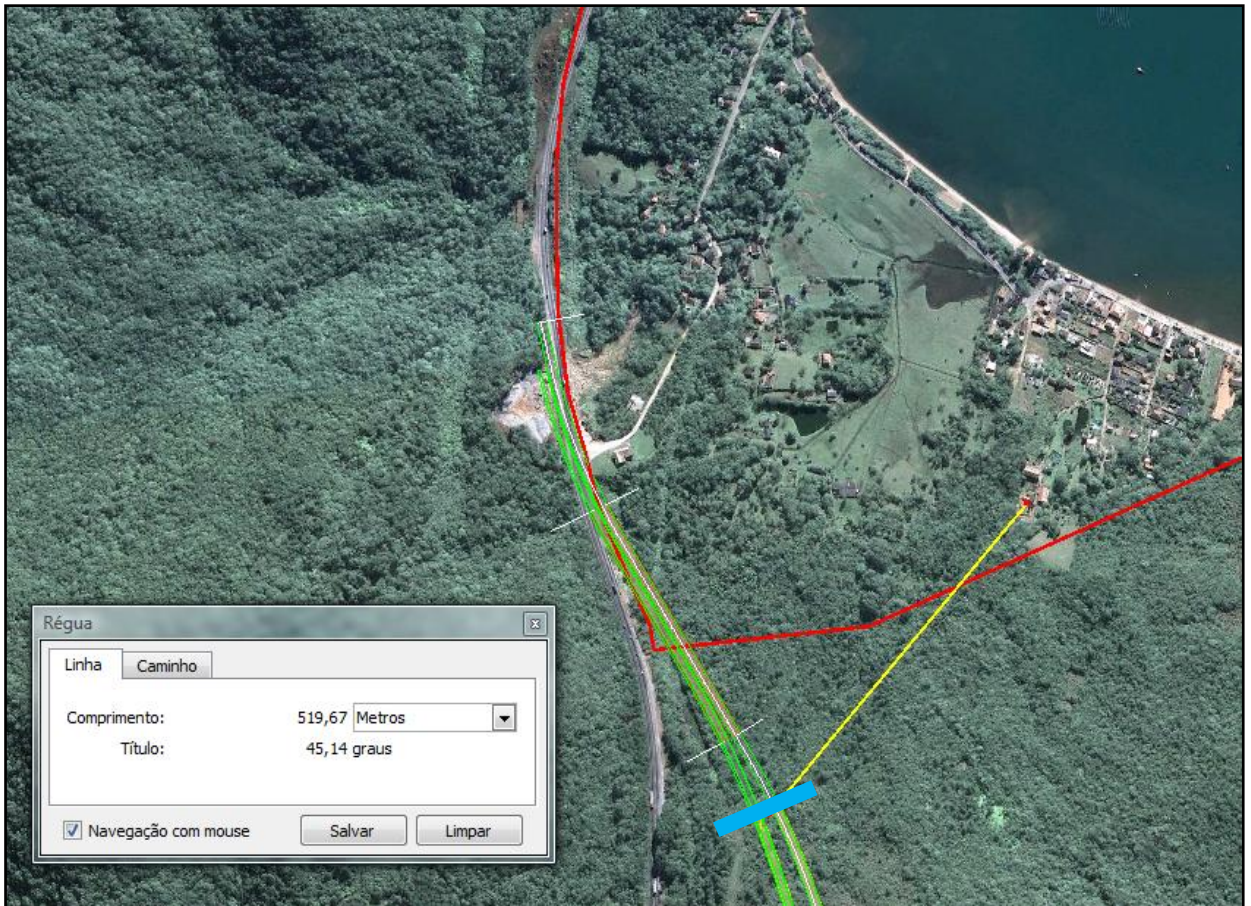
Em relação à comunidade da Enseada de Brito, estimou-se as seguintes distâncias:

- (a) Emboque norte às propriedades mais próximas do sopé do Morro dos Cavalos;
- (b) Emboque norte ao entroncamento entre a Rua Nossa Senhora do Rosário e a Estrada Geral Canto da Enseada.

As distâncias obtidas foram as seguintes:

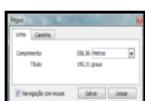
<b>Pontos</b>	<b>Distância (metros)</b>
a.1	519
<b>a.2</b>	<b>420</b>
b	1.011

(a.1) Emboque norte às propriedades mais próximas do sopé do Morro dos Cavalos

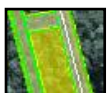


**LEGENDA:**

-  Emboque Norte
-  Distância avaliada
-  TI Morro dos Cavalos



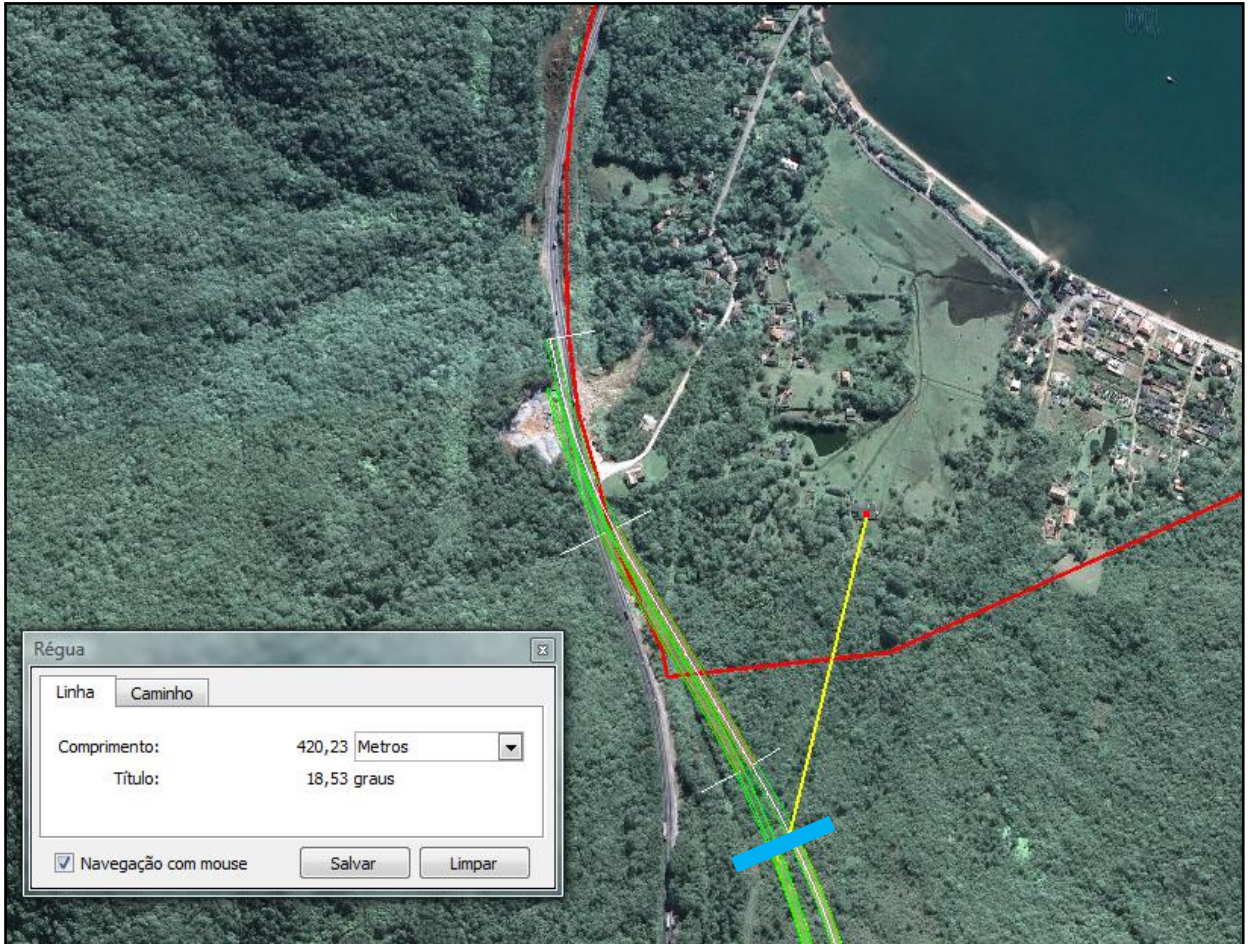
Módulo de cálculo de distâncias lineares disponível no Googlearth



Tracado projetado para os túneis

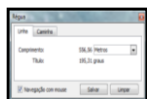


(a.2) Emboque norte às propriedades mais próximas do sopé do Morro dos Cavalos

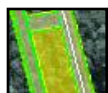


**LEGENDA:**

-  Emboque Nortel
-  Distância avaliada
-  TI Morro dos Cavalos



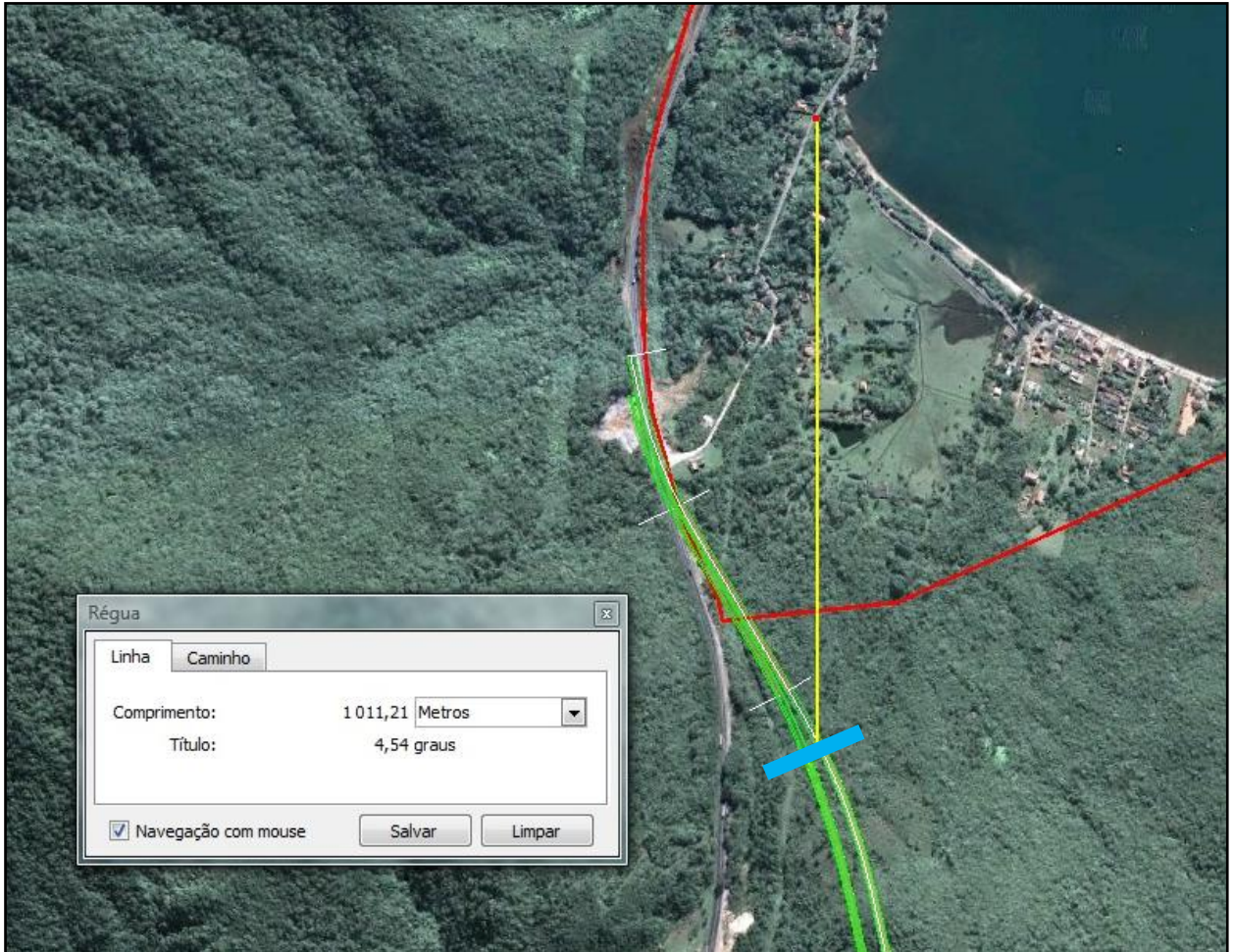
Módulo de cálculo de distâncias lineares disponível no Googleearth



Tracado projetado para os túneis

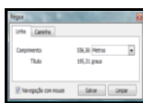


(b) Emboque norte ao entroncamento entre a Rua Nossa Senhora do Rosário e a Estrada Geral Canto da Enseada

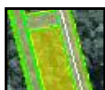


**LEGENDA:**

-  Emboque Norte
-  Distância avaliada
-  TI Morro dos Cavalos



Módulo de cálculo de distâncias lineares disponível no Googlearth



Tracado projetado para os túneis

No caso da Comunidade da Enseada de Brito, a residência mais próxima fica situada a uma distância de 420m do emboque norte. Todas as demais construções da área urbana situam-se a distâncias maiores. Tendo em vista que, ao contrário do que ocorre com a Aldeia Indígena, a área urbana da Enseada de Brito situa-se num ângulo que varia de 30<sup>o</sup> a 80<sup>o</sup> em relação à direção dos túneis, existe a possibilidade concreta de que o ruído percebido pela Comunidade da Enseada de Brito, em especial no caso das construções e comércio situados mais ao sul da Enseada, atinjam níveis mais elevados, o que demandará monitoramento, com vistas a realizar os ajustes que se fizerem necessários nos planos de fogo e de avanço das obras.

### **Massiambu Pequeno**

Em relação à comunidade de Massiambu Pequeno, estimou-se as seguintes distâncias:

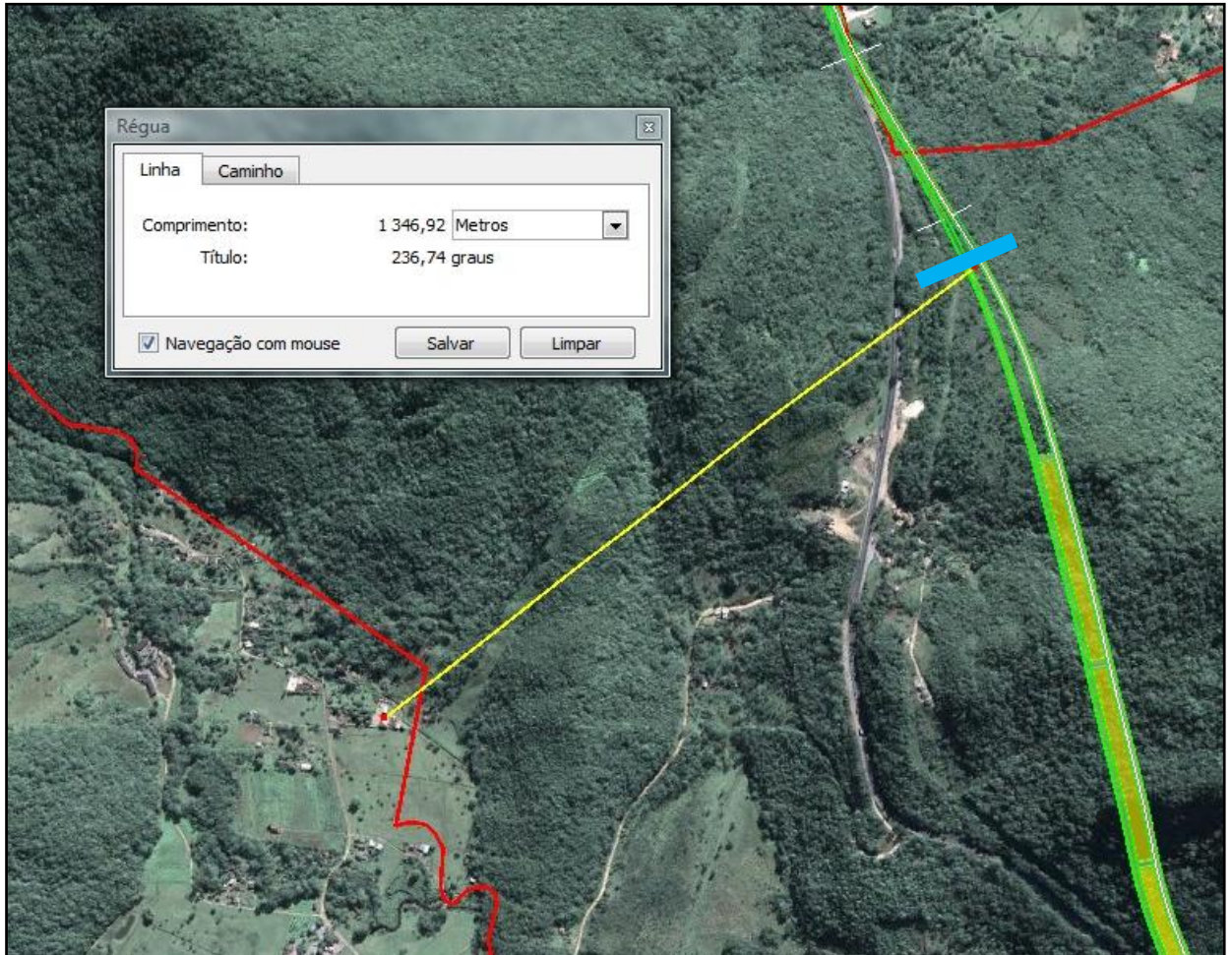
- (a) Emboque norte às propriedades mais próximas;
- (b) Emboque sul às propriedades mais próximas.

As distâncias obtidas foram as seguintes:

<b>Pontos</b>	<b>Distância (metros)</b>
a	1.346
b	1.548

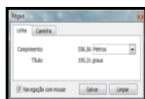


(a) Emboque norte às propriedades mais próximas

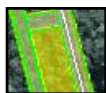


**LEGENDA:**

-  Emboque Norte
-  Distância avaliada
-  TI Morro dos Cavalos

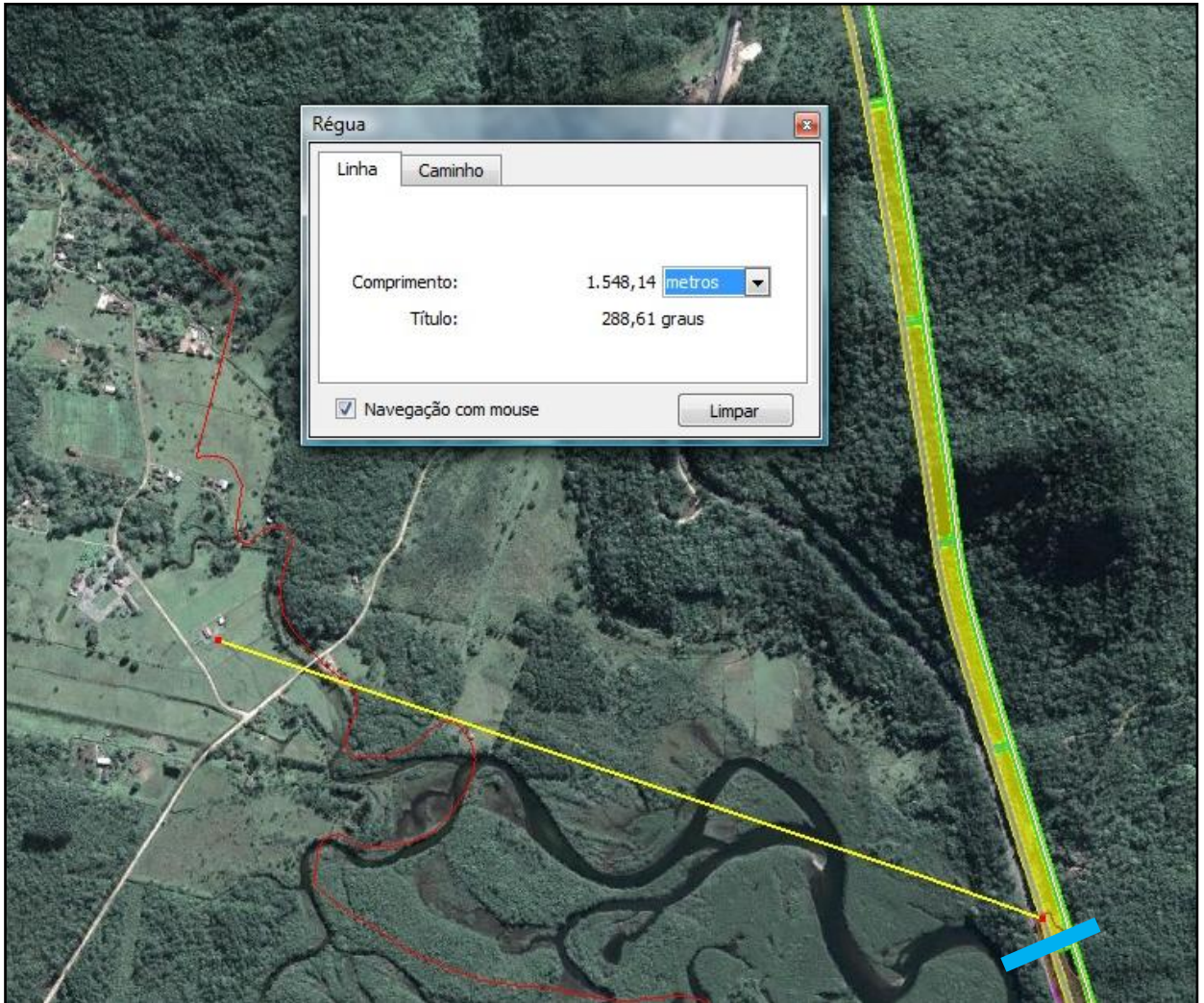


Módulo de cálculo de distâncias lineares disponível no Googlearth



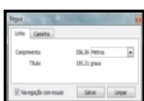
Tracado projetado para os túneis

(b) Emboque sul às propriedades mais próximas

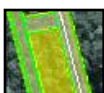


**LEGENDA:**

-  Emboque Sul
-  Distância avaliada
-  TI Morro dos Cavalos



Módulo de cálculo de distâncias lineares disponível no Googleearth



Tracado projetado para os túneis



Como pode ser observado a Comunidade de Massiambu Pequeno encontra-se a distâncias superiores a 1km do túnel no trecho sul. A esta distância dificilmente espera-se que o ruído percebido atinja níveis superiores àqueles estabelecidos na NBR 10151:2000. De todo modo serão realizadas medições de ruídos, quando do início das obras no emboque sul, de modo a aferir os níveis de ruídos percebidos na Comunidade. Caso os mesmos se apresentem elevados ou próximos dos limites, será realizado o monitoramento permanente. Caso os mesmos se mostrem dentro da normalidade, será realizado monitoramento periódico.

### **Comunidades/Residências Isoladas**

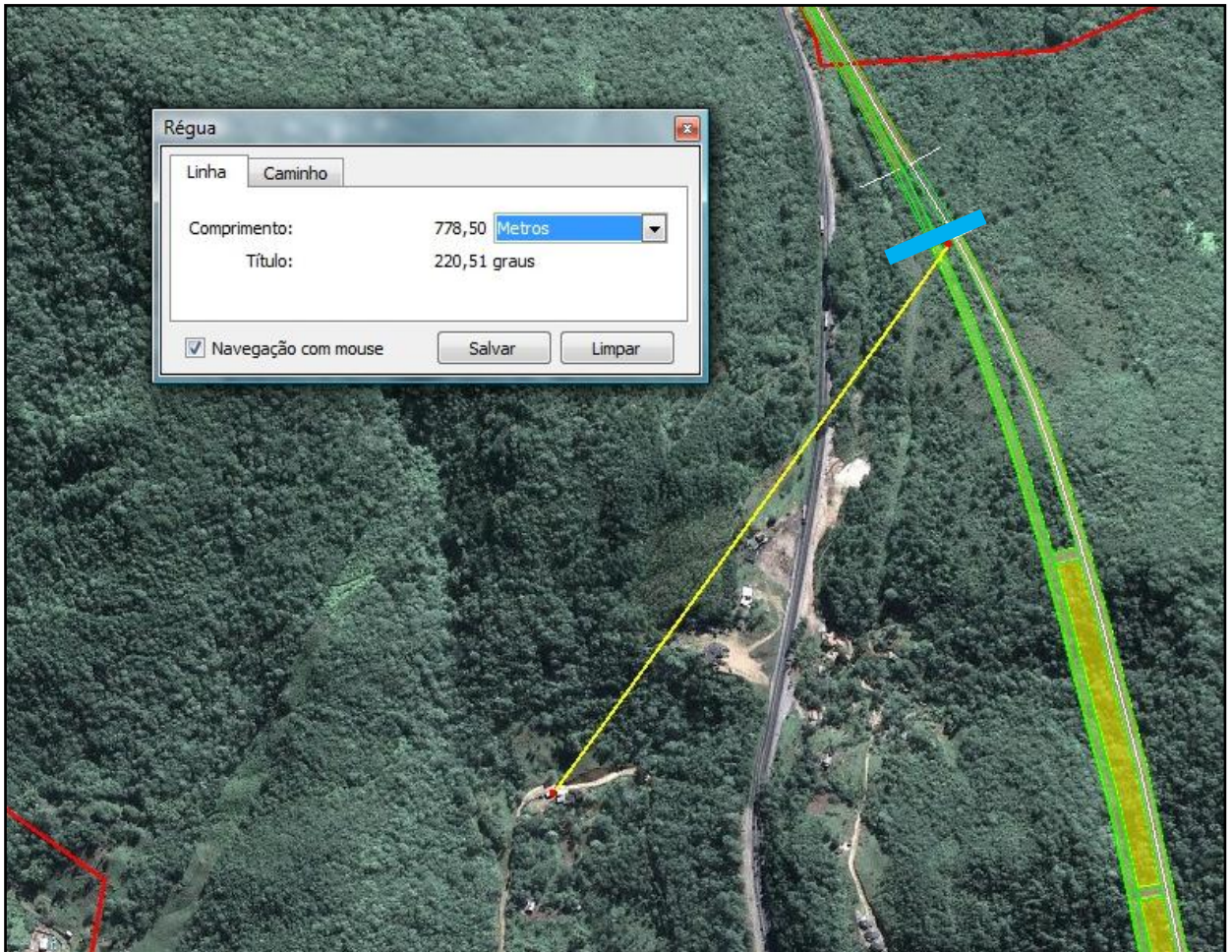
Na área de influência direta do empreendimento foram identificados dois pontos nos quais há pequenos núcleos populacionais, sem que exista uma denominação oficial para os mesmos. Em relação a tais áreas, estimou-se as seguintes distâncias para fins de análise da produção de ruídos:

- (a) Residências situadas na BR antiga, entre a BR atual e o rio Massiambu (em relação aos emboques norte – a.1 – e sul – a.2);
- (b) Residências situadas próximas à ponte sobre o rio Massiambu, no sopé do Morro, às margens do rio Massiambu.

As distâncias obtidas foram as seguintes:

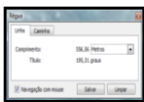
<b>Pontos</b>	<b>Distância (metros)</b>
a.1	778
a.2	1.449
b	540

(a.1) Residências situadas na BR antiga, entre a BR atual e o rio Massiambu em relação ao emboque norte

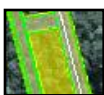


**LEGENDA:**

-  Emboque Norte
-  Distância avaliada
-  TI Morro dos Cavalos



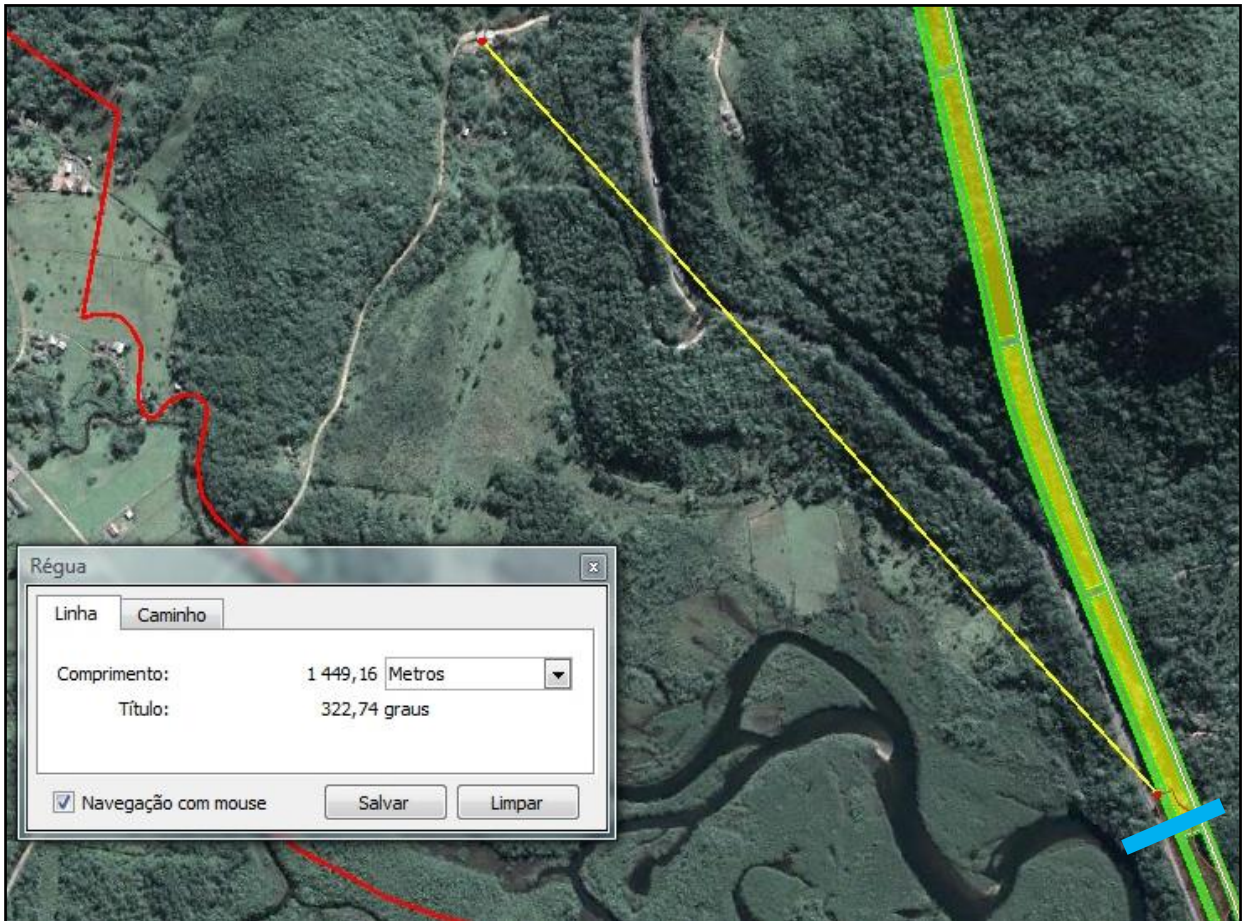
Módulo de cálculo de distâncias lineares disponível no Googlearth



Tracado projetado para os túneis

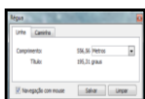


(a.2) Residências situadas na BR antiga, entre a BR atual e o rio Massiambu em relação ao emboque sul

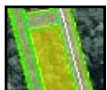


**LEGENDA:**

-  Emboque Norte
-  Distância avaliada
-  TI Morro dos Cavalos

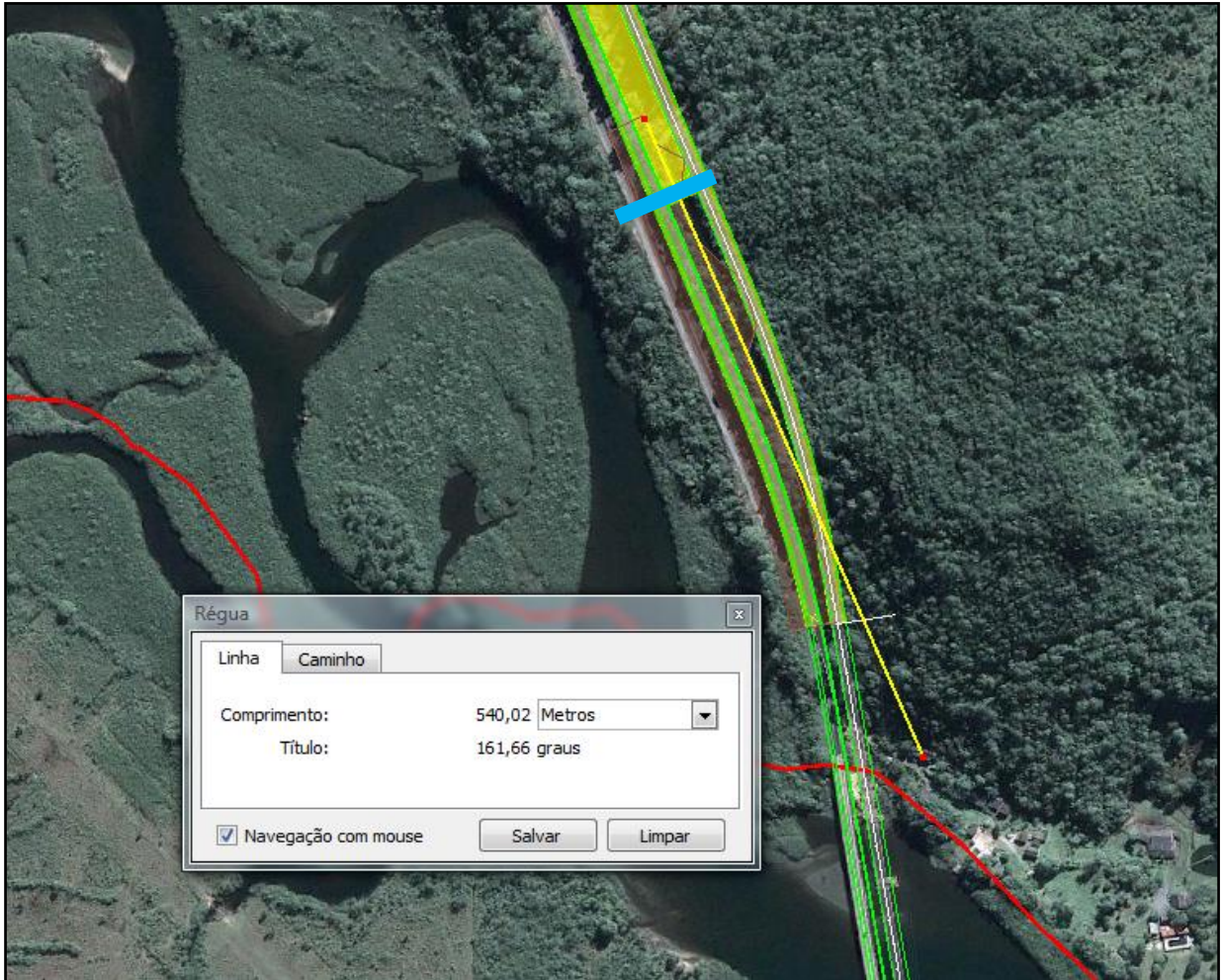


Módulo de cálculo de distâncias lineares disponível no Googlearth



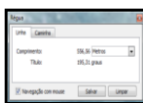
Tracado projetado para os túneis

(b) Residências situadas próximas à ponte sobre o rio Massiambu, no sopé do Morro, às margens do rio Massiambu

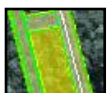


**LEGENDA:**

-  Emboque Sul
-  Distância avaliada
-  TI Morro dos Cavalos



Módulo de cálculo de distâncias lineares disponível no Googlearth



Tracado projetado para os túneis



Em relação às duas localidades apresentadas, verifica-se que aquela localizada na BR antiga situa-se a uma distância de 778m do emboque norte e 1.449m do emboque sul, com posicionamento num ângulo de aproximadamente <sup>1200</sup> em relação à direção dos túneis em ambos os lados. A esta distância e posição dificilmente espera-se que o ruído percebido atinja níveis superiores àqueles estabelecidos na NBR 10151:2000. De todo modo, assim como previsto para a Comunidade de Massiambu Pequeno, serão realizadas medições de ruídos, quando do início das obras em ambos os emboques, de modo a aferir os níveis de ruídos percebidos na Comunidade. Caso os mesmos se apresentem elevados ou próximos dos limites, será realizado o monitoramento permanente. Caso os mesmos se mostrem dentro da normalidade, será realizado monitoramento periódico.

As residências situadas às margens do rio Massiambu, entre a ponte e o sopé do Morro situam-se a uma distância de 540m do emboque sul. Considerando-se tal distância e o fato de que as residências em apreço apresentam posicionamento num ângulo que varia entre 10-30° em relação à direção dos túneis, existe a possibilidade concreta de que o ruído percebido pelos moradores atinjam níveis mais elevados, o que demandará o monitoramento dos mesmos durante a fase de obras.

Além disto, considerando que tais residências situam-se próximas à frentes de obras, especialmente na fase em que forem construídos os túneis falsos e o acesso que os ligará à ponte sobre o rio Massiambu, é possível que haja interferências dos ruídos normais da obra, com ou sem componentes tonais. Assim sendo, quando da execução das obras no trecho mais próximo à ponte, deverão ser realizadas medições periódicas dos ruídos nesta área.

#### **5.1.7.6. Considerações Gerais**

Do ponto de vista do ruído hoje existente na região, especialmente o decorrente da operação da rodovia, foram realizadas medições na aldeia

indígena do Morro dos Cavalos, por ser a área mais perturbada em relação a tais ruídos.

Durante as medições realizadas, observou-se como principal fonte de ruído os veículos automotores leves (carros e motos) e pesados (caminhões) que transitavam na rodovia BR 101. Esta fonte de ruído interferiu mais significativamente nas amostragens realizadas no ponto 1, devido a sua maior proximidade com a rodovia. Ainda, no ponto 1 observou-se ruído oriundo de atividade de serragem de metal. Nos demais pontos (ponto 2 e 3) os resultados apresentaram um quadro relativamente constante, sendo que apenas no ponto 3 a ocorrência de alguma interferência não relacionada ao tráfego de veículos delineou dois picos no gráfico do nível sonoro obtido.

No momento de realização dos monitoramentos, o vento mostrou-se pouco intenso durante o período diurno e noturno nos dias 21 e 24/06/2010, aparecendo com mais intensidade durante o período diurno de medição do dia 25/06/2010. Não houve nenhuma dificuldade imposta pelo ambiente natural para a realização dos trabalhos, não havendo a ocorrência de chuvas.

Já em relação aos ruídos potenciais a serem produzidos na fase de obras, principalmente em decorrência das detonações e movimentação de máquinas e veículos, foram analisadas as distâncias e o posicionamento dos pontos considerados mais sensíveis às fontes de ruídos, a fim de estimar qualitativamente os efeitos potenciais na fase de obras.

#### **5.1.8. Potencial de Geração de Vibrações na Fase de Obras**

Durante as discussões técnicas realizadas no bojo da elaboração do Estudo de Impacto Ambiental referente à duplicação da rodovia BR-101, segmento Km 232,00 ao Km 234,5 – transposição do Morro dos Cavalos, a equipe técnica constatou a necessidade de inserir, na fase de diagnóstico, algumas considerações e levantamentos referentes à produção de vibrações associadas

à detonação de explosivos. Esta necessidade decorre do fato de que o empreendimento em questão prevê a utilização de explosivos para viabilizar a abertura dos túneis, e do fato de que existem diversas comunidades, indígenas e não indígenas, na área, que poderão sofrer impactos associados às detonações, sendo necessário avaliá-los.

De modo geral pode se dizer que a utilização de explosivos na abertura de túneis tem por objetivo fraturar a rocha de modo a provocar seu movimento em relação à face livre, de forma a viabilizar sua extração e o conseqüente avanço do túnel. Como resultado da utilização de explosivos, além do alcance dos objetivos em termos de perfuração da rocha, tem-se, como efeitos negativos a geração de vibrações induzidas no maciço rochoso, a geração de ruídos, a produção de poeiras e gases, e a deterioração do maciço, seja pela detonação de uma seção superior à desejada, seja pela geração de sistemas de fraturas no corpo rochoso, o que pode aumentar sua permeabilidade.

Outro efeito possível é o lançamento de blocos e fragmentos de rocha, a distâncias variáveis, o que é mais freqüente nas detonações realizadas a céu aberto, como em pedreiras. No caso em questão – construção dos túneis sob o Morro dos Cavalos – o potencial de lançamento de fragmentos e blocos durante as obras é restrito à fase inicial de perfuração, com abertura dos emboques. A partir daí os fragmentos ficarão confinados no interior do próprio túnel após a detonação, sendo posteriormente removidos.

Segundo GAMA, apenas cerca de 5 a 15% da energia liberada na detonação de explosivos em rocha são efetivamente usados na fragmentação da mesma. O restante da energia liberada é transferida ao ambiente circundante sob a forma de calor, ruído e vibrações susceptíveis de causar impactos significativos. Dentre tais efeitos, as vibrações são os que causam mais preocupação e protestos por parte da população afetada.

Na transferência de energia dos explosivos para a rocha são produzidas ondas sísmicas, que resultam no que genericamente se denomina de “vibrações”. Dentre diversos os critérios usualmente discutidos, há certo consenso no



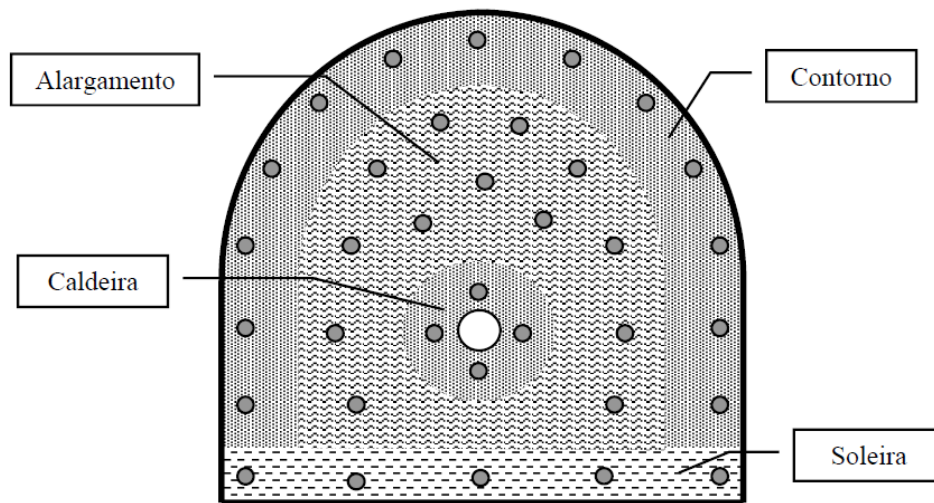
sentido de correlacionar os danos provocados às estruturas com a amplitude das ondas sísmicas que as atingem (GAMA).

Dentre as grandezas físicas inerentes às ondas sísmicas, aquela que tem melhor correlação com a produção de danos às estruturas é a velocidade vibratória da partícula. A experiência internacional tem mostrado que mais de 97% dos casos de dano real em estruturas e edificações estão associados a velocidades vibratórias superiores a 71mm/s. Os intervalos de sensibilidade humana são muito inferiores aos níveis de vibração suportados por estruturas em geral. O limite da percepção humana situa-se na faixa de 0,01mm/s, sendo que velocidades vibratórias da ordem de 50mm/s já são consideradas como intoleráveis (GAMA).

Para evitar que os efeitos deletérios associados às detonações atinjam níveis de risco à saúde e integridade humana, trabalha-se com planos de detonação, ou planos de fogo, ajustados caso a caso, em função das condições geomecânicas do maciço, condições ambientais locais e espacialização da ocupação.

Tendo em vista que o comportamento das rochas e os efeitos associados à detonação são regulados por um complexo conjunto de fatores, particulares para cada caso, o planejamento das detonações é feito a partir da realização de testes In loco, com o respectivo monitoramento rigoroso dos efeitos, às diversas distâncias da fonte. Neste caso os testes deverão ser iniciados com cargas mais leves, ajustando a potencia de carga e as distâncias de avanço em função do comportamento geomecânico do maciço e dos efeitos associados.

Num diagrama de fogo usual a sequência de detonação segue a seguinte ordem: caldeira, alargamento, soleira e contorno. Como é natural, utilizam-se maiores cargas nas zonas de mais difícil arranque, nomeadamente a caldeira onde existe maior confinamento e a soleira, onde se verifica maior influência da gravidade (BASTOS, 1998). Apresenta-se a seguir uma figura esquemática contendo as zonas usuais num diagrama de fogo.



Fonte: BASTOS (1998).

Para minimizar os efeitos de produção de vibrações induzidas, a ordem de disparo referida pode ser alterada de modo que os primeiros furos a detonar sejam os de contorno, com cargas relativamente mais baixas do que aquelas utilizadas na detonação da caldeira e da soleira. Desta forma é gerada uma descontinuidade ao longo das bordas da seção, que atenuam a propagação de vibrações decorrentes das outras sequências de disparo (caldeira, alargamento e soleira) para o maciço rochoso. Esta técnica é denominada Pré-Corte (BASTOS, 1998).

Em relação à norma brasileira que trata dos limites máximos admissíveis de vibrações provocadas por explosivos/detonações, BACCI et al (2003) realizaram um comparativo entre as diversas normas vigentes e destacam que desde 1983, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) vem coletando e analisando dados técnicos da bibliografia internacional e associando-os à experiência nacional, através da sua Comissão de Estudos CE - 18.205.02.

A experiência brasileira advém de trabalhos em pedreiras operando junto à periferia das grandes concentrações urbanas, em especial, no litoral paulista e

na Grande São Paulo. Em média, a área urbanizada se constitui de residências modestas, construídas por uma população de baixa renda.

Segundo os autores, a CE – 18.205.02, observando as correlações existentes entre as variáveis envolvidas no fenômeno: carga máxima por espera (Q) e distância (D), velocidade de vibração de partícula (Vp) observadas ou medidas nos trabalhos realizados, concluiu que (BACCI et al, 2003):

- No caso geral (227 medições) para todos os tipos de rocha estudados (gnaisse, granito, calcário e basalto), não foram observados valores de velocidade de vibração de partícula (Vp) superiores a 15mm/s, a partir de 200m das detonações.
- Para a faixa de valores de D (distância) inferiores a 200m, sugeriram-se limites do uso da carga máxima por espera (Q), de modo a não se excederem os valores de velocidade de vibração da partícula (Vp) em 15mm/s, ou seja:

para  $140 < D < 200 \Rightarrow Q < 100$  kg/espera

para  $40 < D < 140 \Rightarrow Q < 30$  kg/espera

A partir de tais análises, a Comissão de Estudos redigiu e aprovou a norma NBR 9653, que estabelece a velocidade de vibração de partícula (Vp) igual a 15mm/s como limite máximo de vibração admissível nos arredores da área de operação das pedreiras (BACCI et al, 2003).

Em 1992 a CETESB editou um procedimento próprio relativo à mineração com uso de explosivos, denominada D7.013. Tal norma fixa as condições exigíveis para a atividade de mineração pelo método de explosivos no que se refere ao controle da poluição e conservação do meio ambiente.

Ao contrário da NBR 9653 da ABNT que tem como foco a segurança estrutural de edificações de um modo geral, a norma CETESB D7.013 tem como foco principal estabelecer os níveis máximos de efeitos admissíveis para não causar desconforto e risco aos seres humanos. Assim sendo, os limites para vibração e sobrepressão acústica constantes neste procedimento são:

### ***Vibração proveniente do desmonte de rocha:***

- Os níveis de velocidade de vibração da partícula não poderão ser superiores a 3 mm/ s de velocidade medida na componente vertical;
- Quando a medição for realizada com a utilização de instrumentos cujos resultados sejam a integração das três componentes, o valor máximo permitido será de 4,2 mm/s;

### ***Sopro de Ar (sobrepresão acústica ):***

- O nível de sobrepressão sonora proveniente das operações de desmonte por explosivos não poderá ser superior a 128dB linear máximo. A medição deve ser efetuada no receptor mais atingido.

Diversos países possuem normas específicas no que diz respeito aos limites adotados nas operações com utilização de explosivos. A seguir serão mencionados dados considerados relevantes apresentados por autores diversos acerca das normas internacionais.

SISKIND et al (1993, in NOGIRI, 2001) apresentam considerações acerca das normas e limites admitidos pelo Bureau of Mine. Segundo os autores o critério do nível de vibração estabelecido pelo ANSI é de 12,7 mm/ s e foi comprovado que o mesmo se aproxima das condições de vibrações de ambientes típicos em casas. Atividades humanas, tal como caminhar e fechar portas, e a influência do tempo (vento, temperatura e ciclos de umidade) produzem esforços internos equivalentes ou superiores a 12,70mm/ s. Segundo os autores, uma vez que as casas são freqüentemente expostas a tais níveis de vibração, não foi surpresa o fato de que nenhuma trinca produzida por detonação tenha sido observada em testes com vibrações abaixo de 12,7mm/s.

Os autores destacam que os pesquisadores do Bureau concluíram que níveis de vibração abaixo de 12,70 mm/ s eram insignificantes, exceto para casos

envolvendo sistemas sensíveis, tais como, instrumentos científicos que são isolados da vibração e com frequência abaixo das estudadas para detonação.

Com relação à resposta humana às vibrações de corpo inteiro, os autores destacam três efeitos possíveis que são definidos pelo American National Standards Institute (ANSI), em ordem crescente de preocupação:

- (1) percepção e alarme (conforto);
- (2) limites de proficiência ou interferência de atividade;
- (3) efeitos ligados à saúde e segurança.

Segundo SISKIND et al (1993, in NOGIRI, 2001) a ANSI reconhece que as pessoas que percebem as vibrações impactando suas construções, têm diferentes respostas em relação às pessoas que executam uma tarefa com conforto e saúde dentro de um outro ambiente, como por exemplo dirigindo um veículo. A ANSI desenvolveu uma norma separada para este caso, a qual inclui implicitamente os fatores de atitude, apreensão, sentimento de dano e sentimento de intrusão dentro de uma situação privada, tal como uma casa. Nestes casos as pessoas não estão respondendo diretamente as vibrações, mas a resposta da estrutura à vibração, incluindo todos os efeitos secundários, tais como trepidação de janelas, movimento de objetos soltos, movimentos de quadros na parede, etc.

Os autores apresentam uma tabela contendo a lista valores de velocidade de pico de partícula para vibrações transitórias menores do que um segundo de duração, combinando movimentos verticais e horizontais.

<b>Local</b>	<b>Vp (mm/s)</b>
Estruturas críticas (hospital com área de internação)	0,12
Residência (noite)	0,20
Residência (dia)	12,7
Escritório	18,03



Em 1996 o Julius Kruttschinnit Mineral Research Center – JKMRC, realizou estudos para otimização da exploração de minas a céu aberto (NOGIRI, 2001). Segundo aquele Instituto, numa comunidade onde as pessoas estão seguras, ou convencidas, de que não ocorrerão danos, elas suportarão até 12,7 mm/s, no mínimo durante o dia quando as vibrações ambientes também são altas. Entretanto, quando o sentimento de insegurança está presente, qualquer trepidar poderá ser um problema em potencial. Nesse caso espera-se o surgimento de reclamações mesmo quando a vibração é inferior a 12,7mm/ s (vibração medida externamente).

O JKMRC destaca em seu trabalho que a The State Pollution Control Commission of New South Wales sugeriu limites de 5 mm/s para PPV (Velocidade Máxima de Partícula) e 115 dBI, com vistas à manutenção do conforto humano nas proximidades dos locais de detonação (NOGIRI, 2001).

Uma informação bastante interessante constante do estudo realizado pelo JKMRC (1996, in NOGIRI, 2001) são os níveis de vibrações produzidas por atividades corriqueiras do dia a dia. Tais atividades são apresentadas na tabela a seguir.

Local	Vp
	(mm/s)
Andar	0,8
Batida de calcanhar	0,8
Pular	7,1
Bater portas	12,7
Bater pregos	22,4
Efeitos ambientais diários	30 a 76

FOSTER (2000, in NOGIRI, 2001) estudando a resposta humana às vibrações decorrentes de detonações, identificou que a resposta humana às vibrações é produzida em parte pelas características físicas dos efeitos das vibrações mais

a resposta psicológica, particularmente a percepção humana com relação a um sentimento real ou imaginário da potencialidade de dano estrutural às residências.

Tendo em vista estimar os impactos potenciais, bem como estabelecer diretrizes a serem obedecidas na fase de obras, realizou-se o levantamento das menores distâncias entre as frentes de detonação, que serão fontes de produção de vibrações, e as áreas sensíveis do ponto de vista da ocupação humana, tanto indígena, quanto não indígena. Tais levantamentos, realizados sobre imagens de satélite, são apresentados a seguir.

### ***Aldeia Indígena do Morro dos Cavalos***

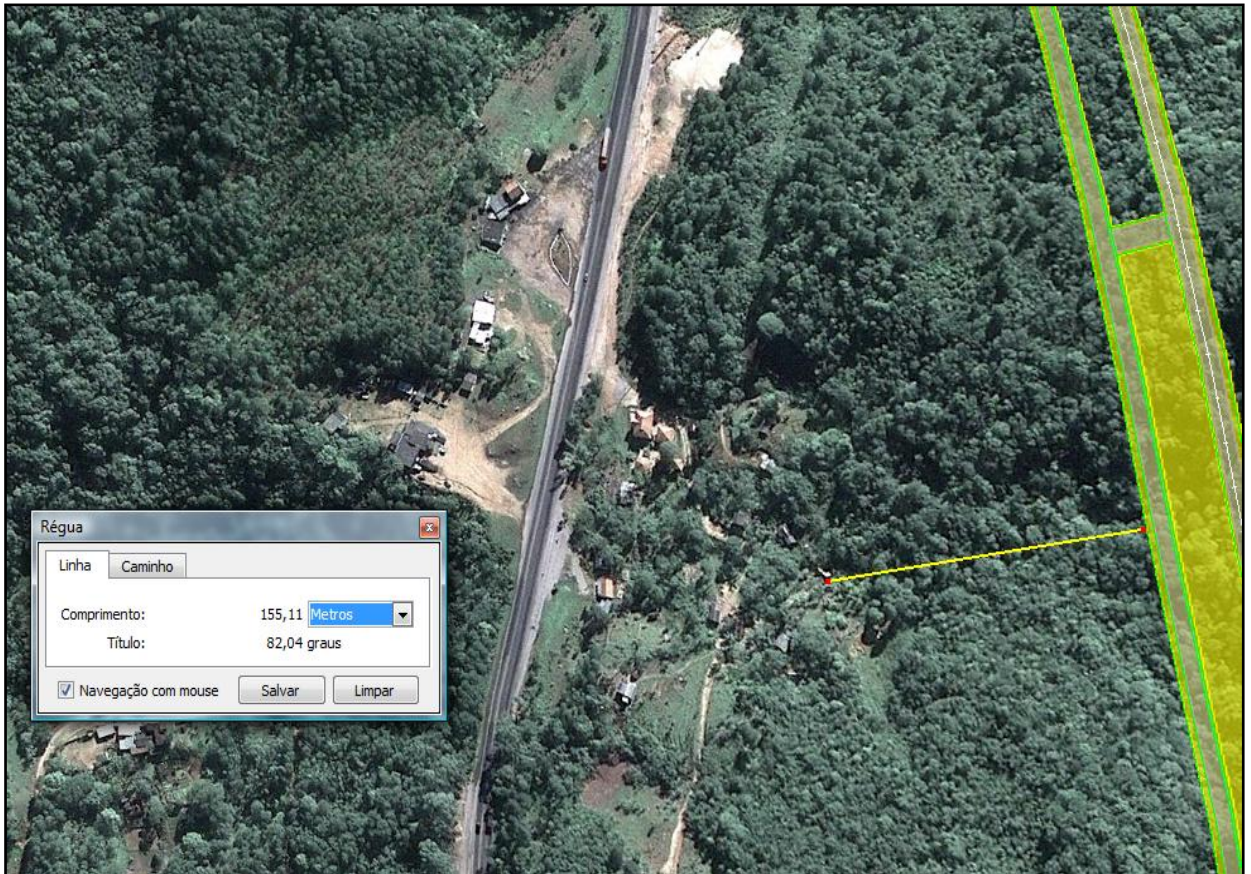
Em relação à Aldeia Indígena do Morro dos Cavalos, estimou-se as seguintes distâncias entre o túnel oeste e as construções de maior relevância e significado:

- (a) A menor distância horizontal entre o túnel (em planta) e as últimas residências da Aldeia;
- (b) A menor distância horizontal entre o túnel (em planta) e a escola Itaty;
- (c) A menor distância entre o túnel (em planta) e o posto de saúde;
- (d) A menor distância entre o túnel (em planta) e a casa de reza atualmente utilizada.

As distâncias obtidas foram as seguintes:

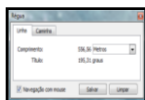
<b>Pontos</b>	<b>Distância (metros)</b>
Casas	155
Escola	237
Posto de Saúde	266
Casa de Reza	146

- (a) Menor distância horizontal entre o túnel (em planta) e as últimas residências da Aldeia
- (b)

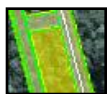


**LEGENDA:**

 Distância avaliada



Módulo de cálculo de distâncias lineares disponível no Googlearth



Traçado projetado para os túneis

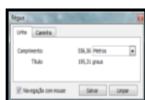


(b) Menor distância horizontal entre o túnel (em planta) e a escola Itaty

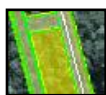


**LEGENDA:**

 Distância avaliada

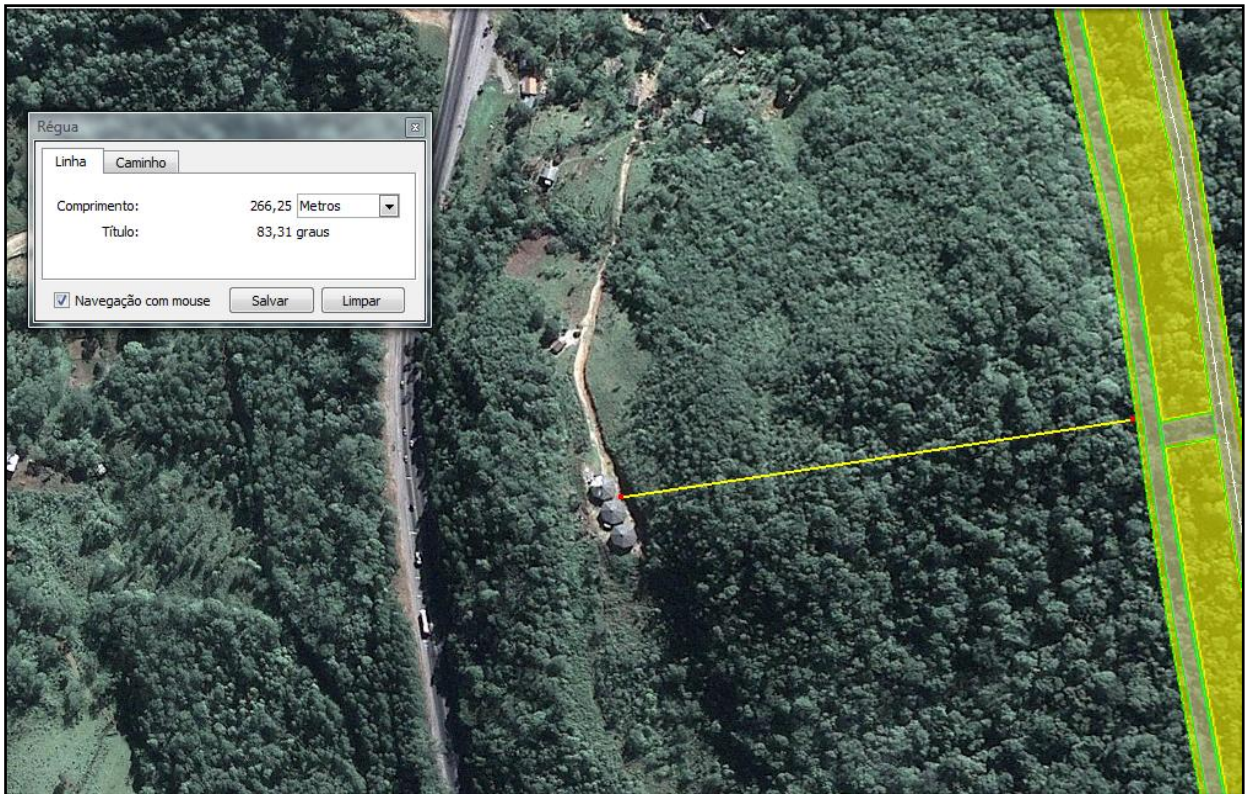


Módulo de cálculo de distâncias lineares disponível no Googleearth



Traçado projetado para os túneis

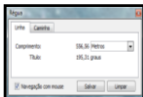
(c) Menor distância horizontal entre o túnel (em planta) e o posto de saúde



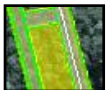
**LEGENDA:**



Distância avaliada



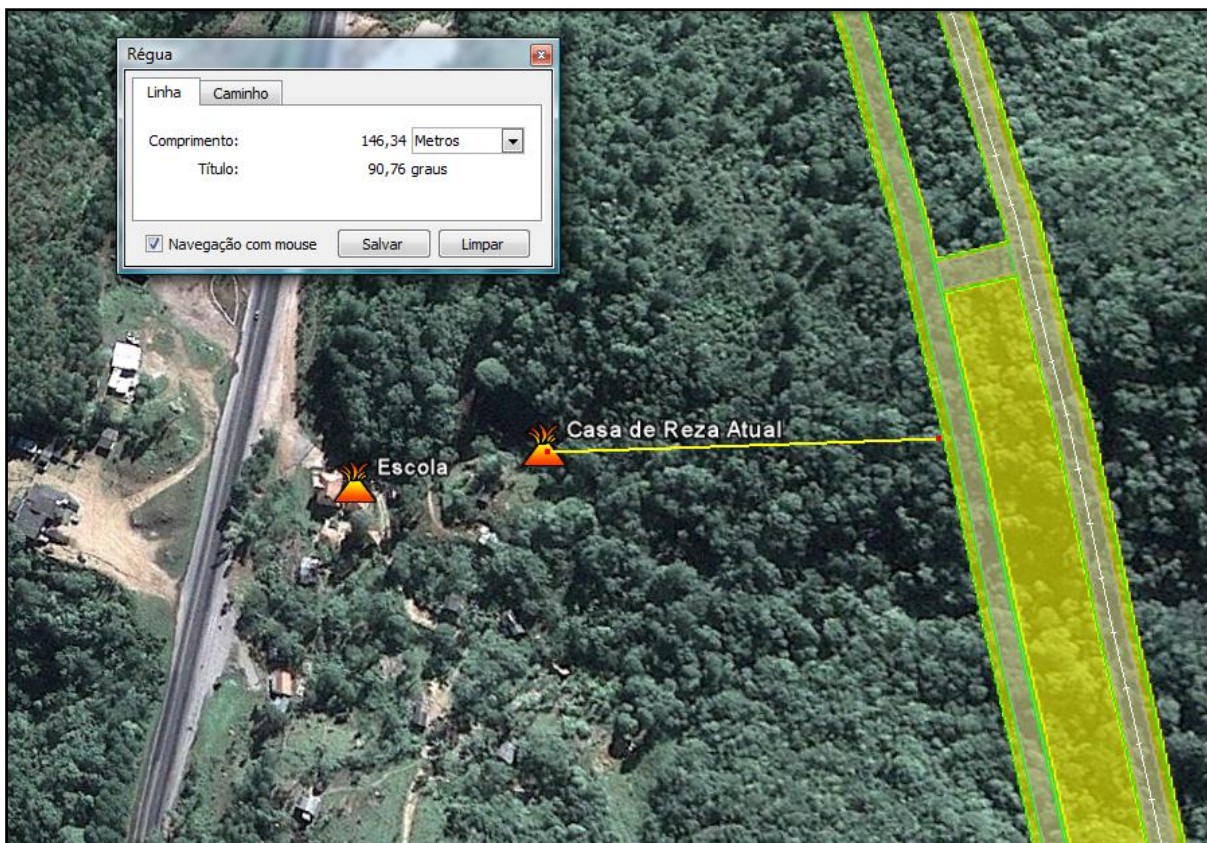
Módulo de cálculo de distâncias lineares disponível no Googlearth




Traçado projetado para os túneis

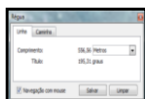


- (d) Menor distância horizontal entre o túnel (em planta) e a casa de reza atualmente utilizada pela Comunidade

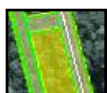


**LEGENDA:**

 Distância avaliada



Módulo de cálculo de distâncias lineares disponível no Googlearth



Traçado projetado para os túneis



Marcador indicativo de pontos relevantes

No caso em questão a distância mínima identificada foi de 146m, referente à Casa de Reza atualmente utilizada pela Comunidade. Segundo a NBR 9653, para intervalos de distância entre a fonte e as construções em apreço superiores a 140m e inferiores a 200m, a carga máxima de explosivos por espera deverá ser inferior a 100kg, de modo que as vibrações não excedam o limite de 15mm/s.

Uma vez que além da Casa de Reza, situada a uma distância linear em planta de 146m, tem-se residências situadas a uma distância de 155m, e que tais construções são estruturalmente bastante frágeis, na presente análise recomenda-se a adoção de uma área de segurança no trecho do túnel que envolva distâncias inferiores a 200m de distância da Casa de Reza.

Independentemente deste indicador inicial fornecido pela ABNT, é fundamental realizar o monitoramento permanente, por meio de sismógrafo, a fim de realizar ajustes no plano de fogo, caso se mostre necessário.

Soma-se ainda o fato de que a presente análise, no caso das construções indígenas, foi realizada considerando-se que tanto as construções, quanto o túnel estariam situados em um mesmo plano, o que na realidade não ocorrerá. O túnel estará situado a 43m de profundidade abaixo do plano no qual situa-se a aldeia, ou seja, sua distância real da fonte de detonações é superior à distância em planta.

### ***Enseada de Brito***

Em relação à Enseada de Brito, estimou-se a distância do emboque norte, ponto a partir do qual serão iniciadas as detonações, até a residência mais próxima:

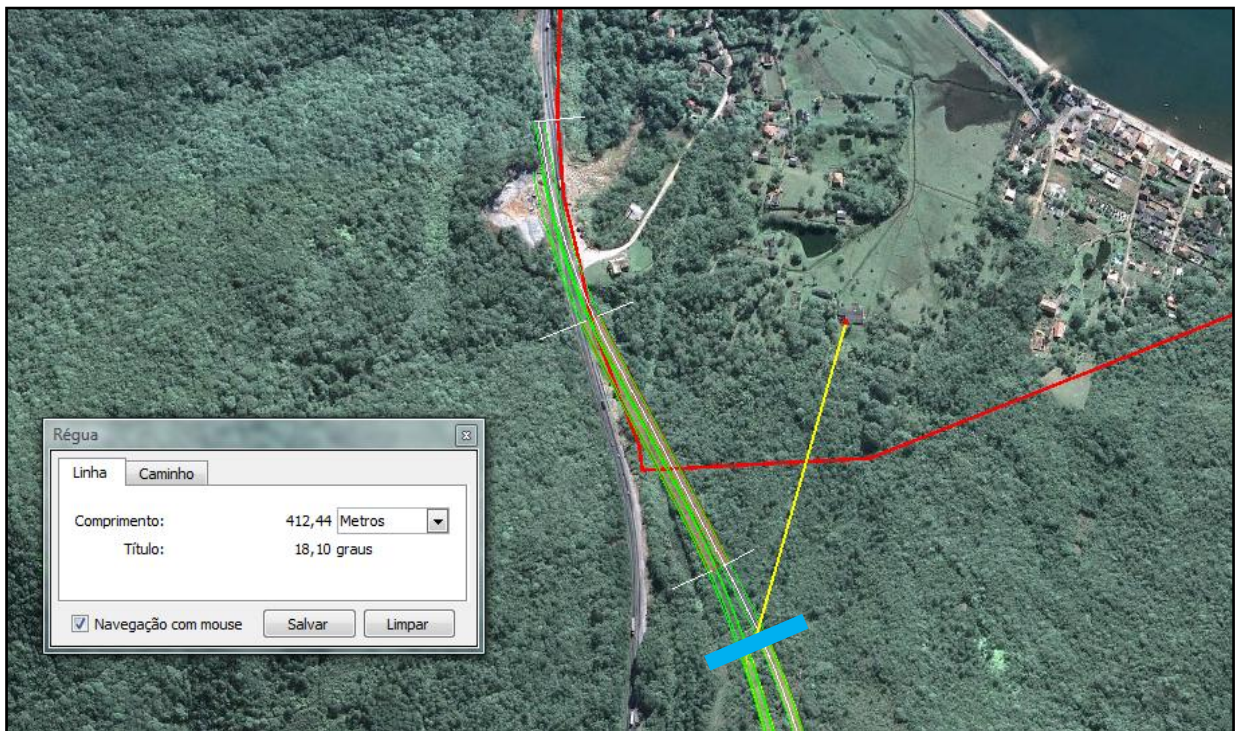
- (a) A menor distância horizontal entre o túnel (em planta) e as residências;



As distâncias obtidas foram as seguintes:

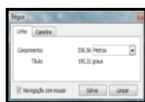
Pontos	Distância (metros)
A	412

(a) Menor distância horizontal entre o túnel (em planta) e as residências

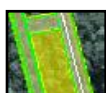


**LEGENDA:**

-  Emboque Norte
-  Distância avaliada
-  TI Morro dos Cavalos



Módulo de cálculo de distâncias lineares disponível no Googlearth



Tracado projetado para os túneis

Tendo em vista que a distância supera aquela estimada para a Aldeia Indígena, permanecem válidas as considerações e restrições estabelecidas naquele caso. De todo modo será recomendado o monitoramento periódico nestes locais.