

**DNIT**

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES  
DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES  
DIRETORIA DE PLANEJAMENTO E PESQUISA  
COORDENAÇÃO GERAL DE MEIO AMBIENTE



Itacarambi



Elaboração de Projeto de Estudo de Impacto Ambiental - EIA, Relatório de Impacto Ambiental - RIMA, Plano Básico Ambiental - PBA, Componente Indígena, Serviços de Arqueologia e Estudo para obtenção da Autorização de Supressão de Vegetação para o licenciamento ambiental para as obras de implantação, pavimentação e melhorias da BR-135/MG Trecho: Div. BA/MG - Fim Contorno Curvelo, Subtrecho: Manga - Itacarambi, Segmento: km 88,7 - km 137,4 - Extensão 48,7 km.

**VOLUME 2**  
**Diagnóstico do Meio Físico**

Consórcio  
**SL**

CSL - Consultoria de Engenharia e Economia S/C Ltda  
ISO 9001:2008



**magna engenharia ltda**  
ISO 9001:2008

**OUTUBRO/2013**



## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 5 - Diagnóstico Ambiental.....</b>	<b>9</b>
5. - DIAGNÓSTICO AMBIENTAL.....	11
5.1 - Meio Físico.....	11
5.1.1 - Clima.....	11
5.1.2 - Qualidade do Ar.....	30
5.1.3 - Topografia.....	43
5.1.4 - Geologia.....	43
5.1.5 - Recursos Minerais.....	57
5.1.6 - Geomorfologia.....	61
5.1.7 - Solos.....	95
5.1.8 - Recursos Hídricos.....	139
5.1.9 - Recursos Hídricos Subterrâneos.....	158
5.1.10 - Possíveis Fontes Poluidoras dos Recursos Hídricos.....	167
5.1.11 - Qualidade da Água.....	173
5.1.12 - Usos da Água.....	181
5.2 - Níveis de Ruído.....	184
5.2.1 - Definição de Som e Ruído.....	184
5.2.2 - Percepção e Controle dos Ruídos.....	185
5.2.3 - Uso e Ocupação do Solo na Área de Influência Acústica.....	185
5.2.4 - Identificação das Principais Fontes Sonoras Existentes no Local.....	185
5.2.5 - O Ruído e a População.....	186
5.2.6 - Considerações sobre o ruído gerado no tráfego.....	186
5.2.7 - Caracterização do Nível de Ruído Ambiente e Determinação dos Níveis de Critério de Avaliação (NCA).....	186
Referências Bibliográficas.....	193

## LISTA DE FIGURAS

Figura 5.1: Mapa da AID e ADA – Meio Físico.....	13
Figura 5.2: Mapa da All – Meio Físico.....	15
Figura 5.3: Estações meteorológicas selecionadas para caracterização climática regional.....	17
Figura 5.4: Atuação das massas de ar de acordo com as variações sazonais.....	19
Figura 5.5: Municípios do Estado de MG pertencentes ao Semi-árido.....	20
Figura 5.6: Precipitação média mensal (mm).....	21
Figura 5.7: Distribuição espacial da precipitação média durante o verão (outubro a março).....	22
Figura 5.8: Distribuição espacial da precipitação média durante o inverno (abril a setembro).....	22
Figura 5.9: Pressão atmosférica (hPa).....	24
Figura 5.10: Umidade relativa do ar (%). .....	24
Figura 5.11: Umidade relativa média do ar – verão e inverno (%). .....	25
Figura 5.12: Evaporação total (mm). .....	25

Figura 5.13: Insolação média mensal (horas e décimos).....	26
Figura 5.14: Nebulosidade mensal (%). .....	27
Figura 5.15: Balanço hídrico mensal - estação Carinhanha. ....	28
Figura 5.16: Balanço hídrico mensal - estação Espinosa. ....	28
Figura 5.17: Direção Preferencial dos ventos anuais. Estação Januária.....	29
Figura 5.18: Velocidade e direção do vento. Estação Januária.....	29
Figura 5.19: Velocidade e direção do vento. Estação Carinhanha. ....	29
Figura 5.20: Poluentes Atmosféricos e Interação com a Atmosfera e Receptores.....	32
Figura 5.21: AR-01, Amostragem de Ar – Itacarambi. ....	33
Figura 5.22: AR-02, Amostragem de Ar – Rancharia.....	33
Figura 5.23: Mapa dos locais de amostragem de ar e de emissões atmosféricas .....	35
Figura 5.24: Material particulado em suspensão devido condição atual .....	40
Figura 5.25: Cerâmica Serran – Itacarambi. ....	40
Figura 5.26: Chaminés dos fornos da Serran.....	40
Figura 5.27: Fornos de produção de carvão na AID. ....	41
Figura 5.28: Mapa geológico – All.....	45
Figura 5.29: Mapa geológico - AID e ADA .....	47
Figura 5.30: Afloramentos de Depósitos Aluvionares Antigos. ....	50
Figura 5.31: Cobertura Detrítica na porção norte, a oeste da BR-135. ....	51
Figura 5.32: Cobertura Detrítica a leste da BR-135. ....	51
Figura 5.33: Ocorrência dos arenitos da Formação Urucuia. ....	51
Figura 5.34: Afloramento de siltito às margens do rio de Itacarambi a oeste da BR-135.....	52
Figura 5.35: Afloramento de siltito às margens da estrada, a leste da BR-135.....	52
Figura 5.36: Afloramento de calcário/dolomito junto à área de extração entre Itacarambi e Rancharia. ....	53
Figura 5.37: Afloramento ao pé de morro testemunho na margem esquerda da rodovia, sentido Itacarambi-Manga.....	53
Figura 5.38: Perfil geológico do empreendimento.....	55
Figura 5.39: Mapa dos registros de exploração dos recursos minerais por tipo de substância .....	59
Figura 5.40: Perfis topográficos, geomorfológicos e geológicos da região do Peruaçu elaborado por Piló (1989) para a definição das unidades fisiográficas. ....	62
Figura 5.41: Mapa geomorfológico - All .....	65
Figura 5.42: Mapa geomorfológico - AID e ADA .....	67
Figura 5.43: Relevo cárstico Descoberto (Kd). Bloco adernado exibindo formas originadas pela dissolução nos Patamares do Chapadão com destaque para os tipos de lapíás ocorrentes. ..	69
Figura 5.44: Manto de intemperismo da Formação Urucuia sobre a Unidade Patamares do Chapadão. Cobertura silto-arenosa inconsolidada de cor avermelhada, material silto-arenoso.....	70
Figura 5.45: Paisagem dos modelados de aplanamentos retocados inumados (Pri) na AID do empreen- dimento. Ao fundo, carste em exumação (ke). Município de São João das Missões. ....	70
Figura 5.46: Ao fundo, formas tabulares desenvolvidos sobre a Formação Urucuia. ....	71
Figura 5.47: Afloramentos do Grupo Bambuí sob a forma de lajedos. Carste descoberto (Kd) ocorrente sobre a Unidade Vão do São Francisco. Parque Estadual da Mata Seca. ....	71
Figura 5.48: Morro de Itacarambi – relevo residual ocorrente na Unidade Vão do São Francisco. Município de Itacarambi. ....	71

Figura 5.49: Muros de contenção de processos erosivos dos terraços aluviais do rio São Francisco. Município de Itacarambi. Ao fundo, terraços em processo ativo de erosão. ....	72
Figura 5.50: Terraços aluviais às margens do rio São Francisco, AII do empreendimento. Município de Itacarambi. ....	73
Figura 5.51: Lagoa desenvolvida entre os terraços aluviais do rio São Francisco. Parque Estadual da Mata Seca. ....	73
Figura 5.52: Local de ocorrência de barras aluvionares. Margens do rio São Francisco. ....	74
Figura 5.53: Histograma de frequência altimétrica da AII. ....	75
Figura 5.54: Mapa hipsométrico - AII. ....	77
Figura 5.55: Mapa hipsométrico - AID e ADA. ....	79
Figura 5.56: Histograma de frequência altimétrica da AID. ....	81
Figura 5.57: Vale do rio de Itacarambi. AID do empreendimento. Município de São João das Missões. ....	81
Figura 5.58: Mapa de declividades - AII. ....	85
Figura 5.59: Mapa de declividades - AID. ....	87
Figura 5.60: Combinação das curvaturas para caracterização das formas do terreno. ....	89
Figura 5.61: Legenda de cores para representação das formas do terreno. ....	89
Figura 5.62: Mapa das formas do terreno – AII. ....	91
Figura 5.63: Mapa das formas do terreno - AID e ADA. ....	93
Figura 5.64: Mapa de solos – AII. ....	97
Figura 5.65: Mapa de solos – AID. ....	99
Figura 5.66: Mapa da cobertura vegetal utilizado na avaliação do risco de erosão. ....	105
Figura 5.67: Mapa do Potencial de Erodibilidade do Solo – AII. ....	113
Figura 5.68: Mapa da Erosividade do Meio – AII. ....	115
Figura 5.69: Mapa da Erodibilidade do Solo – AID e ADA. ....	117
Figura 5.70: Mapa da Erosividade do Meio – AID e ADA. ....	119
Figura 5.71: Mapa do Risco de Erosão – AII. ....	121
Figura 5.72: Mapa do Risco de Erosão – AID. ....	123
Figura 5.73: Mapa da Aptidão Agrícola das Terras – AII. ....	131
Figura 5.74: Mapa da Aptidão Agrícola das Terras – AID. ....	133
Figura 5.75: Mapa da Aptidão Agrícola das Terras para Irrigação – AII. ....	137
Figura 5.76: Localização do empreendimento no contexto das Unidades de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos da região. ....	140
Figura 5.77: Mapa da hidrografia regional. ....	143
Figura 5.78: Hierarquização da rede de drenagem da sub-bacia do rio de Itacarambi. ....	146
Figura 5.79: Barragem de Itacarambi. ....	147
Figura 5.80: Aspecto da porção baixa do rio de Itacarambi. ....	147
Figura 5.81: Drenagem intermitente, afluente do rio de Itacarambi, a montante do ponto AS-02. ....	147
Figura 5.82: Drenagem característica de ambientes cársticos. Localidade de Rancharia. ....	147
Figura 5.83: Galerias de Drenagem sob a BR-135 em drenagem intermitente. ....	148
Figura 5.84: Relação Cota x Descarga - Estação Fazenda Bom Retiro. Rio Japoré. ....	149
Figura 5.85: Correlação entre vazões médias mensais entre o rio Japoré e o rio de Itacarambi. ....	149
Figura 5.86: Descarga média mensal do rio Japoré e Estimativa do rio de Itacarambi. ....	150

Figura 5.87: Ocorrência de solos aluvionares suscetíveis à inundações periódicas. Local de inundação em período de extravazamento do rio São Francisco sobre seu leito maior e planície de inundação, em 2004. ....	151
Figura 5.88: Vista aérea do leito maior e planície de inundação. Município de Manga. ....	151
Figura 5.89: Barramento do curso d'água a montante do ponto de amostragem AS-01. Coordenadas UTM: 594973E, 8334856N.....	156
Figura 5.90: Barramento em zona rural, curso afluente a montante do rio de Itacarambi.....	157
Figura 5.91: Barramento a jusante do trecho da BR-135 com captação de água para uso agrícola. ....	157
Figura 5.92: Trecho do rio de Itacarambi com expressiva área de solo exposto no entorno de curso d'água com pisoteio pelo gado. ....	157
Figura 5.93: Erosão superficial nas proximidades do rio de Itacarambi. ....	158
Figura 5.94: Vista da área junto ao rio de Itacarambi com erosão superficial. ....	158
Figura 5.95: Local de assoreamento sob a ponte do rio de Itacarambi. ....	158
Figura 5.96: Mapa hidrogeológico preliminar- All .....	159
Figura 5.97: Mapa hidrogeológico preliminar – AID e ADA.....	161
Figura 5.98: Esboço do fluxo subterrâneo cárstico. ....	166
Figura 5.99: Utilização de pivôs de irrigação em propriedades agrícolas no entorno do trecho da BR-135.....	167
Figura 5.100: Área úmida existente na porção oeste do distrito de Rancharia. ....	167
Figura 5.101: Utilização do rio de Itacarambi, para lavagem de roupas e utensílios domésticos bem como para fins recreativos.....	167
Figura 5.102: Urbanização de São João das Missões junto a ponte de travessia do rio de Itacarambi. ....	167
Figura 5.103: Posto Seriema em trecho não pavimentado da BR-135, Itacarambi.....	169
Figura 5.104: Auto Posto Missões, São João das Missões. ....	169
Figura 5.105: Aterro na cidade de Manga. ....	169
Figura 5.106: Área de disposição de resíduos em Itacarambi. ....	169
Figura 5.107: Carta Imagem – Pontos de poluição difusa e pontual .....	171
Figura 5.108: Mapa de localização das amostras de água superficial .....	175
Figura 5.109: Irrigação de milho por pivô central – ICIL Ltda Município de Manga.....	182
Figura 5.110: Navegação fluvial sobre o rio São Francisco Município de Manga. ....	183
Figura 5.111: Mapa de localização das amostras dos níveis de ruído .....	189

## LISTA DE QUADROS

Quadro 5.1: Altitudes das estações climatológicas utilizadas na caracterização climática regional .....	18
Quadro 5.2: Temperatura média mensal (°C) .....	23
Quadro 5.3: Pontos de Amostragem de Ar .....	33
Quadro 5.4: Padrões nacionais da qualidade do ar (Resolução CONAMA nº 03/1990) conforme amostragem realizada.....	37
Quadro 5.5: Limites de emissão de poluentes por veículos de acordo com a Resolução nº 18/1990 do CONAMA .....	37
Quadro 5.6: Limites de emissão de poluentes por veículos de acordo com a Resolução CONAMA nº 315/2002 .....	38
Quadro 5.7: Concentrações de PTS nos pontos de amostragem.....	41
Quadro 5.8: Concentrações de PM <sub>10</sub> nos pontos de amostragem.....	42



Quadro 5.9: Estratigrafia da área do empreendimento .....	44
Quadro 5.10: Caracterização geológica da AII e da AID .....	53
Quadro 5.11: Síntese das condicionantes potenciais ao longo do trecho da BR-135.....	54
Quadro 5.12: Percentuais de ocorrência por classes de declividades – AID e AII .....	82
Quadro 5.13: Classes de declividades de acordo com a EMBRAPA (1999).....	84
Quadro 5.14: Percentual de ocorrência das Formas do Terreno – AID e AII .....	90
Quadro 5.15: Classes de solos da Área de Influência Indireta .....	95
Quadro 5.16: Classes de atributos dos solos – textura, profundidade e drenagem .....	108
Quadro 5.17: Classes de atributos do Meio – precipitação, cobertura vegetal e relevo.....	109
Quadro 5.18: Interpolação das classes do Potencial de Erodibilidade do Solo.....	110
Quadro 5.19: Interpolação das classes do Potencial de Erodibilidade do Meio .....	110
Quadro 5.20: Classes do Risco Potencial de Erosão dos Solos .....	111
Quadro 5.21: Simbologia Correspondente às Classes de Aptidão Agrícola das Terras .....	126
Quadro 5.22: Alternativas de Utilização das Terras de Acordo com os Grupos de Aptidão Agrícola .....	126
Quadro 5.23: Condições agrícolas das terras da área de influência do empreendimento .....	129
Quadro 5.24: Síntese da Aptidão das Terras para Irrigação da Área de Influência Indireta .....	135
Quadro 5.25: Dados fisiográficos da sub-bacia do rio de Itacarambi .....	145
Quadro 5.26: Intervalos considerados para a avaliação hidrológica .....	154
Quadro 5.27: Descrição dos pontos de amostragens das águas superficiais .....	173
Quadro 5.28: Limites de concentração dos parâmetros da Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas doces .....	177
Quadro 5.29: Resultados das análises físico-químicas e biológicas das águas superficiais .....	177
Quadro 5.30: Parâmetros de qualidade de água segundo classificação da Resolução nº 357/2005 do CONAMA.....	181
Quadro 5.31: Medições dos Níveis de Pressão Sonora .....	187
Quadro 5.32: Níveis de Critério de Avaliação para Ambientes Externos.....	191
Quadro 5.33: Avaliação dos Níveis de Ruído amostrados .....	191

## ANEXOS

Anexo 1: Laudos das amostragens de ar e certificados de calibração .....	197
Anexo 2: Laudos das amostragens de água superficial .....	211
Anexo 3: Certificado de calibração dos equipamentos de amostragem de ruído.....	231





# Capítulo 5

## Diagnóstico Ambiental





## 5. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

O Diagnóstico Ambiental traz a situação ambiental atual das áreas de influência da pavimentação da BR-135, subtrecho: Manga - Itacarambi, sob os aspectos físico, biótico e socioeconômico.

O Volume 2, aqui apresentado, contém o Diagnóstico do Meio Físico, já os diagnósticos dos meios biótico e socioeconômico compõem os volumes 3 e 4 do EIA, respectivamente.

### 5.1 Meio Físico

Este Item apresenta o Diagnóstico Ambiental do Meio Físico da Área Diretamente Afetada (ADA), bem como das Áreas de Influência Direta (AID) e Indireta (AII) para a implantação, pavimentação e melhorias da BR-135 que tem início no município de Manga, passa por São João das Missões, e finaliza no município de Itacarambi, no norte do Estado de Minas Gerais.

A Área Diretamente Afetada (ADA) compreende a área de uma faixa de 60 metros para cada um dos lados da rodovia que será submetida às intervenções diretas das obras de pavimentação e melhorias da rodovia.

A Área de Influência Direta (AID) foi definida como a área de uma faixa de 2km para cada um dos lados da rodovia, que estará sujeita às interferências impostas pelas obras e serviços realizados durante as obras de pavimentação e melhorias da rodovia.

A delimitação da AID e da ADA estão ilustradas na figura 5.1.

A Área de Influência Indireta (AII) é aquela real ou potencialmente ameaçada pelos impactos indiretos, decorrentes de alterações ocorridas na Área de Influência Direta (AID).

Para o meio físico, a AII foi considerada como sendo a área das sub-bacias hidrográficas seccionadas pela rodovia. Sendo assim, definiu-se como AII a área das sub-bacias dos afluentes da margem esquerda do rio São Francisco no trecho entre Manga e Itacarambi, onde se destaca a sub-bacia do rio de Itacarambi, principal curso de água da região (figura 5.2).

#### 5.1.1 Clima

##### 5.1.1.1 Metodologia

O objetivo deste item é apresentar a caracterização climática da região que abrange os municípios de Manga, São João das Missões e Itacarambi, onde serão realizadas as obras de implantação, pavimentação e melhorias na BR-135.

As atividades referentes aos estudos climatológicos foram iniciadas pela coleta dos dados climatológicos disponíveis, a fim de auxiliar na caracterização climática regional e na avaliação do comportamento dos seus principais elementos.

O clima é uma integração das condições meteorológicas de uma região para um determinado período. Para a caracterização do clima são necessárias extensas e frequentes observações do tempo que vão fundamentar as Normais Climatológicas, as quais são as médias para o período de 30 anos de dados meteorológicos.

A caracterização climática da região de abrangência do empreendimento foi realizada com base nos registros gerenciados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) constantes na publicação "Normais Climatológicas do INMET (1961-1990) - Departamento Nacional de Meteorologia, Secretaria Nacional de Irrigação - Ministério da Agricultura e Reforma Agrária, Brasília-DF, 1992", correspondente ao período 1961-1990. Além dos dados constantes nesta publicação também utilizou-se para a presente caracterização, normais climatológicas disponibilizadas pelo 5º Distrito de Meteorologia (DISME), de Belo Horizonte, correspondentes ao período 1976-1990.

As normais climatológicas do período 1961-1990 reúnem médias mensais e anuais de precipitação total, pressão atmosférica média, temperatura média do ar, umidade relativa média do ar, nebulosidade e insolação total, todas elas obtidas a partir das médias mensais e anuais dos valores diários. Com exceção da temperatura média do ar, as normais disponibilizadas pelo 5º DISME reúnem os mesmos parâmetros climáticos. Dentre as estações disponíveis foram selecionadas as relativas ao vale do rio São Francisco e algumas estações próximas à AII do empreendimento para melhor entendimento e identificação da condição climática (quadro 5.1 e figura 5.3).



Fig 5.1

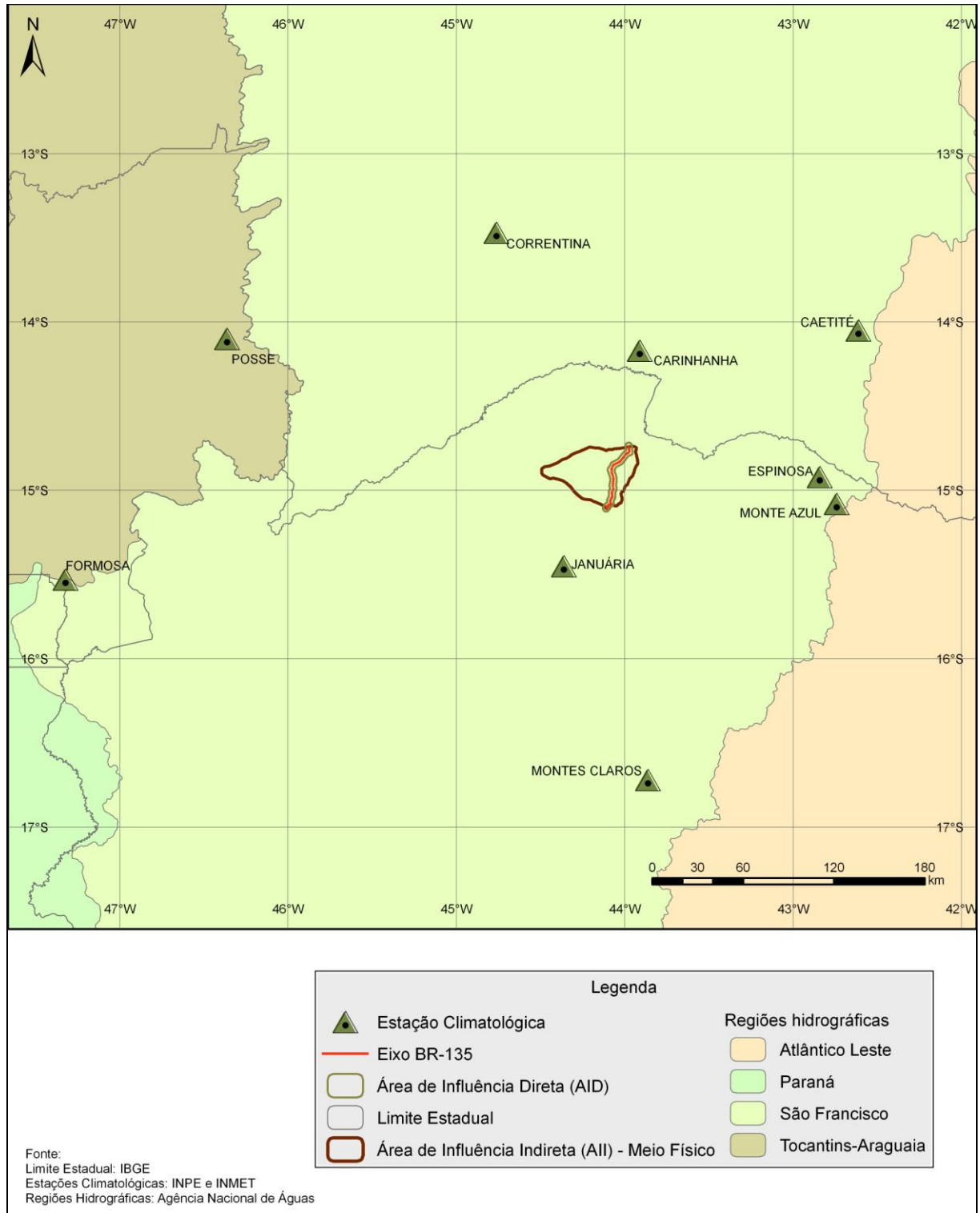


Fig 5.2





A figura 5.3 apresenta o mapa de localização das estações climáticas dos estados de Minas Gerais (MG), Bahia (BA) e Goiás (GO). As altitudes de cada estação estão apresentadas no quadro 5.1.



**Figura 5.3: Estações meteorológicas selecionadas para caracterização climática regional**

**Quadro 5.1**  
**Altitudes das estações climatológicas utilizadas na caracterização climática regional.**

Estação	Altitude (m)
Correntina	586,96
Carinhanha	440,11
Caetité	882,47
Espinosa	569,84
Formosa	912,10
Januária	473,71
Montes Claros	646,29
Monte Azul	603,63
Posse	825,64

De acordo com os dados disponíveis, foram avaliadas as seguintes variáveis climáticas:

- Precipitação média mensal;
- Temperatura do ar;
- Pressão atmosférica;
- Umidade relativa do ar;
- Evaporação;
- Insolação;
- Nebulosidade;
- Balanço hídrico; e,
- Regime dos Ventos.

#### 5.1.1.2 Caracterização Climática Regional

As condições gerais do tempo meteorológico atuante em uma região estão relacionadas aos mecanismos de escala global, oriundos da circulação geral da atmosfera. Daí, qualquer tentativa de entendimento da dinâmica atmosférica sobre uma área deve iniciar-se com uma visão mais global, na qual a localidade de interesse esteja inserida (VIANELLO, R. L. & MAIA, L. F. P. G, 1986). No caso presente, tentou-se visualizar as características dominantes sobre a porção norte de Minas Gerais e circunvizinhanças, a fim de entender melhor o comportamento climático na área de estudo.

As configurações topográficas, as altitudes dominantes, a latitude, a longitude e a continentalidade associadas ao estado de Minas Gerais são também importantes nesta análise. Pela diversidade desses fatores, sabe-se que Minas Gerais é caracterizado por grande diversidade de climas, dos úmidos aos semi-áridos, dos continentais quentes aos climas amenos montanhosos. Suas altitudes apresentam valores que oscilam entre 250m a 2.700m, com paisagens vegetais igualmente diversificadas - campos limpos, contrastando com florestas exuberantes, ao lado de extensas áreas cobertas por cerrados e até mesmo caatingas. Todas essas diversificações fisiográficas interagem com a circulação atmosférica, justificando a presença de microclimas variados (VIANELLO, R. L. & MAIA, L. F. P. G, 1986).

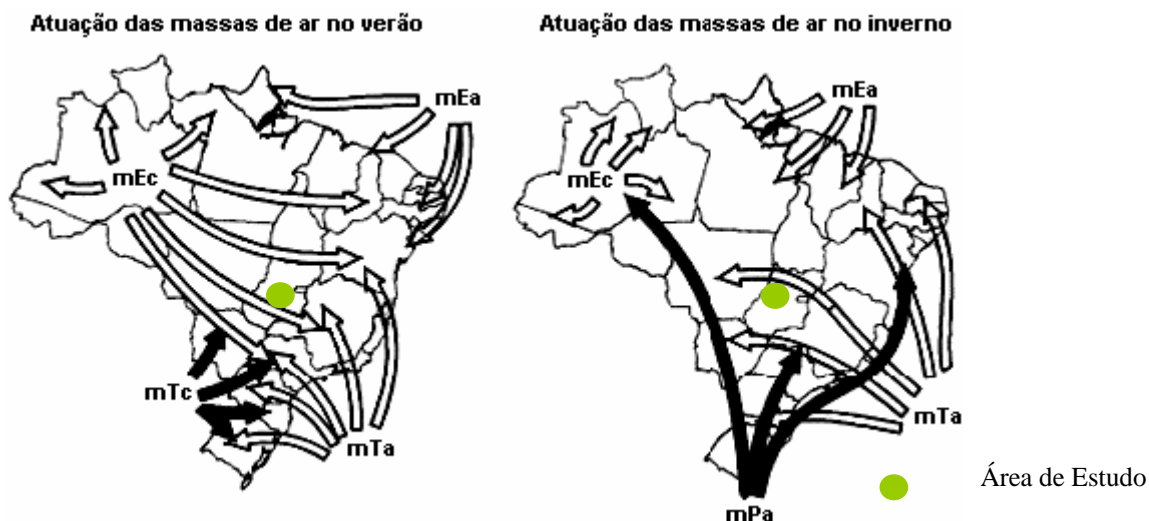
De forma usual, considera-se que os fenômenos naturais apresentam-se com certa estruturação nas variações entre localidades vizinhas, desta forma pode-se dizer que as variações climáticas apresentam algum grau de dependência espacial e/ou temporal. Nesse sentido, considerando as características altimétricas, geomorfológicas, de vegetação e a localização as estações climatológicas existentes e apresentadas na figura 5.3, optou-se caracterizar a região do empreendimento utilizando-se os parâmetros climatológicos das estações Carinhanha (BA) e Januária (MG), localizadas em um raio inferior a 100km da AII. Salienta-se que para a distribuição espacial da precipitação média no verão e no inverno foram consideradas todas as estações do quadro 5.1 para interpolação dos dados pelo método da *krigagem*. Este procedimento possibilita a estimativa de valores de variáveis espacialmente distribuídas a partir de valores adjacentes considerados como interdependentes pelo semivariograma utilizado, o que justifica a consideração da totalidade das estações.

Segundo Conti (1997) apud IBAMA (2003), no Brasil existem 02 (dois) principais domínios climáticos (tropical e continental) que são constituídos por 06 (seis) tipos de clima, sendo eles: (i) clima equatorial

úmido, (ii) equatorial semi-úmido; (iii) semi-árido; (iv) subtropical; (v) tropical de altitude; e, (vi) tropical; estes dois últimos, predominantes no Estado de Minas Gerais.

Segundo a classificação de KÖPPEN, o clima da região é o Tropical Continental e situa-se entre Aw - Tropical Chuvoso de Savana, podendo ser caracterizado como quente e seco com inverno seco.

A figura 5.4 apresenta a atuação das massas de ar de acordo com as variações sazonais climáticas do Brasil.



**Figura 5.4: Atuação das massas de ar de acordo com as variações sazonais.**

Fonte: Disponível em: <http://www.anglopiracicaba.com.br/fileupload//siteanglo/dominios.doc>.

Para a região do empreendimento se faz presente a atuação das seguintes massas de ar:

- MASSA TROPICAL ATLÂNTICA (mTa) – quente e úmida, com progressiva perda da umidade por efeito da continentalidade. Origina-se no Atlântico Sul, junto ao Trópico de Capricórnio, atua principalmente na faixa litorânea. É uma massa atuante durante grande parte do ano, com correntes na direção leste-oeste e de leste à nordeste, responsáveis pela estabilidade atmosférica da região, a qual é instabilizada no verão.
- MASSA EQUATORIAL CONTINENTAL (mEc) - Originada na Amazônia Ocidental, no verão, em decorrência do recuo da Massa Polar Atlântica (mPa) e da elevada temperatura no centro do país (baixa pressão), avança até o Centro-oeste, o Sudeste e parte do Nordeste e Sul, provocando chuvas de convecção ou evaporação. É uma massa de ar responsável pelo aquecimento e aumento da umidade na região. No inverno, devido ao avanço da mPa, sua ação fica restrita a sua área de origem;
- MASSA POLAR ATLÂNTICA (mPa) – fria e úmida. Originária da região sub-Antártida (próximo a Patagônia Argentina), no verão tem influência discreta nos tipos de tempo, podendo resultar em chuvas frontais no sul/sudeste. Entretanto, no inverno sua influência é significativa, se subdividindo em três ramificações, sendo que na área de interesse da BR-135 em Minas Gerais, considera-se seu deslocamento pelo sul/sudeste, ocasionando instabilidade (chuvas frontais) e, principalmente, a queda drástica da temperatura.
- MASSA TROPICAL CONTINENTAL (mTc) – É a massa de ar responsável pelo aquecimento da região. Formada na depressão do Chaco/Pantanal, e por se localizar numa área de passagem da mEc e da mPa, sofre influências destas massas. No verão, em decorrência do choque com a mEc, o tempo torna-se chuvoso e quente. No inverno, por sua vez, sua ação é reduzida, sendo que o contato com a mPa, implica em condições de tempo mais frios e secos.

Assim, verifica-se durante a estação de verão a atuação das mTa e mEc na região de estudo, com influência ainda da mTc para este período. Já durante a estação de inverno predomina a mTa com ocorrência da mPa. O encontro das massas de ar, nas suas configurações sazonais, promove a alteração das características pluviométricas bem como da nebulosidade e irradiação solar (IBAMA, 2003).

No período considerado chuvoso ou úmido (outubro a março), representativo do verão, tem-se o predomínio da mEc, concomitantemente, a um maior aquecimento continental que favorece o fortalecimento da mTc (IBAMA, 2003). No verão são raras as frentes que atingem o interior de MG. No inverno, ao contrário, os sistemas frontais são predominantes neste Estado, provocando chuvas fracas e

rápidas em suas passagens, seguidas de queda na temperatura, especialmente sob o domínio do Anticiclone Polar migratório.

No inverno, o deslocamento do Anticiclone (mTa) para o continente acaba induzindo o fenômeno de subsidência, responsável por céu azul, ausência de chuvas e favorecimento de condições agravantes da poluição atmosférica (VIANELLO, R. L. & MAIA, L. F. P. G, 1986).

No período seco (abril a setembro) ocorre o predomínio das mTa e mPa, com preponderância dinâmica da da mTa que, por ser formada sobre o oceano, caracteriza-se, basicamente, como uma massa de ar quente, úmida e instável. A mTa na sua trajetória em direção ao litoral brasileiro, choca-se com a barreira formada pelo relevo da Serra do Mar, perdendo parte de sua umidade por condensação, provocando chuvas na faixa litorânea e apresenta-se mais seca já em sua chegada ao interior do continente (IBAMA, 2003).

As frentes frias (mPa), originárias do deslocamento das massas polares em direção às baixas latitudes são os sistemas transientes dominantes nas latitudes médias.

De acordo com o Ministério da Integração Nacional (MI) os 03 (três) municípios onde se encontra o empreendimento estão sob a influência do tipo climático denominado de Semi-árido, juntamente com outros 82 municípios do Estado de Minas Gerais (Figura 5.5). Segundo o MI, neste espaço a precipitação pluviométrica média anual é inferior a 800mm, o índice de aridez é de até 0,5 e existe um risco de seca maior que 60%. Trata-se de um espaço sujeito a repetidas crises de prolongamento da estiagem, com má distribuição das chuvas anuais e altas taxas de evaporação que resultam no fenômeno das secas ocorrentes periodicamente.



**Figura 5.5: Municípios do Estado de MG pertencentes ao Semi-árido.**

Fonte: MI (2005).



### 5.1.1.3 Precipitação

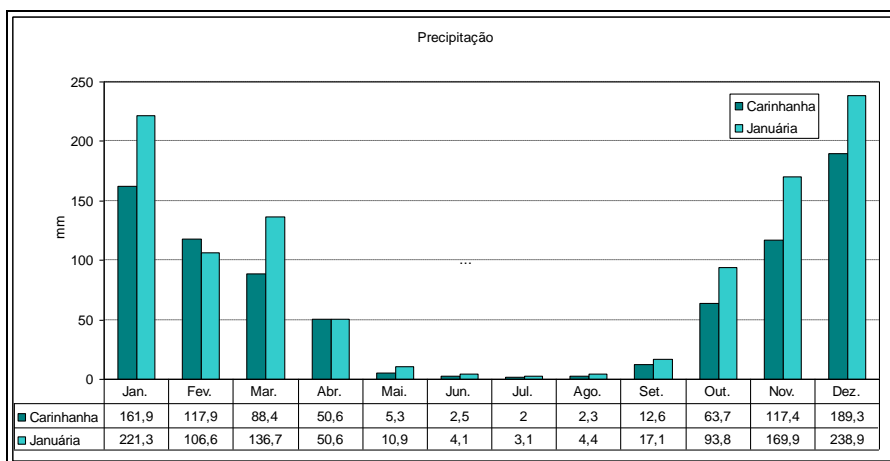
A quantidade de chuva precipitada, em uma determinada região, é usualmente representada em milímetros e medida em um determinado intervalo de tempo. O sucesso ou fracasso de um empreendimento pode estar ligado às características do regime de chuvas de uma determinada região, fazendo com que o conhecimento do comportamento desse atributo seja de grande relevância nos planejamentos urbanos, agrícolas e ambientais.

O conhecimento da distribuição espacial e temporal das precipitações é fundamental no manejo dos recursos hídricos e no planejamento dos processos hidrológicos.

No Estado de Minas Gerais, devido à grande extensão territorial e o relevo bastante acentuado em parte do território, o padrão de distribuição espacial da precipitação apresenta grande diversificação. No entanto, algumas características são comuns a praticamente todas as regiões como: dois períodos bem definidos sendo um chuvoso no verão e o outro seco no inverno. E a precipitação que, em quase sua totalidade, concentra-se em seis ou sete meses do ano, sendo o trimestre dezembro a fevereiro responsável por mais de 50% do total anual (CUPOLILLO et al., 1996).

A distribuição média das chuvas no estado de Minas Gerais, basicamente é mais incidente sobre as porções sul, sudoeste, oeste e noroeste, registrando volumes médios acima de 1.400mm anuais. Embora a circulação atmosférica das massas de ar seja o principal responsável pelo clima regional, essa diferença dos volumes de chuva entre as duas porções geográficas extremas do estado, pode ser atribuída, em parte, também, pela influência das características climáticas da zona semi-árida nordestina sobre a porção nordeste de Minas Gerais. Esta zona apresenta escassa pluviosidade dentro do próprio domínio tropical, com influência direta sobre as áreas do curso médio do rio São Francisco.

Conforme se observa na figura 5.6, na região do empreendimento a precipitação não é bem distribuída ao longo do ano, pois o período de abril a setembro (inverno) registra os menores índices pluviométricos, e entre outubro a março (verão) ocorrem as mais expressivas concentrações. A média anual do volume de chuva na estação climatológica Carinhanha é de 814mm, o menor índice pluviométrico foi registrado no mês de julho (2mm) e o volume máximo em dezembro (189,3mm). Januária, com um comportamento semelhante à Carinhanha, registrou o menor índice pluviométrico em julho (3,1mm), o maior em dezembro (238,9mm). Todavia, o volume médio anual de chuva é da ordem de 1.057,4mm, ou seja, 243,4mm acima da estação Carinhanha.



**Figura 5.6: Precipitação média mensal (mm).**

No inverno, com o resfriamento do continente e o fortalecimento dos anticiclones polares, as frentes frias são os únicos mecanismos capazes de provocar chuvas significativas em Minas Gerais e, muitas vezes, chegam a alcançar latitudes bem baixas. Entretanto, ao deslocar-se, a massa polar vai se tornando cada vez mais seca. Com isso, a precipitação é escassa, exceto nas cotas mais altas onde a presença de umidade é elevada, facilitando os processos pluviais (VIANELLO, R. L. & MAIA, L. F. P. G., 1986).

Há de se mencionar ainda a ocorrência de precipitações convectivas, de alta intensidade e curta duração, porém, de pequeno alcance espacial, que produz eventos de chuva erosivos de magnitude considerável no estado, especialmente nas regiões mais quentes e úmidas (MOREIRA, 2002 apud Mello et al.).

Na figura .7 e na figura 5.8 ilustram-se a distribuição espacial da precipitação durante os meses de verão e inverno, respectivamente. Nos meses de verão (outubro a março) a região do empreendimento apresenta uma variação do volume médio de chuva entre 680 a 860mm e, no inverno (abril a setembro), uma variação entre 71 a 84mm.

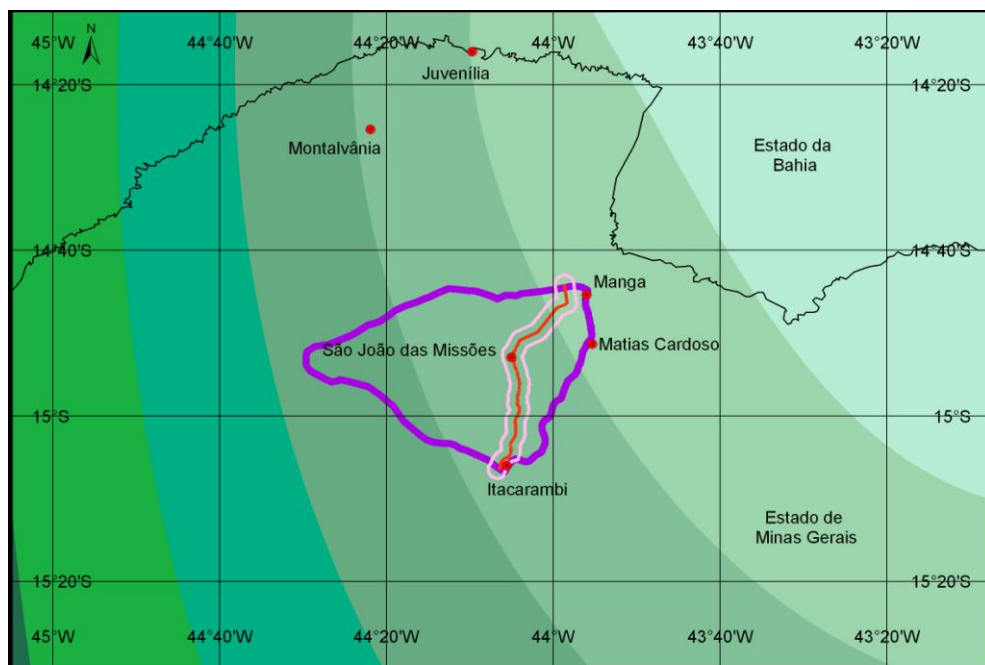


Figura 5.7: Distribuição espacial da precipitação média durante o verão (outubro a março).

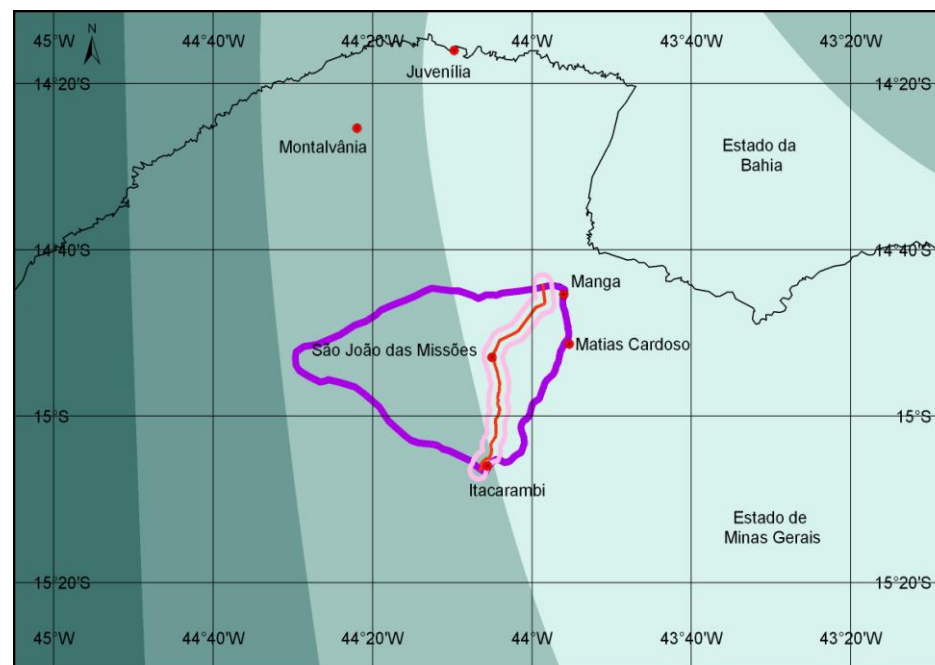


Figura 5.8: Distribuição espacial da precipitação média durante o inverno (abril a setembro).



#### 5.1.1.4 Temperatura do Ar

De acordo com o Plano de Manejo do Parque Nacional Cavernas do Peruaçu, o comportamento térmico no estado de Minas Gerais manifesta-se de forma diferenciada no verão e no inverno. Registros térmicos analisados neste Plano indicam que ocorre uma amplitude térmica anual de 5,4°C (mínima de 18°C e máxima de 23,4°C) com uma variação sazonal bem marcada entre os meses de inverno e verão, quando as médias são entorno de, respectivamente, 19°C (mínima de 15,7°C e máxima de 23°C) e 23°C (mínima de 19,7°C e máxima de 26,6°C).

Ainda segundo o supracitado Plano de Manejo, a temperatura média estadual apresenta uma tendência de temperaturas mais elevadas nas suas porções nordeste/leste, registrando valores médios superiores a 22°C numa faixa que se estende pela porção norte, noroeste e oeste, enquanto que na sua porção centro/sul/sudoeste, as temperaturas médias mantêm-se inferiores a 22°C.

O quadro 5.2 apresenta o comportamento do elemento temperatura, em termos de médias mensais, na estação Carinhanha representativa do comportamento térmico da região do empreendimento. Neste quadro evidenciam-se os valores médios observados no Plano de Manejo do Parque Nacional Cavernas do Peruaçu para a porção norte do estado de Minas Gerais. Salienta-se que os dados da estação Januária não estão apresentados para este elemento climático, pois de acordo com o 5º Disme não dispõe de normais para este parâmetro.

**Quadro 5.2**  
**Temperatura média mensal (°C)**

Temperatura (°C)	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Média anual (°C)
Carinhanha	25,2	25,8	25,7	25,1	24,4	22,4	22,6	24,5	26	26,4	26,1	25,8	25
Januária	Conforme abordado anteriormente, a estação Januária não dispõe de normais climatológicas referente ao parâmetro Temperatura.												

Ao contrário do que ocorre com as precipitações a variabilidade das temperaturas ao longo do ano é bastante inexpressiva, em termos de médias mensais. Os valores médios anuais das temperaturas registradas variam entre 22,4°C em junho (inverno) e 26,4°C em outubro, no início do verão. Registra-se uma temperatura média anual de 25°C.

Durante o período de inverno (abril/setembro) a menor temperatura média mensal foi de 22,4°C, registrada no mês de junho e, a maior, de 26,4°C registrada no mês de outubro.

Evidencia-se a variação sazonal da temperatura a partir do mês de maio à agosto, período representativo da estação de inverno. As variações são influenciadas, tanto pela ação da massa de ar Equatorial (mEc) e Tropical continentais (mTc) como também, pelo aquecimento da superfície continental que é mais forte neste período, favorecendo a formação das massas continentais convectivas.

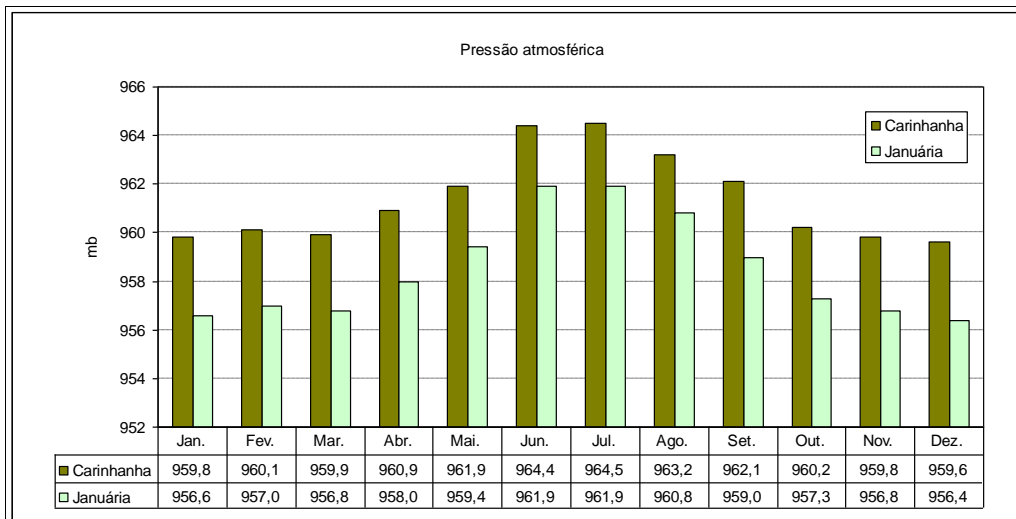
#### 5.1.1.5 Pressão Atmosférica

A figura 5.9 apresenta a variação sazonal da pressão atmosférica conforme as normais climáticas existentes.

Do ponto de vista regional a pressão atmosférica anual nas estações Carinhanha e Januária são expressivamente semelhantes, sendo da ordem de, respectivamente, 961,4hPa e 958,5hPa, e não apresentam variações expressivas ao longo do ano.

Conforme é possível observar no gráfico a estação Carinhanha registrou, em todos os meses, mais expressivos índices de pressão atmosférica, quando comparada à Januária. Em ambas, o trimestre junho-agosto foram os mais significativos, período no qual as precipitações e as temperaturas são reduzidas.

Portanto, as altas pressões correspondem ao período de inverno, onde se verifica uma menor nebulosidade em comparação aos meses de verão, os quais são associados às baixas pressões atmosféricas em conjunto com a estação das chuvas e maior nebulosidade.



**Figura 5.9: Pressão atmosférica (hPa).**

### 5.1.1.6 Umidade Relativa do Ar

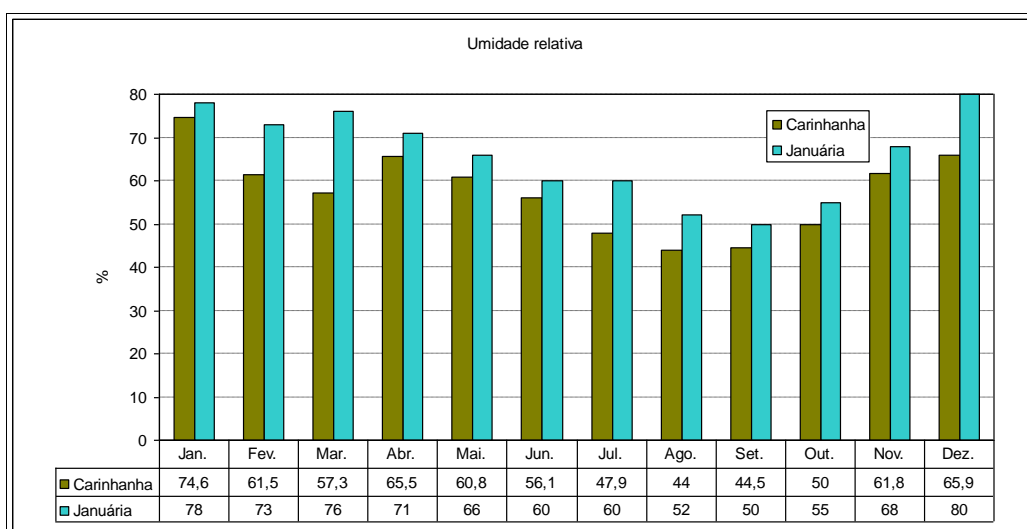
De acordo com o Plano de Manejo do Parque Nacional Cavernas do Peruaçu os padrões de distribuição média da umidade relativa do ar nas porções sul e norte do Estado são expressivamente distintos. Os registros evidenciam que a porção sul apresenta um ambiente potencialmente mais propício à saturação do ar do que a porção norte. A umidade relativa, entre outros agentes, é controlada pela temperatura, tendendo a ser mais baixa nos ambientes onde a temperatura média apresenta-se mais elevada, portanto, com maior capacidade evaporativa do ar.

Os registros climatológicos das estações observadas indicam que o padrão de distribuição da umidade relativa do ar na região do empreendimento está associada ao regime de chuvas e à temperatura. Além disso, as variações sazonais de umidade relativa também estão relacionadas com o deslocamento do sistema de alta pressão (mTa). Dessa forma, a umidade do ar em ambas as estações analisadas, Carinhanha e Januária, é relativamente superior nos meses que correspondem ao verão (outubro a março).

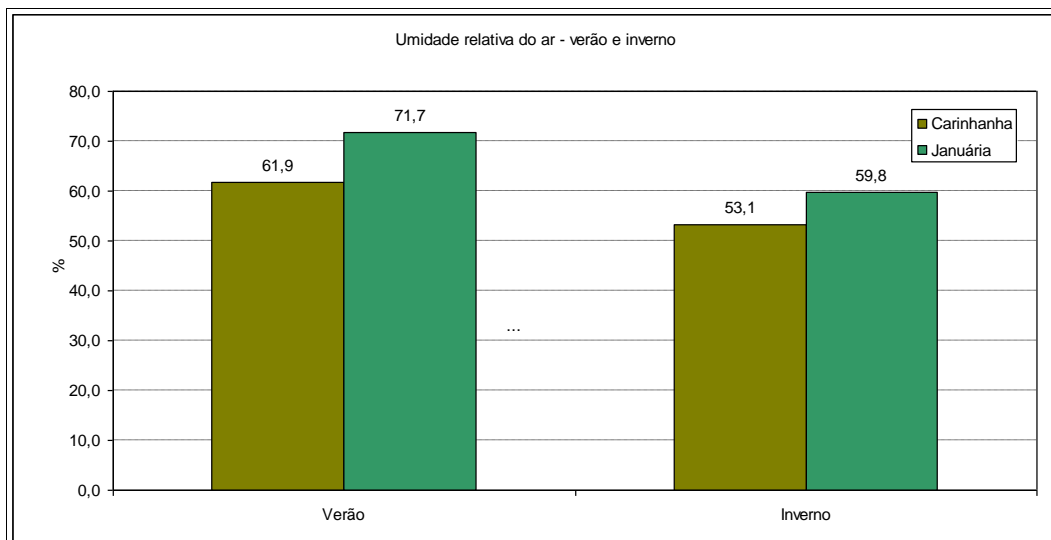
Os verões apresentam uma atmosfera mais homogênea, com valores médios da umidade relativa do ar acima dos 60% em ambas as estações observadas. Já no inverno ocorre uma diminuição gradativa da umidade relativa chegando ao valor mínimo das médias de 53,1% em Carinhanha e 59,8% em Januária. Tal observação coincide com o período de estiagem dos meses do inverno que por consequência reduz a disponibilidade hídrica para a saturação da umidade do ar.

A umidade relativa anual nas duas estações avaliadas são da ordem de, respectivamente, 57,5% e 66%.

O padrão de distribuição da umidade relativa do ar por mês em cada estação climatológica, bem como no verão e inverno estão graficamente ilustrados na figura 5.10 e na figura 5.11.



**Figura 5.10: Umidade relativa do ar (%).**



**Figura 5.11: Umidade relativa média do ar – verão e inverno (%).**

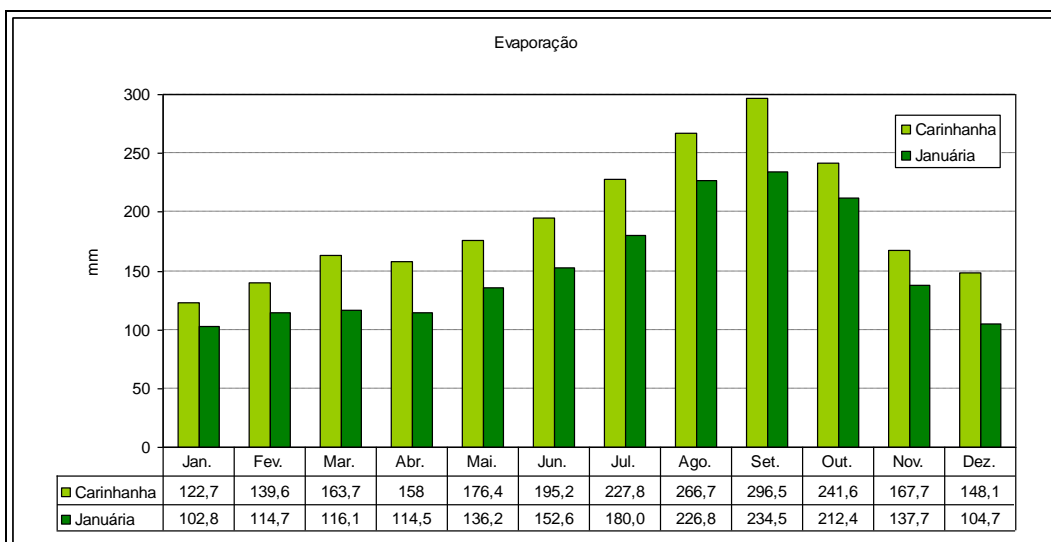
### 5.1.1.7 Evaporação

No que se refere ao elemento evaporação observa-se uma sazonalidade marcada em termos de médias mensais, acompanhando as tendências verificadas para a temperatura média (°C) e para a insolação, esta última apresentada a seguir.

Na figura 5.12 é possível observar o comportamento da evaporação, em termos médios mensais para o período 1961-1990.

Em todas as estações climatológicas consultadas o comportamento dinâmico da evaporação é marcado pela estabilidade volumétrica no período correspondente ao verão (outubro a março), com um incremento progressivo dos volumes evaporados a partir do início do inverno (abril a setembro). O inverno, uma vez associado com a estação de estiagem, somado com o incremento da evaporação registrada para o período contribui para a condição de *stress* hídrico.

A evaporação anual na estação de Carinhanha é de 2.304,1mm e na de Januária de 1.833,0mm.



**Figura 5.12: Evaporação total (mm).**

A evaporação ou demanda atmosférica, é alta quando o déficit de saturação de umidade do ar (figura 5.10) é alto. Maiores velocidades do vento também são responsáveis pelo aumento da evaporação.

Nas superfícies cobertas por vegetação ocorrem simultaneamente evaporação e evapotranspiração (evaporação das águas superficiais mais a transpiração das plantas). O processo de evapotranspiração é diretamente relacionado com as seguintes condições de interação climática, do solo e vegetação:

- Disponibilidade de energia (insolação dependente do local e época do ano)
- Localização: latitude, longitude e relevo
- Demanda atmosférica
- Suprimento de água do solo às plantas (depende das propriedades do solo como granulometria e textura)
- Albedo (reflectividade) da superfície

A condição de cobertura vegetal do solo entre uma área extensa vegetada e com umidade disponível, envolta por uma área seca, onde ambas situam-se sob a mesma condição meteorológica apresenta balanço de energia diferenciado entre as mesmas. Na área úmida e vegetada, o suprimento de água pelo solo permite o processo de evapotranspiração, de forma a consumir a energia fornecida ao meio, resultando no menor aquecimento atmosférico. Já na área seca, a evapotranspiração é limitada pelo solo e a insolação é responsável direta pelo aquecimento do solo e do ar.

O processo resultante é chamado de advecção, caracterizado pelo gradiente térmico entre as duas áreas, com formação de correntes de ar e transporte de energia em forma de calor da área seca à área vegetada e úmida.

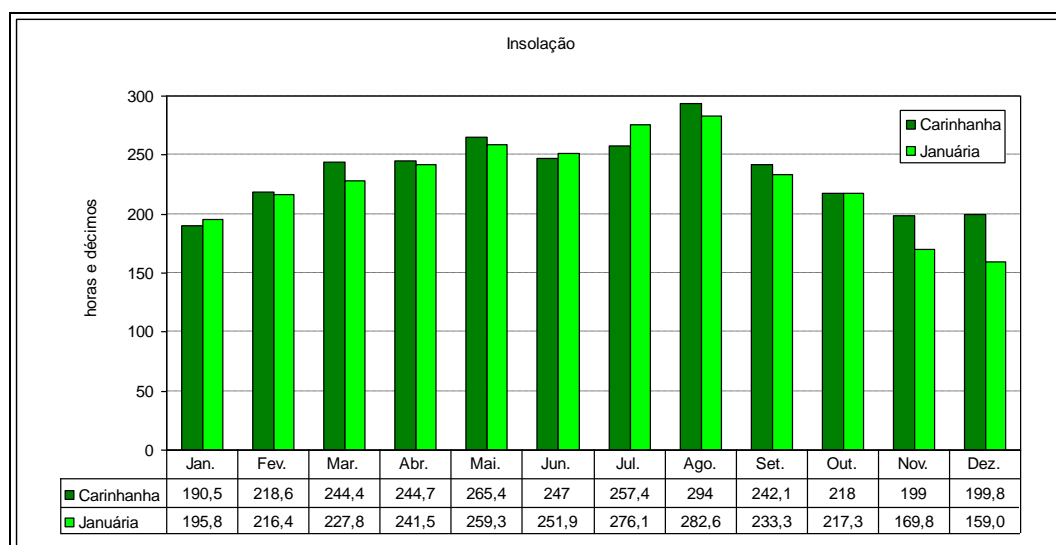
De acordo com a definição dos processos advectivos, conclui-se que frente à possíveis alterações ambientais de supressão da vegetação com exposição dos solos o possível resultado ao meio é caracterizado pela alteração do micro clima, podendo ainda ser estendida a alterações em âmbitos regionais dependendo da escala das alterações.

#### 5.1.1.8 Insolação e Nebulosidade

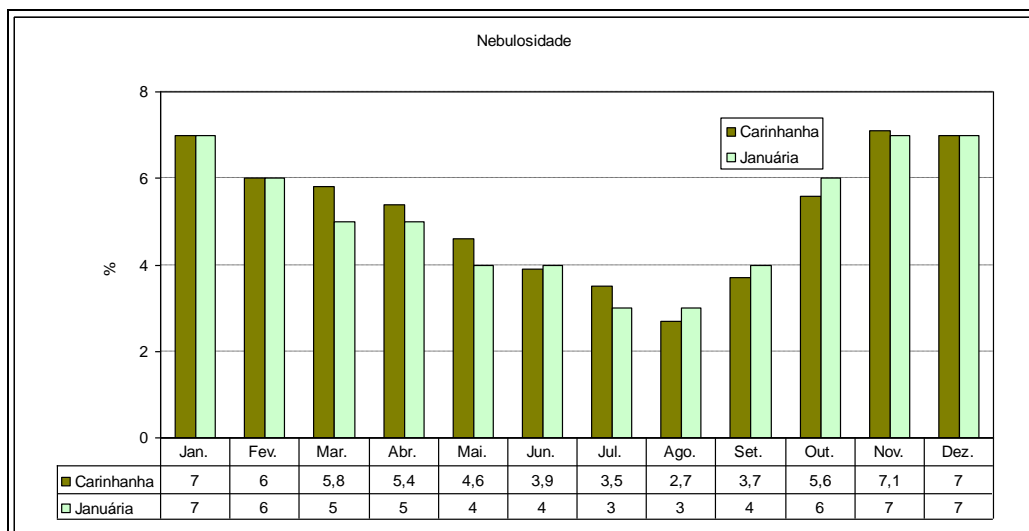
A formação das nuvens é um processo dinâmico, relacionado com o aquecimento da superfície durante os meses do verão e ocorre por meio dos processos convectivos na interface do solo e atmosfera. Assim o período de verão é associado à maior ocorrência de nebulosidade, com a formação de nuvens e por consequência a saturação da umidade relativa do ar que é disponibilizada para eventos de chuvas.

Conforme se observa na figura 5.13 e na figura 5.14 a relação entre a insolação e a nebulosidade nas estações avaliadas é direta, porém inversamente proporcional.

Assim sendo, no período correspondente ao verão (outubro a março) a região registra as menores horas e décimos de insolação, período no qual ocorrem os maiores volumes de chuva. Com a entrada do inverno (abril a setembro), a partir do mês de abril as horas de insolação aumentam e declinam-se os percentuais de nebulosidade, período este com menores índices pluviométricos. Do ponto de vista anual os índices de insolação não apresentam variações expressivas entre as estações avaliadas. Carinhanha registrou 2.821 horas de insolação anual e 5,2% de nebulosidade. Januária apresentou 2.730,8 horas de insolação no ano e um índice de nebulosidade de 5%.



**Figura 5.13: Insolação média mensal (horas e décimos).**



**Figura 5.14: Nebulosidade mensal (%).**

### 5.1.1.9 Balanço Hídrico

O balanço hídrico tem sido necessário nos vários campos científicos que tratam das numerosas atividades que envolvem a utilização de água, tais como controle do intervalo de irrigação, planejamento dos recursos hídricos, classificação climática, cálculos de vazão, previsão de enchentes, previsão de incêndios florestais, entre outros.

A chuva e a evapotranspiração são elementos meteorológicos de sentidos opostos, expressos em milímetros pluviométricos. Esses parâmetros quando calculados para o balanço hídrico climático, fornecem dados de deficiências e de excedentes hídricos, essenciais nas pesquisas e trabalhos agrometeorológicos (THORNTHWAITE, 1948).

Para se estimar meteorologicamente as disponibilidades de água no solo não é possível se basear apenas em dados de precipitação, ou seja, nas quantidades de umidade que recebe da atmosfera. Torna-se necessário levar em conta também as perdas de água do solo para a atmosfera, que se verifica normalmente pela evaporação e transpiração das plantas, ou seja, pela evapotranspiração. A comparação dos dados desses dois processos meteorológicos opostos é que permite, através de um sistema de balanço hídrico, estimar com aceitável precisão os dados sobre as disponibilidades de água no solo.

A evaporação é o conjunto de fenômenos de natureza física que transformam em vapor a água da superfície do solo, a dos cursos de água, lagos, reservatórios de acumulação e mares. A transpiração é a evaporação devida à ação fisiológica dos vegetais. As plantas, através de suas raízes, retiram do solo a água para suas atividades vitais. Parte dessa água é cedida à atmosfera, sob a forma de vapor, na superfície das folhas. Ao conjunto das duas ações dá-se o nome de evapotranspiração.

A evapotranspiração potencial é a máxima evapotranspiração que ocorreria se o solo dispusesse de suprimento de água por evaporação ou transpiração, nas condições reinantes (atmosféricas e de umidade do solo). Nos períodos de deficiência de chuva em que os solos tornam-se mais secos, a evapotranspiração real é sempre menor do que a potencial.

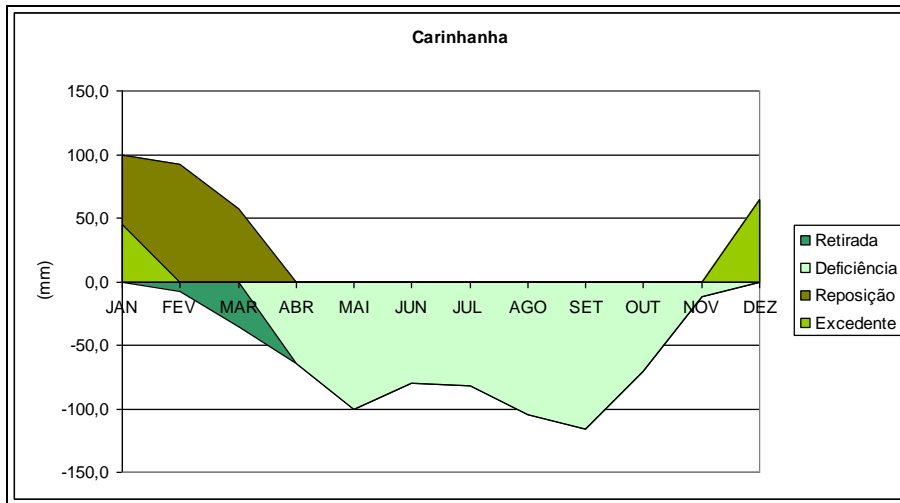
Para a elaboração do balanço hídrico climatológico empregou-se o método de Thornthwaite e Mather (1955). Como capacidade de água disponível (CAD) utilizou-se o valor de 100mm, e a evapotranspiração potencial foi estimada pelo método de Thornthwaite (1948).

Devido a não disponibilidade de dados de temperatura da estação Januária para a avaliação do balanço hídrico da região adotou-se além das informações da estação Carinhanha, aquelas da estação Espinosa, devido a sua proximidade ao empreendimento e à altimetria.

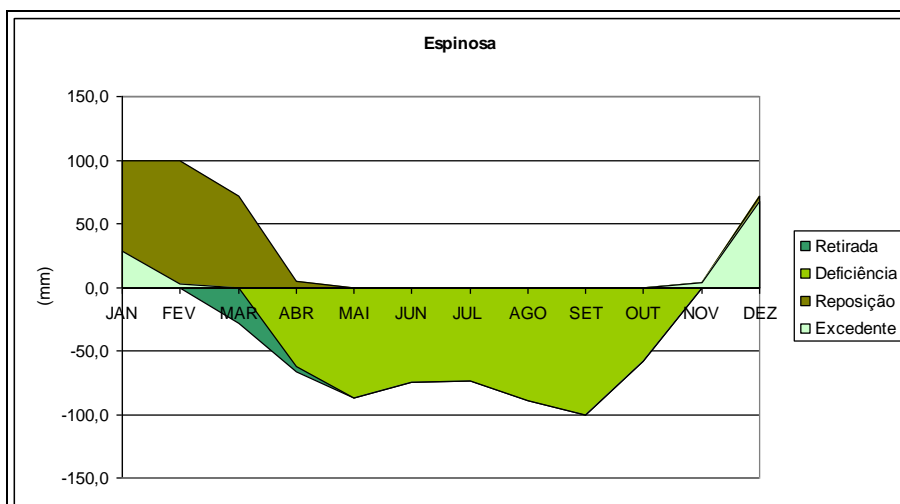
Os resultados do balanço hídrico mensal estão graficados na figura 5.15 e na figura 5.16, nos quais “deficiência” é a diferença entre a Evapotranspiração de Referência (ETP) e a Evapotranspiração Real (ETR), “excedente” representa a água que sofre percolação profunda ou escoamento superficial, “retirada” ocorre quando a precipitação for menor do que a evapotranspiração de referência e quando for maior há a “reposição”.

A partir das estações climatológicas consultadas, o balanço hídrico das médias mensais meteorológicas mostra que na região existem condições de maior disponibilidade hídrica nos meses de verão (outubro a março), período no qual ocorre maior percolação de água no solo, bem como maior escoamento superficial.

Do mesmo modo, observa-se que as condições de extremo déficit são expressivas nos meses de inverno (abril a setembro), o que está bastante coerente com a precipitação da região que neste período apresenta baixos índices pluviométricos e taxas mais altas de evaporação e de evapotranspiração.



**Figura 5.15: Balanço hídrico mensal - estação Carinhanha.**



**Figura 5.16: Balanço hídrico mensal - estação Espinosa.**

#### 5.1.1.10 Regime de Ventos

O vento é a parte horizontal do movimento das parcelas de ar. A velocidade do vento é a quantificação do movimento do ar numa unidade de tempo e pode ser medida de vários modos.

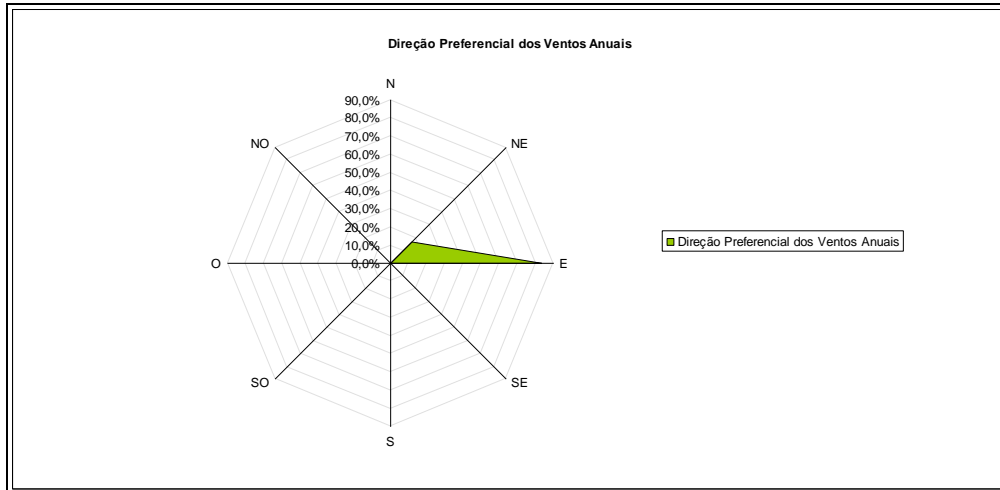
Apesar de sua aparente imprevisibilidade, o vento traduz uma contínua movimentação da atmosfera, resultante da circulação de massas de ar provocada pela energia radiante do Sol e pela rotação da Terra. Entre os principais mecanismos atuantes, destaca-se o aquecimento desigual da superfície terrestre, que ocorre tanto em escala global (latitudes e ciclo dia-noite) quanto local (mar-terra, montanha-vale).

A velocidade e a direção do vento determinam, em grande parte, o tamanho e a localização da área afetada por emissões de gases e material particulado ocorrentes no empreendimento, por condicionar a dispersão de poluentes.

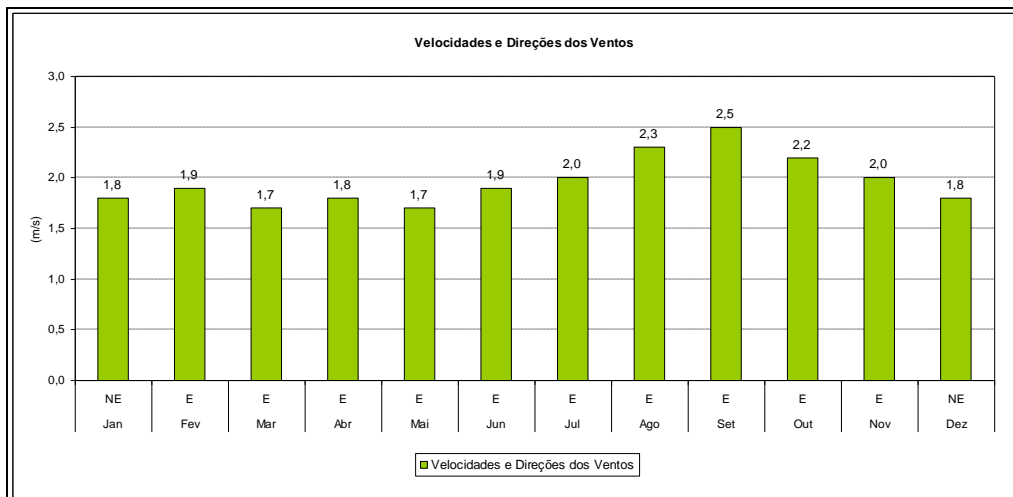
Conforme se observa na figura 5.17, na estação Januária os ventos preferencialmente assumem uma direção leste (E) ao longo do ano. As variações ocorrem nos meses de dezembro e janeiro. Nestes meses ocorrem na região ventos de direção nordeste (NE), e em ambos tem velocidades de 1,8m/s (figura 5.18). Nos meses de fevereiro a novembro os ventos são de direção leste (E). Neste período as maiores velocidades ocorrem no trimestre agosto-outubro cujo pico ocorre em setembro (2,5m/s) – figura 5.18. A média anual é de 2,0m/s.



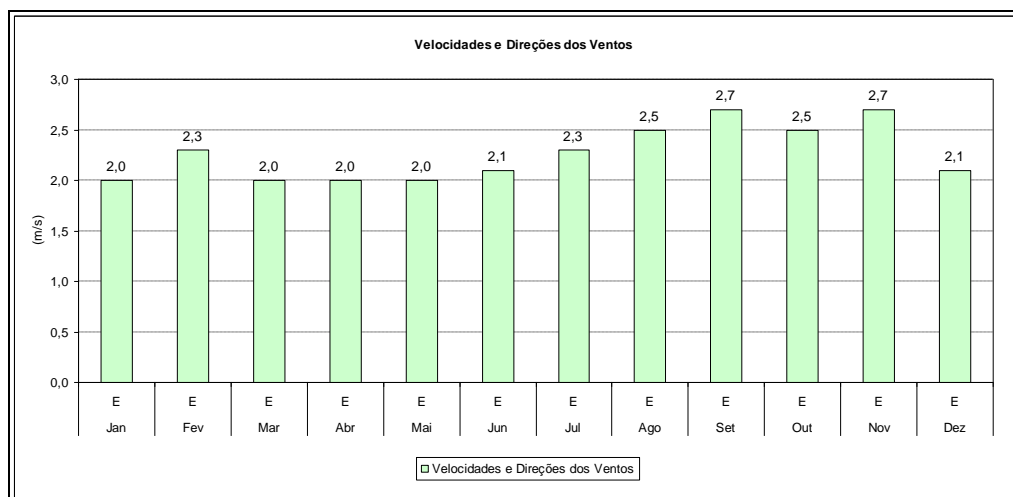
Os dados da estação Carinhanha, graficamente ilustrados na figura 5.19, permitem inferir que nesta estação os ventos têm uma única direção preferencial ao longo do ano, ou seja, direção leste (E), com uma velocidade média anual de 2,3m/s, e não há variações significativas de velocidade ao longo do ano. Os registros indicam que os picos ocorrem nos meses de setembro e novembro nos quais as velocidades atingem 2,7m/s, nos demais meses as velocidades são de 2,0m/s (janeiro, março, abril, maio), 2,1m/s (junho, dezembro), 2,3m/s (fevereiro, julho) e 2,5m/s (agosto, outubro).



**Figura 5.17: Direção Preferencial dos ventos anuais. Estação Januária.**



**Figura 5.18: Velocidade e direção do vento. Estação Januária.**



**Figura 5.19: Velocidade e direção do vento. Estação Carinhanha.**



### 5.1.2 Qualidade do Ar

Este item visa caracterizar a qualidade do ar e dar subsídios para futuros monitoramentos das condições atmosféricas nas áreas de influência da rodovia, considerando a presença, a distribuição espacial e os efeitos dos poluentes atmosféricos.

Uma variedade de poluentes presentes no ar é suspeita de causar efeitos nocivos à saúde humana e ao meio ambiente. Esses poluentes são provenientes, principalmente, de atividades humanas diárias, tais como queima de combustível fóssil pelos veículos a motor, processos industriais (indústria de papel, fundição de minério, refinarias de petróleo, termelétricas, incineradores etc.) e queima de combustíveis para geração de energia (gás, carvão e madeira) (WHO, 2000 apud GIODA e GIODA., 2006).

Segundo definição da Companhia Ambiental do estado de São Paulo (CETESB<sup>1</sup>) considera-se poluente qualquer substância presente no ar e que, pela sua concentração, possa torná-lo impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde, causando inconveniente ao bem estar público, danos aos materiais, à fauna e à flora ou prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade. Os poluentes atmosféricos podem ser tanto de origem antropogênica como proveniente de emissões naturais.

A interação entre as fontes de poluição e a atmosfera vai definir o nível de qualidade do ar, que determina por sua vez o surgimento de efeitos adversos (impróprio à saúde, inconveniente ao bem estar, danoso aos materiais e fauna e flora bem como prejudicial a segurança de uso e gozo da propriedade e atividades normais da comunidade) da poluição do ar sobre os receptores, que podem ser o homem, os animais, as plantas e os materiais.

O grupo de poluentes, reconhecidos pela CETESB, que servem como indicadores de qualidade do ar, adotados universalmente em razão da frequência de ocorrência e de seus efeitos adversos, são:

- Material Particulado (MP);
- Dióxido de Enxofre (SO<sub>2</sub>);
- Monóxido de Carbono (CO);
- Oxidantes Fotoquímicos, como o Ozônio (O<sub>3</sub>);
- Hidrocarbonetos (HC);
- Óxidos de Nitrogênio (NO<sub>x</sub>);

A qualidade do ar de uma região é influenciada diretamente pelos níveis de poluição atmosférica, os quais estão vinculados a um complexo sistema de fontes emissoras estacionárias (indústrias, queimadas, emissões naturais, etc.) e móveis (veículos automotores, aviões, trens, etc.). A magnitude do lançamento dessas emissões, seu transporte e diluição na atmosfera determinam o estado atual da qualidade do ar atmosférico.

Vários são os fatores que podem contribuir para o comprometimento da qualidade do ar respirado pela população, bem como causar alterações significativas nas condições de desenvolvimento da fauna e flora aí encontradas. Dentre esses fatores, o tráfego de veículos automotores destaca-se, em conjunto com as atividades industriais, como os principais agentes antrópicos que atuam, direta ou indiretamente, na alteração dos níveis da qualidade do ar oferecido às populações (AMORIM, 2004; CETESB, 2006 apud GIODA e GIODA., 2006).

As fontes emissoras de poluentes são numerosas e variáveis, podendo ser antropogênicas ou naturais. As fontes antropogênicas são as que resultam das atividades humanas, como a atividade industrial ou o tráfego automotivo, enquanto que as fontes naturais englobam os fenômenos da natureza (TORRES e MARTINS, 2005).

Os poluentes mais importantes, relacionados as fontes móveis, podem ser descritos conforme os itens listados a seguir:

- Material particulado

Representa um conjunto de poluentes constituídos de poeiras, fumaças e todo tipo de material sólido e líquido que se mantém suspenso na atmosfera por causa de seu pequeno tamanho. As principais fontes de emissão de particulado para a atmosfera são: veículos automotores, processos industriais, queima de biomassa, ressuspensão de poeira do solo, entre outros. O material particulado pode também se formar na atmosfera a partir de gases como dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>) e compostos orgânicos voláteis (COVs), que são emitidos principalmente em atividades de combustão, transformando-se em partículas como resultado de reações químicas no ar (CETESB<sup>1</sup>).

<sup>1</sup> Disponível em: [http://www.cetesb.sp.gov.br/Ar/ar\\_saude.asp](http://www.cetesb.sp.gov.br/Ar/ar_saude.asp).

O tamanho das partículas está diretamente associado ao seu potencial para causar problemas à saúde, sendo que quanto menores maiores os efeitos provocados. O particulado pode também reduzir a visibilidade na atmosfera.

- Partículas Totais em Suspensão (PTS)

São as partículas de diâmetro aerodinâmico menor que 50 $\mu$ m. Deste volume de material considera-se que parte pode ser inalável e pode causar problemas à saúde da população, outra parte pode afetar desfavoravelmente a qualidade de vida da população, de forma a interferir nas condições estéticas do ambiente e prejudicando as atividades cotidianas da população.

- Partículas Inaláveis (MP<sub>10</sub>)

Correspondem as partículas de diâmetro aerodinâmico menor que 10 $\mu$ m. São ainda distintas entre inaláveis finas (< 2,5  $\mu$ m) e inaláveis grossas (2,5 a 10  $\mu$ m). Diferenciam-se pelo local de deposição no sistema respiratório onde as finas depositam-se nos alvéolos pulmonares e as grossas ficam retidas na parte superior do sistema respiratório. A exposição crônica a esse poluente tem sido associada ao aumento nos índices de bronquite e doenças respiratórias com diminuição da função pulmonar e aumento do risco de contrair câncer pulmonar. As partículas sólidas podem ainda acometer os pulmões ocasionando pneumoconiose que é a doença pulmonar causada por inalação de poeiras (ROSEIRO, 2003 apud BATISTA, 2008). Assim sendo, constituem as partículas de interesse a saúde humana devido aos problemas de saúde relacionados pela exposição prolongada.

- Fumaça (FMC)

Refere-se ao material particulado suspenso na atmosfera proveniente dos processos de combustão, é analisado pela refletância da luz que incide na poeira.

A associação do material particulado aos outros gases presentes na atmosfera é um fator potencializador de efeitos negativos ao meio ambiente devido a sua associação, por exemplo, com o dióxido de enxofre do ar, reação a qual irrita o sistema respiratório.

A capacidade do material particulado de aumentar os efeitos fisiológicos dos gases presentes no ar é um dos aspectos mais importantes a serem considerados. Os efeitos de uma mistura de material particulado e dióxido de enxofre, por exemplo, são mais acentuados do que os provocados pela presença individualizada de cada um deles. Além disso, pequenas partículas podem absorver o dióxido de enxofre do ar e, com a água (umidade do ar), formar partículas contendo ácido, o que irrita o sistema respiratório e pode danificar as células que o protegem.

- Dióxido de Enxofre

A queima de combustíveis fósseis combinada com o oxigênio atmosférico origina a formação do dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) podendo ainda ser oxidado em trióxido de enxofre (SO<sub>3</sub>). Uma vez formado na atmosfera combinado com a água das chuvas e umidade existente na atmosfera propiciando a formação de ácidos como H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (ácido sulfúrico) e sais. Este é o processo clássico de formação das chuvas ácidas, responsáveis pela degradação do meio ambiente bem como das edificações e monumentos nas grandes cidades. Sua origem, devido às ações antropogênicas, provém da queima de combustíveis fósseis, de diversos processos industriais, e dos veículos movidos a diesel.

Em concentrações elevadas o SO<sub>2</sub> é responsável por irritação nas mucosas dos olhos e por problemas crônicos e agudos no aparelho respiratório com influência ainda no sistema cardiovascular. Em plantas é responsável pela redução da taxa de crescimento e de realização da fotossíntese em baixas temperaturas.

- Monóxido de Carbono

É um gás produzido em condições de combustão incompleta (na ausência de oxigênio), e/ou alta temperatura de carvão e compostos ricos em carbono como os derivados de petróleo.

Os efeitos da exposição dos seres humanos ao monóxido de carbono são associados à asfixia, devido a sua afinidade com hemoglobina sanguínea, cerca de 210 vezes maior do que com o próprio oxigênio. É um gás muito tóxico, mas inodoro, incolor e insípido, que se mistura facilmente no ar ambiente de uma habitação, sem que as possíveis vítimas tenham consciência de estar expostas a uma atmosfera suscetível de provocar intoxicações e mesmo a morte.

Outros gases ainda são considerados como poluentes atmosféricos, como o ozônio (O<sub>3</sub>), os óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>) e Hidrocarbonetos (HC).

A concentração de um poluente na atmosfera é medida pelo grau de exposição dos receptores como resultado final do processo de lançamento do mesmo por suas fontes de emissão e suas interações atmosféricas, físicas (diluição) e químicas (reações químicas), como pode observar no esquema a seguir da figura 5.20:



**Figura 5.20: Poluentes Atmosféricos e Interação com a Atmosfera e Receptores.**

Fonte: Adaptado de (TORRES, FILIPE T. P. & MARTINS, LUIS A., 2005).

Assim, mesmo que mantidas as fontes de emissão, a qualidade do ar pode variar em função das condições meteorológicas, resultando em uma maior ou menor diluição dos poluentes. Em estudos diversos observa-se que no inverno a qualidade do ar piora com relação aos parâmetros gás carbônico (CO), material particulado (MP), e dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), já que as condições meteorológicas, nesta estação, são mais desfavoráveis à dispersão dos poluentes (estabilidade atmosférica). A interação entre as condições atmosféricas e as fontes de poluição define o nível de qualidade do ar, que por sua vez determina o surgimento de efeitos adversos da poluição do ar sobre os receptores (TORRES e MARTINS, 2005).

A presença de material particulado na atmosfera urbana diminui a radiação solar, aumenta a concentração de núcleos de condensação, que intensificam as precipitações, provoca o “smog” fotoquímico, o qual reduz a visibilidade, além de provocar sujeira nas superfícies de casas e edifícios, móveis e objetos e, muitas vezes, sua corrosão.

O “smog” é uma mistura química de gases, que forma um denso nevoeiro. Os óxidos de nitrogênio (NOx), compostos voláteis orgânicos, dióxido de enxofre, aerossóis ácidos e gases, bem como o material particulado, formam parte desta névoa. Os gases provêm das indústrias, dos automóveis e inclusive das casas, devido aos processos de combustão. A reação destes compostos com a luz solar produz o chamado smog fotoquímico, cuja característica principal é a presença do ozônio no nível da terra, um composto que pode causar numerosos problemas de saúde. Substâncias tóxicas e cancerígenas podem ser absorvidas no material particulado, desencadeando ou agravando diversas patologias (TORRES e MARTINS, 2005).

### 5.1.2.1 Metodologia

A abordagem adotada para o estudo da qualidade do ar envolve o diagnóstico das condições atuais através da avaliação de condicionantes regionais, como as queimadas que freqüentemente ocorrem no cerrado, e o atual estado da rodovia, considerando a ausência de pavimento e o tráfego rodoviário existente.

A determinação da qualidade do ar no trecho da BR-135 compreendido neste estudo foi definida em função de sua importância à qualidade de vida da população, principalmente a residente nas proximidades do eixo da rodovia e sofre com a poeira proveniente da estrada. Com isso, neste trabalho, realizou-se uma análise levando em consideração o material particulado inalável (MP<sub>10</sub>), bem como o material particulado total em suspensão (PTS).

Os níveis de concentração de material particulados totais em suspensão (PTS) e partículas inaláveis (MP<sub>10</sub>) tomam relevância no contexto da BR-135, sendo apontado como um dos principais agentes causadores da deterioração da qualidade do ar respirado pela população urbana (CETESB, 2006; CIOQUETA et al, 2004). Assim, conforme esta afirmação justifica-se a adoção destes 02 (dois) parâmetros de referência para avaliação da qualidade do ar na AID do empreendimento.

Regionalmente foram levantados os aspectos pertinentes a circulação atmosférica e as condicionantes climáticas envolvidas relativas a AII, e na área da AID a determinação quali-quantitativa por meio de amostragem de ar. No mês de novembro de 2009 foi realizada uma campanha para amostragem de material particulado (PTS) e de material particulado (PM<sub>10</sub>) ao longo do trecho em estudo da BR-135.

A amostragem de ar para determinação de partículas totais suspensas (PTS) e partículas inaláveis (MP<sub>10</sub>) foi realizada em 02 (dois) pontos do trecho da rodovia conforme apresentado no quadro 5.3. Houve uma terceira tentativa de amostragem, referente ao ponto AR-03. A amostragem no ponto AR-03, por localizar-se em trecho já pavimentado da BR-135, justificou-se pela determinação da qualidade do ar prevista para a condição de pavimentação do trecho de estudo, em comparação aos níveis dos trechos ainda não pavimentados (AR-01 e AR-02). No entanto, a amostragem neste ponto não se concretizou, pois não foi

possível a utilização dos equipamentos devido a deficiência na rede elétrica disponível no local selecionado para comportar a carga elétrica requerida.

**Quadro 5.3**  
**Pontos de Amostragem de Ar**

Ponto de Amostragem de Ar	Localidade	Data/ Tempo de Amostragem	Coordenada - UTM
AR-01	Itacarambi	10/11/2009 -23:40 hs	597.597E- 8.331.330N
AR-02	Rancharia	11/11/2009 -22:25 hs	600.231E- 8.347.447N
AR-03	Itacarambi	12/11/2009	600.212E- 8.342.313N

As coletas do material particulado foram realizadas utilizando os seguintes equipamentos:

- Amostrador de grande volume (AGV) para a determinação da concentração de partículas totais em suspensão (PTS) no ar ambiente. Com registro contínuo da vazão. Fabricação ENERGÉTICA. Atende à Resolução nº 3/1990 do CONAMA e a NBR 9547.
- Amostrador de grande volume (AGV) para a determinação da concentração de partículas inaláveis (de até 10 µm – PM<sub>10</sub>) no ar ambiente. Com cabeça de separação Andersen e controlador de vazão volumétrica (CVV). Fabricação ENERGÉTICA. Atende à resolução nº 03/1990 do CONAMA e a NBR 13412.

Os filtros amostrados foram encaminhados para o laboratório *Corplab – Environmental Analytical Services* para determinação das concentrações de material particulado PTS e PM<sub>10</sub>.

Os equipamentos de coleta foram instalados nos pontos descritos abaixo:

- AR-01 – Itacarambi, saída da cidade no início do trecho não pavimentado da BR-135 (figura 5.21);
- AR-02 – Rancharia, em frente ao bar do Sr. Marcino, junto a BR-135 no centro da localidade (figura 5.22) em trecho não pavimentado;
- AR-03 – Trecho asfaltado da BR-135 entre Itacarambi e Rancharia.



**Figura 5.21: AR-01, Amostragem de Ar – Itacarambi.**



**Figura 5.22: AR-02, Amostragem de Ar – Rancharia.**

A localização dos pontos de amostragem de ar no trecho de estudo, está espacializada na figura 5.23.



**Figura 5.23: Mapa dos locais de amostragem de ar e de emissões atmosféricas**





### 5.1.2.2 Padrões de qualidade do ar

A pureza do ar é monitorada segundo padrões de qualidade estabelecidos na legislação em função da quantidade de partículas em suspensão ou das quantidades de dióxido de enxofre, de monóxido de carbono ou de oxidantes fotoquímicos presentes no ar, medidos em microgramas por metro cúbico em um determinado tempo.

O Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar (PRONAR) tem por objetivo a melhoria da qualidade do ar mediante o atendimento dos padrões estabelecidos e o não comprometimento da qualidade do ar em áreas consideradas não degradadas.

A estratégia básica do PRONAR é limitar, em nível nacional, as emissões por tipologia de fontes e poluentes prioritários, reservando o uso dos padrões de qualidade do ar como ação complementar. Assim, adota como estratégia a adoção destes padrões como ação complementar e referencial aos limites estabelecidos: o primário e o secundário. Esses padrões foram oficialmente definidos pela Resolução nº 03/1990 do CONAMA:

- Primário: São as concentrações de poluentes atmosféricos que, quando ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população, bem como a fauna, a flora, os materiais e o meio ambiente em geral. Podem ser entendidos como níveis máximos toleráveis.
- Secundário: São as concentrações de poluentes atmosféricos abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem-estar da população, assim como o mínimo dano à fauna e à flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral, podendo ser entendidos como níveis desejados, constituindo-se em meta de longo prazo.

O quadro 5.4 apresenta os padrões de qualidade do ar conforme os parâmetros amostrados.

**Quadro 5.4**  
**Padrões nacionais da qualidade do ar (Resolução CONAMA nº 03/1990)**  
**conforme amostragem realizada.**

Poluentes	Padrão Primário µg/m <sup>3</sup>	Padrão secundário µg/m <sup>3</sup>	Tempo de Amostragem	Métodos de medição
Partículas totais em suspensão - PTS	240 <sup>*(c)</sup> - 80 <sup>**</sup>	150 <sup>(c)</sup> , 60 <sup>**</sup>	24 horas anual <sup>(a)</sup>	Amostradores de grandes volumes (Hi-Vol)
Partículas inaláveis (PM <sub>10</sub> )	150 <sup>*(c)</sup> ; 50 <sup>***</sup>	150 <sup>(c)</sup> , 50 <sup>***</sup>	24 horas anual <sup>(b)</sup>	Amostrador de particulados. Finos e grossos. Separação inercial/filtração
*concentração máxima diária **concentração média geométrica anual ***concentração média aritmética anual				(a) média geométrica (b) média aritmética (c) não deve ser excedido mais do que uma vez por ano.

O CONAMA ao considerar que a emissão de poluentes por veículos automotores contribui para a contínua deterioração da qualidade do ar, de forma especial nos centros urbanos instituiu o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE) aprovado pela Resolução nº 18/1986 do CONAMA. Esta Resolução estabelece os limites de poluição para veículos leves novos (quadro 5.5). Esses limites eram progressivamente mais restritivos até o ano de 1997. Devido a esse Programa, os automóveis mais novos tiveram suas emissões reduzidas em mais de 90%, entre 1989 e 1997.

**Quadro 5.5**  
**Limites de emissão de poluentes por veículos**  
**de acordo com a Resolução nº 18/1990 do CONAMA.**

Ano	CO (g/km)	HC (g/km)	NOx (g/km)	MP (2) (g/km)
89-91 (Veículos Leves)	24	2,1	2	-
92-96 (Veículos Leves)	24	2,1	2	-
92-96 (Todos outros veíc.)	12	1,2	1,4	-
Jan/97 (Veículos Leves)	2	0,3	0,6	-

A citada Resolução foi alterada pela Resolução CONAMA nº 315/2002 a qual veio estabelecer novos limites para emissões de gases poluentes, sendo a mais atual para os valores de veículos em produção a partir de 1º de janeiro de 2009 conforme o quadro 5.6.



### Quadro 5.6

#### Limites de emissão de poluentes por veículos de acordo com a Resolução CONAMA nº 315/2002.

Ano	CO (g/km)	HC (g/km)	NO <sub>x</sub> (g/km)	MP (2) (g/km)
Jan/09 (Leves de Passageiro) PROCONVE L-5	2	Gás Natural (THC): 0,3	Ciclo Otto: 0,12	Ciclo Diesel: 0,05
		NMHC: 0,05	Ciclo Diesel: 0,25	
Jan/09 (Leves de Comerciais < 1700kg) PROCONVE L-5	2	Gás Natural (THC): 0,3	Ciclo Otto: 0,25	Ciclo Diesel: 0,05
		NMHC: 0,05	Ciclo Diesel: 0,60	
Jan/09 (Leves de Comerciais > 1700kg) PROCONVE L-5	2,7	Gás Natural (THC): 0,5	Ciclo Otto: 0,25	Ciclo Diesel: 0,06
		NMHC: 0,06	Ciclo Diesel: 0,43	

Tais alterações nos limites de emissão de poluentes são de grande significância para a melhoria da qualidade do ar em centros urbanos com intensa movimentação de veículos automotores.

Os carros a álcool e a gasolina são importantes fontes emissoras de monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>) e hidrocarbonetos (HC), enquanto que os veículos com motores de ciclo diesel, em especial os caminhões e ônibus, são importantes emissores de óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>) e material particulado, além de, em menor grau, monóxido de carbono (CO) e hidrocarbonetos (HC) (DNIT, 2002).

A emissão de poluentes atmosféricos pelas fontes estacionárias e móveis de uma área ou região, associada às características topográficas e meteorológicas, determina os níveis de qualidade do ar da mesma área ou região, o que, em consequência, determina os possíveis efeitos adversos da poluição do ar sobre os receptores, que podem ser o homem, os animais, as plantas e os materiais em geral (SEINFIED, 1986 apud DNIT, 2002).

O comprometimento da qualidade do ar de uma região também é associada a ocorrência de queimadas, iniciadas por razões naturais em períodos de estiagem ou por iniciativa humana para prática de agricultura ou da pecuária.

Durante a estação seca nas regiões Amazônica e Brasil Central, compreendida entre os meses de julho a outubro ocorrem, em grande quantidade, queimadas antropogênicas em áreas de Cerrado (Coutinho et al. 2002 apud FREITAS et al, 2005). No mês de novembro, no norte de Minas Gerais, as queimadas costumam diminuir gradualmente em função do período chuvoso nestas áreas (MCT/INPE/CPTEC, 2008).

As emissões de queimadas possuem vários efeitos importantes no equilíbrio climático e biogeoquímico do planeta. Além do CO<sub>2</sub>, as emissões de metano (CH<sub>4</sub>) e NO<sub>x</sub>, também contribuem para aumentar o efeito estufa na atmosfera.

As emissões de metano são da ordem de 1% da quantidade de CO<sub>2</sub>, porém o efeito radiativo da molécula de CH<sub>4</sub> é 25 vezes maior que a de CO<sub>2</sub> (Houghton, 1990 apud FREITAS et al, 2005). No caso do CO<sub>2</sub>, a emissão durante a queimada pode ser reincorporada à vegetação no seu restabelecimento no ciclo anual, porém em situação de desflorestamento, isto pode não ocorrer, pois a recomposição da floresta nativa, caso ocorra, torna a emissão líquida à atmosfera. Na presença de radiação solar e altas concentrações de NO<sub>x</sub>, a oxidação de CO e hidrocarbonetos é acompanhada de formação de ozônio (O<sub>3</sub>), outro gás de efeito estufa (FREITAS et al, 2005).

As altas temperaturas envolvidas na fase de combustão e a ocorrência de circulações convectivas úmidas associadas favorecem os movimentos convectivos ascendentes e podem ser responsáveis pela elevação de poluentes até a troposfera, onde podem ser transportados para regiões muito distantes das fontes emissoras (DNIT, 2002).

Em Ward et al. (1992) são apresentados dados dos principais compostos emitidos em queimadas no Cerrado do Brasil Central e na Floresta Amazônica. Essas observações foram realizadas durante o período do experimento BASE-B (*Biomass Burning Airborn and Spaceborne - Brazil*), conduzido durante os meses de agosto e setembro do ano de 1990 numa área de cerrado próxima à Brasília e numa área de floresta próxima à Marabá (FREITAS et al, 2005).

Através de medidas de concentração de material particulado (MP), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e monóxido de carbono (CO) foram estimados os fatores de emissão desses compostos nessas áreas. O fator de emissão é um número que fornece diretamente a quantidade de emissão de um determinado composto químico em função da quantidade de biomassa queimada. Ward et al (1992) apud Freitas et al (2005) constataram que o cerrado em geral emite aproximadamente 1.700g de CO<sub>2</sub> por kg de biomassa queimada e 50 a 70g de CO por kg de biomassa queimada, enquanto que a floresta emite entre 1.500 a 1.700g de

CO<sub>2</sub> e de 100 a 150g de CO por kg de biomassa queimada. Os valores relacionados ao material particulado são de 4,4g de MP por kg de biomassa queimada para o cerrado e de 10g de MP por kg de biomassa queimada.

Ferek et al. (1996) apud DNIT (2002) apresentam resultados de fatores de medidas de emissão para CO e CO<sub>2</sub> realizadas a bordo do avião C-131, durante o experimento SCAR-B. O estudo foi realizado para a mesma área de floresta e de cerrado. Em áreas de floresta foram obtidos valores de emissão com médias da ordem de 1.674 g e 70 g de CO<sub>2</sub> e CO, respectivamente. Para o cerrado são reportados valores médios em torno de 1.700 g e 66 g de CO<sub>2</sub> e CO. Esses valores são coerentes com os apresentados em DNIT (2002) por Ward et al. (1992).

Kaufman et al. (1992) apresentam fatores de emissões para MP, CO e CO<sub>2</sub> obtidos através do experimento BASE-A (*Biomass Burning Airborn and Spaceborne – Amazônia*), realizado na região da Amazônia em setembro de 1989. Em área de Cerrado esses valores são da ordem de 1.783g de CO<sub>2</sub>, 24g de CO e 4g de MP por kg de biomassa queimada (DNIT, 2002)

Além das queimadas, o tráfego na BR-135 é responsável pela deterioração da qualidade do ar, pois propicia a emissão de material particulado, ao longo de todo ano, o que ocorre devido à falta de pavimentação. Contudo, as queimadas caracterizam-se por sua esparsa distribuição ao longo do ano e oposição a condição de material particulado em suspensão ao longo do eixo não pavimentado da BR-135.

### 5.1.2.3 Qualidade do Ar na AII

Na área de estudo não há registros de instalação de estações de qualidade do ar próximo ou junto à BR-135. Assim na caracterização da qualidade do ar na AII abordam-se somente os fatores intervenientes no processo de dispersão dos poluentes, estes relacionados às condições climáticas e meteorológicas e de acordo com as possíveis fontes de poluição do ar identificadas.

A qualidade do ar na AII do empreendimento depende das emissões de contaminantes no decorrer do ano e de aspectos climáticos e meteorológicos que influenciam as condições de dispersão dos contaminantes atmosféricos. Os principais parâmetros meteorológicos locais que favorecem a concentração de índices de poluição do ar são:

- alta porcentagem de calmaria de ventos;
- direção predominante dos ventos;
- ventos fracos;
- baixa frequência de precipitação pluviométrica em alguns períodos do ano.

Nos meses mais frios, em função das condições desfavoráveis para a formação de nuvens, é registrado o maior tempo de luz solar (insolação), período em que é mais freqüente uma situação de tempo bom com céu limpo, devido a forte influência da pressão atmosférica que traz consigo condições de estabilidade atmosférica.

A presença constante no período de seca de um sistema de alta pressão (anticiclone) sobre a região de estudo é um fator desfavorável à dispersão de poluentes, com atuação de ventos fracos e formação de inversões térmicas muito próximas à superfície. O contrário ocorre quando um sistema frontal chega à região, o que instabiliza a atmosfera e aumenta a ventilação, deslocando a massa de ar poluída da região para locais distantes e conseqüentemente atingindo a superfície com concentrações menores.

Devido a baixa industrialização da AII, são poucas as fontes de poluição atmosférica identificáveis, sendo que a principal fonte identificada é a ocorrência de queimadas.

### 5.1.2.4 Qualidade do Ar na AID

Pode-se dizer que o período de outubro a março, considerado representativo da estação das chuvas, é favorável à dispersão de poluentes devido à grande instabilidade atmosférica. Por outro lado, o período compreendido entre abril a setembro, estação de seca, é considerado crítico em virtude da grande estabilidade atmosférica, da redução das chuvas e da presença de fatores que dificultam a dispersão de poluentes.

Um aspecto diretamente relacionado a qualidade do ar é a quantidade de material particulado (poeira) proveniente do trecho não pavimentado da BR-135. A poeira é relatada pela população pela sua quantidade e pelo incômodo aos residentes das proximidades da estrada (figura 5.24).



**Figura 5.24: Material particulado em suspensão devido condição atual da BR-135 no trecho de estudo.**

Ainda no domínio da AID foram identificados 02 (dois) pontos de interesse à qualidade do ar, ambos localizados na proximidade de Itacarambi.

O primeiro ocorre junto ao trecho da BR-135, na saída da área urbana de Itacarambi em sua porção norte, onde está situada a Cerâmica Serran Indústria e Comércio Ltda (figura 5.25). A indústria adota como combustíveis, tanto lenha quanto palha de mamona, ou ainda bagaço de cana para queima dos tijolos e outros produtos.

As emissões resultantes da queima dos combustíveis utilizados são observadas pela população residente no entorno como um incômodo, conforme relatos durante os trabalhos de campo. As emissões costumam ocorrer no período da noite (figura 5.26).



**Figura 5.25: Cerâmica Serran – Itacarambi.**

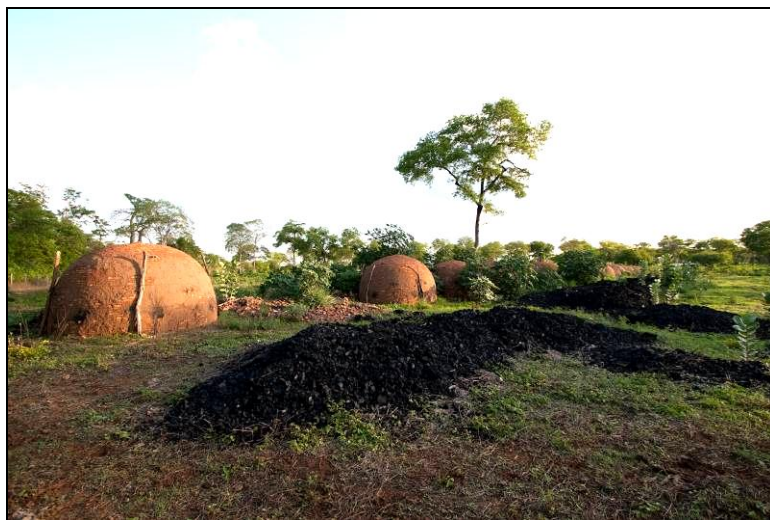


**Figura 5.26: Chaminés dos fornos da Serran.**

O outro ponto de emissões de poluentes à atmosfera, identificado no interior da AID, refere-se a uma área de queima de madeira para a produção de carvão (carvoaria), ilustrada na figura 5.27, onde se visualiza uma série de fornos e carvão resultante da queima de madeira. O local não apresenta estruturas de apoio a operação, exceto pela existência dos fornos e indicativos de uso recente da área.

Embora não tenham sido feitas amostragem diretas junto aos pontos de emissão de poluentes atmosféricos considera-se que são fontes de degradação da qualidade do ar, seja na AID ou AII, bem como a atmosfera em geral devido aos mecanismos de transporte de poluentes já descritos. A localização dos pontos de emissão de poluentes atmosféricos pode ser visualizada no contexto do mapa dos pontos de amostragem do ar (figura 5.23).





**Figura 5.27: Fornos de produção de carvão na AID.**

Assim, o diagnóstico da AID do empreendimento contemplou a amostragem de Sólidos Totais Suspensos (PTS), e Partículas Inaláveis ( $PM_{10}$ ) por serem considerados os indicadores prioritários para a caracterização local da qualidade ar, devido a condição de ausência da pavimentação rodoviária, de forma a conceber um valor de “background”, anterior a pavimentação prevista para a BR-135. Esta quantificação fornecerá no futuro um parâmetro comparativo em relação à condição atual.

Os métodos de amostragem e análise dos poluentes atmosféricos foram:

- PTS: Método do Amostrador de Grandes Volumes (HI-VOL); e
- $PM_{10}$ : Método de Separação Inercial.

A avaliação dos resultados de amostragem de material particulado (PTS) é apresentada de acordo com o quadro 5.7.

**Quadro 5.7**  
**Concentrações de PTS nos pontos de amostragem.**

Ponto de Amostragem de Ar	Concentração ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Padrão Primário $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Padrão secundário $\mu\text{g}/\text{m}^3$	IQAr	Qualidade
AR-01	206,43	240 <sup>*(c)</sup> - 80**	150 <sup>(c)</sup> , 60**	81-240	Regular
AR-02	296,98			241-375	Inadequada
AR-03	n.d.			n.d.	n.d.

Os laudos dos resultados analíticos da amostragem de ar e calibração dos equipamentos encontram-se no anexo1.

Observa-se que as concentrações de PTS encontram-se acima dos níveis desejados (padrão secundário), que não deve ser excedido mais que uma vez ao ano, de concentração de poluentes para as 02 (duas) amostras. A amostra AR-02 apresenta valor acima do padrão primário de qualidade do ar para o poluente, para o valor a ser excedido uma vez ao ano, e indica que tal concentração pode afetar a saúde da população.

Nenhuma das amostras enquadra-se no padrão primário ( $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) e secundário ( $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) para a Média Geométrica Anual (MGA) uma vez que assumidos os valores diários amostrados como os valores representativos anuais. Os valores de referência primários (menos restritivos) deste poluente, uma vez ultrapassados, indicam que tais concentrações poderão afetar a saúde da população.

A avaliação dos resultados de amostragem de partículas inaláveis ( $PM_{10}$ ) é apresentada no quadro 5.8.

**Quadro 5.8**  
**Concentrações de PM<sub>10</sub> nos pontos de amostragem.**

Ponto de Amostragem de Ar	Concentração (µg/m <sup>3</sup> )	Padrão Primário µg/m <sup>3</sup>	Padrão secundário µg/m <sup>3</sup>	IQAr	Qualidade
AR-01	59,55	150 <sup>*(c)</sup> ; 50 <sup>***</sup>	150 <sup>(c)</sup> , 50 <sup>***</sup>	51-150	Regular
AR-02	80,50			51-150	Regular
AR-03	n.d.			n.d.	n.d.

As concentrações de PM<sub>10</sub> enquadram-se nos padrões de qualidade secundário, não apresentando efeitos consideráveis sobre a população, à fauna e flora ao considerarmos o valor diário em comparação ao limite máximo a ser ultrapassado uma vez ao ano. Entretanto ao se considerar os valores pontuais verifica-se que o resultado da amostra para a média aritmética anual excede novamente o limite anual esperado de 50 µg/m<sup>3</sup>. Os valores de referência primários deste poluente, uma vez ultrapassados, indicam que tais concentrações poderão afetar a saúde da população.

Ainda, conforme o Índice de Qualidade do Ar (IQAr), pessoas de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas) podem apresentar sintomas como tosse seca e cansaço, e a população, em geral, não é afetada.

A partir dos dados de concentrações, do não enquadramento nos padrões e ao considerar que para efeito de divulgação utiliza-se o índice mais elevado, onde a qualidade do ar de uma estação é determinada pelo pior caso considera-se para os pontos:

- AR-01, relativo ao início do trecho de estudo na cidade de Itacarambi, atribui-se a qualidade do ar regular; e
- AR-02, relativo ao distrito de Rancharia, a qualidade do ar é classificada como inadequada.

A qualificação do ar está associada com efeitos sobre à saúde, independentemente do poluente em questão, conforme:

- Regular: Pessoas de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas), podem apresentar sintomas como tosse seca e cansaço. A população, em geral, não é afetada.
- Inadequada: Toda a população pode apresentar sintomas como tosse seca, cansaço, ardor nos olhos, nariz e garganta. Pessoas de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas), podem apresentar efeitos mais sérios na saúde.

Considerando ainda a condição meteorológica durante o período da amostragem, com a ocorrência de eventos de precipitação, conforme registrado no anexo 1, e pelo período de amostragem durante estação das chuvas, sugere-se que a condição da qualidade do ar para o período de secas seja agravada pela maior disponibilidade de material particulado no solo. Assim, o período da realização da amostragem do ar configura-se por ser o de menor impacto à população devido a menor disponibilidade de material particulado proveniente da rodovia devido a maior umidade no solo.

Fato este ainda comprovado pelo relato de moradores, os quais reportam que o período de seca agrava a condição de “poeira” da rodovia, dificultando a visibilidade, a movimentação de pedestres e a higiene das residências situadas no entorno da rodovia.

As causas de morbidade por doenças respiratórias em adultos maiores de 50 anos correspondem a 15,8% nos municípios da AID, e à população em geral 11,7%, conforme o Diagnóstico Ambiental do Meio Socioeconômico. Estas taxas podem ser consideradas representativas, e de certa forma associadas a condição das concentrações de material particulado proveniente da rodovia.

Visto o conjunto de dados ambientais apresentados, principalmente com respeito às emissões de material particulado proveniente do trecho da BR-135 não pavimentado, é esperada a melhoria ambiental e da qualidade de vida da população residente nas proximidades da rodovia, a qual será beneficiada com as obras de adequação e pavimentação do empreendimento rodoviário BR-135.

### 5.1.3 Topografia

A presente caracterização encontra-se descrita associada ao Item 1.1.1, correspondente a Geomorfologia da AII e da AID. Assim sendo, a descrição apresentada, que neste estudo está associada à topografia, abrange os aspectos referentes a hipsometria, declividade e altimetria.

### 5.1.4 Geologia

O presente capítulo descreve as informações geológicas referentes ao trecho da BR-135 compreendido entre os municípios de Manga e Itacarambi, situados no norte de Minas Gerais. O conjunto de dados levantados em fontes secundárias e por intermédio de incursões em campo fornece subsídios técnicos não somente aos estudos de impacto ambiental, mas também às etapas de engenharia subseqüentes.

Faz-se necessário, neste sentido, conhecer os tipos geológicos e suas formas de ocorrência ao longo da área do projeto, buscando determinar de que forma sua distribuição pode facilitar ou impor restrições/dificuldades técnicas e ambientais ao empreendimento. Em outras palavras, trata-se de uma descrição dos condicionantes impostos pelo arcabouço geológico, lembrando que o mesmo é determinante na própria conformação geomorfológica e na dinâmica hídrica da região deste estudo. Ressalta-se desde já, que aprofundamentos em relação à evolução e gênese do arcabouço geológico não fazem parte da ênfase aqui pretendida.

A descrição geológica parte de uma avaliação em escala regional posicionando a região do empreendimento em relação às províncias geotectônicas influentes, para, logo em seguida descrever os tipos litológicos com ocorrência na AII e na AID e suas relações estratigráficas temporais e de contato.

A caracterização geológica baseia-se nas informações encontradas na vasta bibliografia relacionada aos tipos geológicos encontradas na área, nas avaliações realizadas a partir de fontes cartográficas existentes (Geologia da Folha Brasília SD 23, 1:1.000.000, Schobbenhaus et al., 2004/CPRM), assim como de mapas de apoio gerados no âmbito deste estudo. Na etapa de campo, este conjunto de informações foi utilizado no estabelecimento das relações com relevo, solo e água em geral.

#### 5.1.4.1 Geologia Regional

Do ponto de vista geotectônico, a área na qual está inserido o empreendimento faz parte da denominada Província São Francisco, ou simplesmente Cráton São Francisco. Dentro desta Província destacam-se as associações litológicas correspondentes a Bacia Sedimentar Fanerozóica, composta pelos arenitos da Formação Urucuia, a Bacia Sedimentar Neoproterozóica, composta pelas rochas que formam o Grupo Bambuí, assim como os sedimentos aluvionares recentes associados ao rio São Francisco (coberturas detrito-lateríticas e depósitos aluvionares).

Na AII do empreendimento afloram predominantemente rochas carbonáticas do Grupo Bambuí, cobertas por arenitos de idade cretácea da Formação Urucuia. Ambas as seqüências podem estar cobertas por sedimentação Cenozóica recente, resultante de seu retrabalhamento durante os processos de formação do relevo atual, além de estarem cobertas pelos sedimentos aluvionares do rio São Francisco. De forma isolada e restrita, situados em pequenos afloramentos ocorrem janelas do embasamento pré-Bambuí cujos tipos petrográficos predominantes são granitos, gnaisses e anfíbolitos.

Como parte integrante do capítulo figura uma coluna estratigráfica simplificada (quadro 5.9) adaptada a partir do RADAMBRASIL (1982), onde os litotipos mapeados em escala regional e local estão agrupados de maneira sintética e em ordem cronológica, conforme os Mapas apresentados na figura 5.28 e na figura 5.29.

**Quadro 5.9**  
**Estratigrafia da área do empreendimento**

Cronoestratigrafia		Litoestratigrafia			
Era	Período	Grupo	Subgrupo	Formação	Litofácies
Cenozóica	Quaternário				Aluviões recentes, aluviões antigos, solos residuais de calcários, margas, siltitos e arenitos
	Terciário				Conglomerados e cobertura detrítica arenosa
Mesozóico	Cretáceo			Urucuia	Arenitos finos a médios, arenitos caulíníticos e ferruginosos, e conglomerado basal, bem silicificados, com grãos de quartzo bem arredondados, unidos por cimento piritoso, friáveis quando alterados, duros e maciços, com pontuações feldspáticas, escassa matriz argilosa e cor clara, ocasionalmente rosada e superfície de alteração avermelhada
Pré-Cambriano	Proterozóico	Bambuí		Três Marias	Arcóseos cinza a cinza-esverdeados em bancos, com lentes de siltitos esverdeados. Siltitos esverdeados com lentes de margas.
				Serra da Saudade	Ardósias, siltitos, argilitos, folhelhos, localmente oolíticos. Calcários e margas na forma de lentes.
				Lagoa do Jacaré	Siltitos, folhelhos e margas, intercalados com calcários pretos a cinza, ricos em matéria orgânica e níveis oolíticos
			Paraopeba (indiviso)	Serra de Santa Helena	Folhelhos esverdeados, siltitos e argilitos laminados, margas e ardósias
			Sete Lagoas	Margas, calcário argiloso, calcário cinza médio a escuro, brechacalcária intraformacional, calcodolomito, dolomito rosado e dolomito sublitográfico	

**Figura 5.28: Mapa geológico – All**





**Figura 5.29: Mapa geológico - AID e ADA**



### 5.1.4.2 Evolução Geológica Regional

Segundo o RADAMBRASIL (1982), o embasamento pré-Bambuú é composto por uma suíte de rochas de idade Arqueana (>2.600 Ma) indivisa, que refletem retrabalhamentos sucessivos durante os Ciclos deformacionais Transamazônico, Uruçuano e Brasileiro. No limiar do Proterozóico Médio com o Proterozóico Superior, as bordas da região que se estabelecerá mais tarde como o Cráton do São Francisco e suas faixas marginais foram palco de fraturamentos marcantes. Nesta época, este Cráton (paleocontinente) se encontrava em altas latitudes, de maneira que sobre ele foram depositados sedimentos glaciogênicos da Formação Jequitaiá. Com o fim desta glaciação, o nível dos mares subiu generalizadamente e toda a região migrou em direção a uma zona intertropical, condição esta que, a partir do Proterozóico Superior, gerou a sedimentação do Grupo Bambuú, com a deposição das seqüências pelito-carbonatadas englobadas no Subgrupo Paraopeba.

As rochas do Grupo Bambuú vêm sendo estudadas desde muito tempo, sendo Derby em 1879, o que primeiro as descreveu detalhadamente em seus afloramentos ao longo do rio São Francisco e rio das Velhas, criando a terminologia informal de calcários São Francisco. Já Rimann (1917) foi o primeiro autor a empregar o nome de série Bambuú, que ficou consagrado na literatura geológica, sendo mais tarde modificado para a categoria de grupo. Para Almeida (1977), o Grupo Bambuú e as formações correlatas sobre o Cráton do São Francisco, representam a sedimentação marinha resultante de sua submersão quase total, por ocasião do desenvolvimento do segundo estágio estrutural das suas faixas de dobramentos marginais. Os sedimentos do Grupo Bambuú se depositaram sobre uma plataforma epicontinental estável, em uma bacia caracterizada por um gradiente muito fraco e águas pouco profundas, justificando a constância das litologias por grandes distâncias e suas variações faciológicas muito rápidas, decorrentes de pequenas modificações na paleogeografia.

De maneira consagrada na literatura geológica brasileira, o Grupo Bambuú é subdividido no Subgrupo Paraopeba (unidade basal) e Formação Três Marias (Topo). De acordo com Schobbenhaus (1984) o contato entre estas duas unidades pode se apresentar como transicional ou através de uma discordância erosiva. O Subgrupo Paraopeba engloba, da base para o topo, as formações Sete Lagoas, Serra de Santa Helena, Lagoa do Jacaré e Serra da Saudade. Para a região de Januária-Itacarambi, outros autores sugerem a existência de duas unidades litoestratigráficas para o Grupo Bambuú: Formação Januária (nível basal, predominantemente carbonático) e Formação Nhandutiba (nível do topo, predominantemente pelítico). Estas formações são correlacionáveis, respectivamente, com a Formação Sete Lagoas e Formação Lagoa do Jacaré.

As rochas carbonáticas do Grupo Bambuú apresentam-se como uma seqüência geralmente plana e sub-horizontal. Entretanto, em muitos afloramentos estas rochas mostram-se intensamente deformadas, com eixos orientados predominantemente na direção NNW e fraturas preenchidas com calcita preferencialmente na direção N-S e mergulho subvertical (contudo, existe uma dispersão bastante ampla em várias direções).

No âmbito da região do empreendimento, verifica-se um grande hiato no registro geológico no final do Pré-Cambriano após o Proterozóico Superior, com a ausência de unidades Paleozóicas naquela área. Em função disto, sobre as rochas do Grupo Bambuú, repousam de maneira discordante, as rochas de idade Cretácea da Formação Uruçuia. Este hiato erosivo pode estar associado com a reativação durante o Mesozóico de antigas zonas de falhas, em regime distensional, decorrente da separação do Brasil e África. O conseqüente rejuvenescimento da paisagem gerou novos gradientes e um novo nível de base na região, provocando a erosão das formações Paleozóicas e a deposição da Formação Uruçuia.

Em toda a região do empreendimento a Formação Uruçuia encontra-se com espessuras na ordem de 5 a 10m, podendo atingir até 90m. Esta formação é constituída por um pacote de arenitos bem selecionados, com espessura variável, que tem na base conglomerados monomíticos com seixos de quartzo ou quartzitos e arenitos argilosos.

Schobbenhaus (1984) subdivide a Formação Uruçuia no Estado, na região entre os rios Uruçuia e Paracatu e a Noroeste de Montes Claros, em duas fácies, sendo uma basal composta por conglomerado monomítico, com seixos de ortoquartzito e quartzo, facetados ou arredondados e matriz de arenito argiloso, com granulação média a grosseira e mal selecionado. A fácies de topo é formada por um arenito branco ou marrom-avermelhado quando intemperizado, constituído essencialmente por quartzo hialino, caracterizando-o como um sedimento supermaturo, bem selecionado, granulação fina a média, sem matriz e muito friável, quando isento de cimento.

Segundo o RADAMBRASIL (1982) a Formação Uruçuia destaca-se pela sua homogeneidade litológica, constituída quase que invariavelmente por arenitos finos a médios, róseos, impuros com alguns níveis conglomeráticos e uma tendência global de se tornarem argilosos na base. Geralmente o contato inferior desta formação com o Grupo Bambuú é marcado por uma camada espessa, de canga látero-

manganesífera. Ainda de acordo com estes autores, a Formação Urucuia é constituída por depósitos continentais fluvio-eólicos, formados pelo retrabalhamento de arenitos pré-existentes, em ambiente subaquático fluvial e/ou lacustre. A constância da cor vermelha em quase toda unidade é mais um elemento que se agrega às características de sedimentação continental.

De maneira sintética pode-se dizer que as rochas do Grupo Bambuí e da Formação Urucuia são cobertas por seqüências detríticas conglomeráticas e arenosas, formadas como decorrência do processo de dissecação e aplainamento geral da região. Nas imediações do rio São Francisco afloram os sedimentos característicos de planície aluvionar, formando pacotes com expressivas espessuras e grande variação faciológica.

#### 5.1.4.3 Caracterização Geológica da BR-135

Os distintos tipos de rochas (em ordem cronológica coerente aos quadros e mapas do capítulo) que ocorrem na região podem ser assim caracterizados:

##### Q1a - Depósitos Aluvionares Antigos

Correspondem aos sedimentos detríticos não consolidados associados à dinâmica flúvio-sedimentar do rio São Francisco, restritos, portanto a sua planície de inundação. Do ponto de vista faciológico são bastante heterogêneos, predominando os estratos arenosos-siltosos. Correspondem às áreas planas de baixa declividade e frequentemente úmidas, dado a condição superficial do aquífero freático e por representar áreas de descarga dos demais aquíferos, situados a oeste. Em relação à AID do empreendimento, sua ocorrência restringe-se a duas pequenas áreas nas porções norte e sul à margem do rio São Francisco e nos limites urbanos de Itacarambi. Estes depósitos podem fornecer boas áreas de empréstimo a obras civis, especialmente em locais ricos em estratos amplamente arenosos (figura 5.30).



**Figura 5.30: Afloramentos de Depósitos Aluvionares Antigos.**

##### NQdl / ENdl - Coberturas Detrito-Lateríticas

Esta unidade engloba um conjunto de sedimentos inconsolidados, de idade recente, formados pelo retrabalhamento das unidades pré-existentes, sejam elas as seqüências marinhas do Grupo Bambuí, ou mesmo os arenitos da Formação Urucuia.

De acordo com o contexto no qual se inserem e do arcabouço geológico no qual foram geradas, podem exibir características diversas. Apresentam-se como depósitos coluvionares ou aluvionares, junto a encostas e redes de drenagem, incluindo cascalheiras polimíticas com calhaus sub-arredondados de até 40cm de eixo maior, em meio a uma matriz areno-siltosa de cor vermelha a amarelada. Predominam clastos de arenito silicificado, calcário silicificado e chert (silixito) escuro. NA AID ocorrem principalmente na parte norte do trecho da BR-135, entre São José das Missões e Manga, em ambos os lados da rodovia. Na área do empreendimento, os afloramentos de cobertura detrítica são essencialmente arenosos de coloração marrom amarelada com espessuras consideráveis (podendo alcançar até 10m). As concreções ferruginosas são localizadas e incipientes. Cobrem quase que totalmente as intercalações de siltitos do Subgrupo Paraopeba gerando áreas levemente onduladas com declividades suaves.

As figura 5.31 e a figura 5.32 fornecem exemplos clássicos de afloramentos das coberturas detrito-lateríticas na região.

Nos trechos onde estas coberturas afloram e são interceptadas pela BR-135 os taludes são de pequenas dimensões e mostram boa estabilidade. Por sua espessura, constituição granulométrica e ausência de estratos orgânicos argilosos e hidromórficos, sua ocorrência no trecho é considerada benéfica.



**Figura 5.31: Cobertura Detrítica na porção norte, a oeste da BR-135.**



**Figura 5.32: Cobertura Detrítica a leste da BR-135.**

### **K2u - Arenitos da Formação Urucuia**

Os arenitos da Formação Urucuia afloram basicamente na porção oeste da AII, junto às cabeceiras do rio Itacarambi, cujas vazões seguramente são regularizadas por suas descargas de água subterrânea. Não ocorre na AID e, por conseqüência, não é interceptada pelo trecho da rodovia. Sua importância no estudo deve-se a sua função de recarga subterrânea e dos fluxos superficiais (relação com os corpos hídricos) e a sua alta suscetibilidade à erosão, quando exposto a processos de uso e ocupação do solo inadequados. Sua presença na BR-135 é percebida através das formas tabulares de relevo recobrendo as rochas do Grupo Bambuí de forma discordante, as quais podem ser avistadas da altura de São José das Missões, em mirada para oeste. A figura 5.33 ilustra esta ocorrência.



**Figura 5.33: Ocorrência dos arenitos da Formação Urucuia.**

### **NP2bp – Subgrupo Paraopeba (indiviso)**

Conforme já exposto na coluna estratigráfica do quadro 5.9, as rochas do Subgrupo Paraopeba fazem parte da seqüência carbonática do Grupo Bambuí, com ampla ocorrência na área em estudo. O Mapa geológico da AII (figura 5.28) apresenta sua distribuição espacial, a partir da qual se observa que estas rochas ocupam toda a margem esquerda do rio São Francisco (AII) e o trecho da rodovia até a altura de São José das Missões e boa parte do trecho médio do rio de Itacarambi (AID e ADA). Na área de estudo esta unidade é representada por uma seqüência de pelitos (argilitos, siltitos, ritimitos) intercalados, com acamadamento sub-horizontal e intenso grau de intemperização. São parcialmente cobertos por seqüências detríticas e formam solos espessos que variam desde altamente argilosos e férteis até solos arenosos friáveis de elevada suscetibilidade à erosão.

Conforme pode ser visto no mapa geológico (figura 5.28), o contato desta unidade com as rochas carbonáticas da Formação Sete Lagoas do Grupo Bambuí é bastante abrupto e coincide com a escarpa da serra, onde são avistadas feições cársticas clássicas. A figura 5.34 e a figura 5.35 ilustram a forma de ocorrência destes litotipos na região do estudo.





**Figura 5.34: Afloramento de siltito às margens do rio de Itacarambi a oeste da BR-135.**



**Figura 5.35: Afloramento de siltito às margens da estrada, a leste da BR-135.**

Esta unidade é considerada bastante relevante no contexto do empreendimento não somente por sua distribuição espacial coincidente com o trecho da rodovia, mas principalmente por estar associada a seqüências carbonáticas. A caracterização geomorfológica para esta unidade na região identifica feições do tipo uvala, formadas a partir do coalescimento de dolinas de dissolução. Trata-se de feições circulares caracterizadas por leves depressões topográficas, podendo ou não coincidir com áreas úmidas. Identificadas em campo, são feições de difícil percepção dado o relevo plano e por estarem localizadas em áreas de acesso restrito. Sua ocorrência fornece indício da atuação de processos de dissolução de seqüências carbonáticas, as quais potencialmente podem estar associadas à geração de cavidades naturais (cavernas). A seguir, são realizadas algumas considerações sobre o tema:

- São observadas feições do tipo uvalas, indício de processos de dissolução de seqüências carbonáticas subjacentes, o que de acordo com a literatura potencialmente pode ocorrer;
- As rochas carbonáticas observáveis na região (Formação Sete Lagoas) ocupam posição estratigráfica superior em relação a esta unidade;
- A idade de funcionamento da rodovia e a ausência de feições de desabamentos e subsidências ao longo de todos estes anos, sugere a estabilidade geotécnica do trecho;
- As cavidades naturais do tipo cavernas estariam associadas às rochas pertencentes à Formação Sete Lagoas. De fato o mapeamento das cavernas empreendido à luz do Plano de Manejo do PARNA Cavernas do Peruaçu (IBAMA, 2003), associa a ocorrência de cavernas com a ocorrência das seqüências carbonáticas da Formação Sete Lagoas.

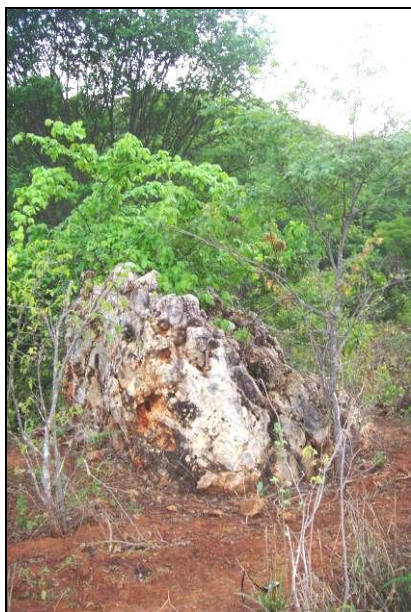
#### **NP2sh – Formação Serra de Santa Helena**

As rochas desta unidade também fazem parte do Grupo Bambuí, sendo compostos por ardósias, folhelhos, siltitos, margas e calcários. Ocorrem de forma restrita na AII, aflorando em sua porção noroeste no alto curso do rio de Itacarambi, coincidindo com a região onde se situa a barragem da Companhia de Desenvolvimento dos Vales dos Rios São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF). Não ocorre na AID, e, portanto, não é objeto de discussões mais aprofundadas.

#### **NP2sl – Formação Sete Lagoas**

Esta unidade que ocorre na AII, na AID e na ADA engloba o conjunto de rochas carbonáticas que, de maneira geral, apresenta uma cor cinzenta, exibindo intercalações com níveis pelíticos, com espessura milimétrica e estruturas sedimentares diversificadas (acamamento subhorizontal, brechas intraformacionais, brechas lamelares, estratificações cruzadas). Estas estruturas são bastante nítidas na superfície alterada da rocha, contudo, quando esta é fragmentada, a sua face fresca apresenta apenas cor cinzenta e aspecto maciço. A bibliografia sugere a subdivisão desta seqüência em 02 (duas) sub-unidades, sendo uma unidade basal de natureza mais calcítica, apresentando uma estrutura laminada e cor cinza escura predominante, e uma unidade superior de natureza dolomítica, apresentando uma cor cinza esbranquiçada, às vezes levemente rosada e aspecto mais maciço. O pacote carbonático constitui a unidade mais espessa na área de estudo podendo chegar a 200m, estendendo-se abaixo da cobertura arenítica da Formação Urucuia. Na AID e na ADA as rochas desta unidade ocorrem na borda da serra a oeste da rodovia, nas proximidades da localidade Rancharia, como parte integrante do PARNA Cavernas do Peruaçu e, na forma de morros testemunhos isolados em sua margem leste. A figura 5.36 e a figura 5.37 ilustram a forma de ocorrência das rochas desta unidade.





**Figura 5.36: Afloramento de calcário/dolomito junto à área de extração entre Itacarambi e Rancharia.**



**Figura 5.37: Afloramento ao pé de morro testemunho na margem esquerda da rodovia, sentido Itacarambi-Manga.**

Com base nos mapas geológicos da AII e AID (figura 5.28 e figura 5.29) é possível determinar exatamente quais os tipos litológicos predominantes e suas respectivas proporções de ocorrência. De forma sintética o quadro 5.10 apresenta estas informações.

**Quadro 5.10**  
**Caracterização geológica da AII e da AID**

Unidades Litológicas	AII (%) – Percentual de ocorrência	AID (%) – Percentual de ocorrência	Característica Principal
Q1a - Depósitos Aluvionares Antigos	4	3	Associação com a planície aluvionar do Rio São Francisco
NQdl – Coberturas Detrito- Lateríticas	14	35	Cobertura das rochas do Bambuí
ENdl - Coberturas Detrito- Lateríticas			Cobertura da Formação Urucuia
K2u – Formação Urucuia	27	-	Arenitos com níveis de pelitos, arenitos conglomeráticos e conglomerados
NP2bp – SubGrupo Paraopeba (indiviso)	28	57	Calcarenito, dolomito, ritmito, marga, argilito, siltito arcóseo
NP2sh – Formação Serra de Santa Helena	8	-	Ardósia, folhelho, siltito, marga e calcário
NP2sl – Formação Sete Lagoas	19	5	Calcário, dolomito e pelito

A leitura do quadro 5.10 combinado com os respectivos mapas geológicos leva às seguintes considerações em relação à AII:

- Na AII ocorre o predomínio de três unidades geológicas, em ordem de representatividade espacial: NP2bp – Subgrupo Paraopeba (indiviso) com 28%, K2u – Formação Urucuia com 27% e NP2sl – Formação Sete Lagoas com 19%;
- Os Arenitos da Formação Urucuia coincidem com a região de cabeceira e nascente do Rio Itacarambi, predominando então na porção oeste da rodovia;
- A BR-135 está assentada em parte sobre as rochas do Grupo Bambuí, as quais predominam na faixa central da mesma, apresentando variações faciológicas e geomorfológicas marcantes;

- O trecho norte se assenta sobre as coberturas detríticas, as quais predominam amplamente no quadrante NE da área;
- Junto da calha do rio São Francisco e sua planície de inundação ocorrem as seqüências aluvionares.

Já, especificamente em relação à AID, pode-se afirmar que:

- Dentro do perímetro urbano de Itacarambi, nas proximidades do rio São Francisco, afloram aluviões configurando uma pequena ocorrência no âmbito da AID;
- De Itacarambi até São João das Missões a rodovia está assentada sobre rochas do Subgrupo Paraopeba e tangencia os morros testemunhos a leste e a escarpa de erosão remontante a oeste, pertencentes à Formação Sete Lagoas;
- Desde 3km a norte de São João das Missões até Manga, o trecho assenta-se sobre coberturas detrito-lateríticas. No final do subtrecho ocorrem ainda rochas do Subgrupo Paraopeba.

O quadro 5.11 apresenta uma síntese das condicionantes geológicas referentes ao trecho da BR-135.

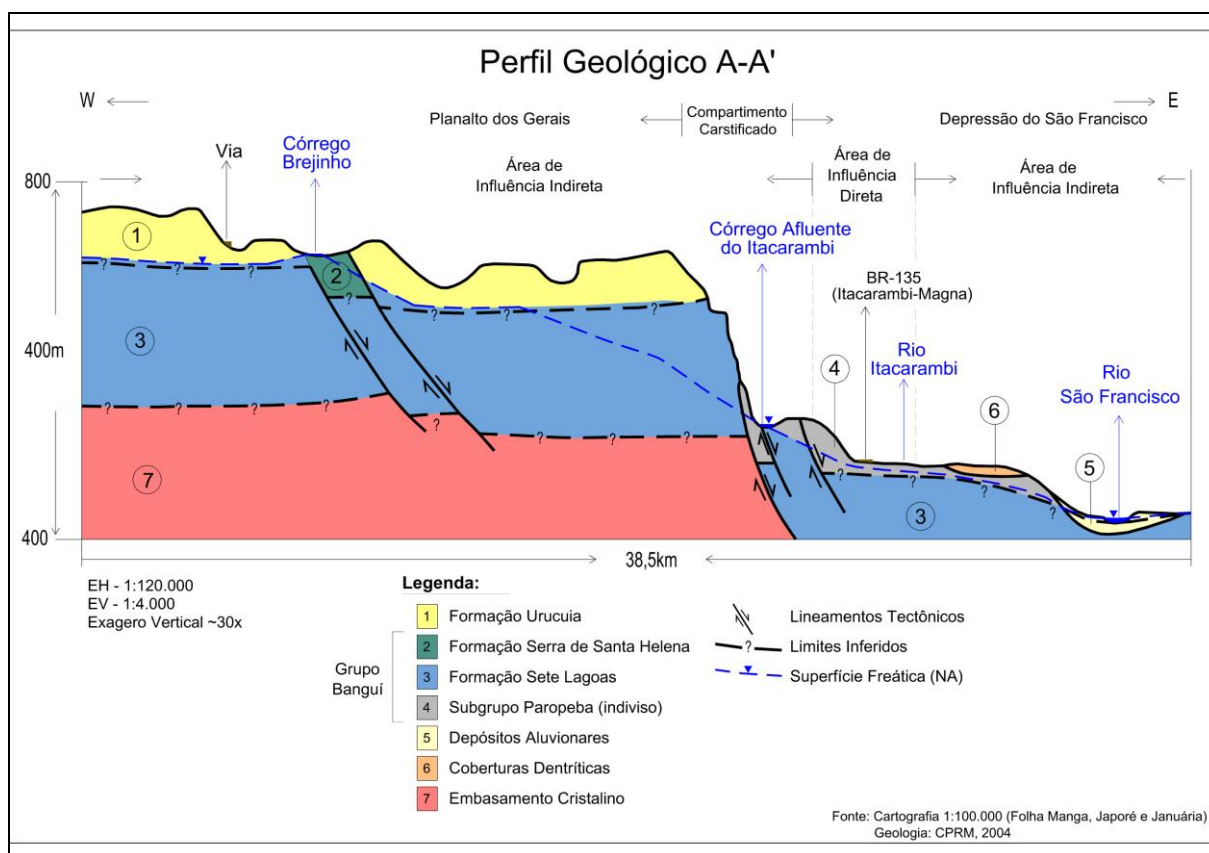
**Quadro 5.11**  
**Síntese das condicionantes potenciais ao longo do trecho da BR-135**

Unidades Litológicas	Q1a - Depósitos Aluvionares Antigos	NQdl – Coberturas Detrito-Lateríticas	NP2bp – SubGrupo Paraopeba (indiviso)	NP2sl – Formação Sete Lagoas
Presença de solos hidromórficos e orgânicos	Não ocorrem	Não ocorrem	Não ocorrem	Não ocorrem
Potencial de escorregamento de solo	Negligenciável	Negligenciável	Negligenciável	Negligenciável
Presença de taludes e estabilidade	Não ocorrem	Ocorrem taludes mas com grande estabilidade	Não ocorrem	Não ocorrem
Presença de cortes em maciço rochoso	Não se aplica	Não se aplica	Não ocorre	Não ocorre
Subsídências devido a colapsos de cavidades naturais	Não se aplica	Não se aplica	Potencialmente possível	Provável
Subsídências devido a lenta dissolução em rochas carbonáticas	Não se aplica	Possível, caso a dissolução aconteça nas rochas subjacentes	Potencialmente possível	Provável

Do quadro 5.11 se depreende que o arcabouço geológico não impõe nenhum tipo de obstáculo à execução do empreendimento. A exceção se refere às rochas carbonáticas e seus respectivos processos de dissolução os quais podem incorrer na presença de cavidades naturais e dolinas. Nesse sentido, o estudo espeleológico específico identificou e caracterizou 42 ocorrências de cavidades naturais subterrâneas na área do projeto de pavimentação da rodovia BR-135 no trecho entre os municípios de Manga e Itacarambi. Concentradas na porção centro-sul do empreendimento, as cavernas encontram-se predominantemente inseridas nas áreas do PARNA Cavernas do Peruaçu e na Terra Indígena Xacriabá e, portanto, já se encontram sob status de preservação. É possível afirmar preliminarmente que as cavernas identificadas não sofrerão impactos em função da pavimentação da rodovia, pois sua gênese e evolução estão associadas às dinâmicas no interior do maciço calcário (planalto residual São Francisco), sofrendo pouca ou nenhuma influência dos processos geomorfológicos presentes na planície de inundação.

As dolinas, por sua vez, distribuem-se ao longo de todo o eixo da rodovia e, em alguns casos, estão posicionadas no próprio eixo da mesma. Dolinas são feições dinâmicas que evoluem em consonância com eventos pluviométricos. As dolinas inseridas no eixo da estrada são rasas e apresentam baixas declividades em suas encostas. Não foram observados impactos dessas feições na estrada, nem tampouco da estrada em relação a elas, no entanto, é possível que a impermeabilização do solo e uma eventual mudança no traçado das drenagens alterem a dinâmica natural de evolução dessas feições. Eventualmente isso pode provocar uma aceleração nos processos de dissolução e subsidência, acarretando na ocorrência de impactos pontuais na rodovia. O estudo aponta para a improbabilidade da ocorrência de cavidades de grande porte (sem entrada conhecida – cavernas oclusas) por sob o eixo da estrada, o que poderia provocar abatimentos superficiais. Esta constatação baseia-se no fato de que, devido à proximidade com o rio São Francisco, eventuais cavernas na planície de inundação estariam na zona freática, preenchidas por água, o que vem a conferir boa estabilidade estrutural às mesmas. A ausência de feições de abatimento ao longo da estrada corrobora o pequeno potencial em relação a este tipo de processo.

O perfil esquemático da figura 5.38 sintetiza os elementos do meio físico relacionados ao arcabouço geológico. Através de sua leitura é possível visualizar as declividades de cada unidade, bem como suas relações estratigráficas e de contato. De acordo com as informações obtidas a campo se pode posicionar o freático através de todo o perfil.



**Figura 5.38: Perfil geológico do empreendimento**

### Aspectos Referentes à Estabilidade dos Maciços e Grau de Alteração das Rochas

O quadro 5.11 mostra uma matriz de condicionantes geotécnicos relativos às obras no trecho da BR-135. Da leitura do mesmo fica claro que estas obras não implicarão no desmonte mecânico de rochas e sim em retificações topográficas (quando necessárias) em cobertura aluvionar-detrítica não consolidada, de pequeno porte. Este mesmo Quadro identifica as propriedades geotécnicas do solo de cobertura: (i) não ocorrem solos hidromórficos orgânicos com probabilidade de subsidência; (ii) seu potencial de escorregamento de solos é negligenciável; (iii) estes solos possuem alta estabilidade nos eventuais taludes (sempre no sentido de retificar a topografia do terreno, é possível que cortes de solo se façam necessários. Estes cortes serão sempre muito pequenos - >2,0m – e sempre muito estáveis); (iv) O caráter inconsolidado destes sedimentos faz com que questões relacionadas à estabilidade de maciços e grau de alteração de rochas acabem não sendo pertinentes.

No trecho no qual a rodovia está assentada sobre rochas do Subgrupo Paropeba, entre Itacarambi até São João das Missões (incluindo seus contornos), o trecho tangencia as escarpas e morros testemunhos, sendo que no mesmo não estão previstos cortes e taludes. Por esta razão, questões referentes à estabilidade de maciços e grau de alteração das rochas, neste caso, acabam não sendo pertinentes.

No trecho a norte, entre São João das Missões e Manga, o traçado atual e os traçados alternativos (no contorno de São João das Missões e a circunscrição da mancha urbana de Manga) assentam-se predominantemente sobre coberturas detrito-lateríticas, essencialmente arenosas e de excelentes características geotécnicas. Localmente no contorno de São João das Missões, os solos da cobertura detrítica, em função de sua pouca espessura, podem deixar com que as rochas do Subgrupo Paropeba (siltitos finos com laminação plano-paralela) acabem aflorando. Estas rochas se encontram com elevado grau de alteração física, portanto são friáveis e de fácil escavação. Em função das suaves declividades neste trecho, estes cortes serão sempre de pequenas magnitudes (< 2,0m). Ressalta-se que, no trecho em questão, estes eventuais cortes e talude (caso necessários) terão boas condições de estabilidade. Trata-se de obras de retificação simples, nas quais as questões de estabilidade do maciço são irrelevantes.



## **Análise das Cavidades Naturais**

No âmbito do presente EIA foi realizado um inventário e estudos do Patrimônio Espeleológico da região da BR-135, subtrecho: Manga - Itacarambi, visando a identificação e análise dos impactos ambientais ao longo da área abrangida pelo empreendimento proposto.

Este inventário foi realizado protocolado no IBAMA no ano de 2010, como parte dos estudos ambientais necessários ao licenciamento ambiental do empreendimento e representa o resultado de uma prospecção exocárstica realizada em uma faixa de 500 metros ao longo do eixo da rodovia e no subtrecho citado.

Para este trabalho foi adotada uma área de estudo que corresponde a 500 metros de cada lado a partir do eixo da rodovia, onde foi realizada a prospecção exocárstica, considerando, na análise, sua inserção na região cárstica do vale do Peruaçu.

Esta delimitação, bastante conservadora, tem como base valores estabelecidos pelo CECAV-ICMBIO em estudos similares realizados na BR-135, no trecho entre Carinhanha e São Desidério, no oeste do estado da Bahia.

Como a rodovia, no trecho entre Manga e Itacarambi não abrange afloramentos de calcário, a faixa de 500 metros se torna suficiente para o alcance dos objetivos propostos nesta análise.

Salienta-se que a referida rodovia já se encontra implantada, sendo apenas alvo de pavimentação, não havendo alterações de traçado ou execução de outras obras de maior vulto, considerando-se, dessa forma, que o impacto ambiental, que porventura ocorra, deverá estar contido na referida faixa de 500 m a partir do eixo da estrada.

Foram identificadas e caracterizadas 42 ocorrências de cavidades naturais subterrâneas na área de estudo adotada para a prospecção espeleológica da pavimentação da rodovia BR-135, no trecho entre os municípios de Itacarambi e Manga.

As cavernas estão concentradas na porção centro-sul da área de estudo, sendo que 9 estão localizadas na Reserva Indígena Xacriabá/Rancharia (ITM-001 a ITM-009), 21 no PARNA Cavernas do Peruaçu (ITM-010 a ITM-030) e 12 em propriedades particulares (ITM-031 a ITM-042).

Na análise da previsão de ocorrência de impactos ambientais foram avaliadas a localização e tipologia das atividades previstas na pavimentação da rodovia, bem como as condições e dinâmica dos ambientes das cavernas identificadas na área de estudo adotada.

Dentre as atividades previstas para a implantação do empreendimento e suas consequências sobre o ambiente cavernícola lista-se:

- Implantação de canteiro de obras - O canteiro de obras deve localizar-se afastado das áreas que concentram as cavernas. Neste caso, não significará impacto às cavidades naturais subterrâneas.
- Abertura de caminhos de serviço - Não implica em impactos às cavidades. No entanto, recomenda-se que não sejam abertos caminhos de serviço nas restritas áreas de ocorrência de cavernas.
- Cortes e aterros; bota-fora, áreas de empréstimo - As cavernas encontram-se suficientemente afastadas do eixo da estrada de modo a não serem afetadas por estes serviços. Neste caso esta atividade não ocasionará impacto às cavidades naturais subterrâneas.
- Movimentação de máquinas e veículos - Este tipo de atividade não irá afetar as cavernas identificadas, devido à distância em que as mesmas se encontram. Salienta-se que o tráfego de veículos na estrada atualmente existente, apesar dos vários anos de operação, não resultaram em impactos perceptíveis nas cavernas.
- Pavimentação - Parte da estrada já se encontra pavimentada, inclusive no trecho onde se localizam as cavernas. Portanto, este tipo de atividade não exerce papel impactante nas cavidades naturais subterrâneas.
- Drenagem superficial - As cavernas registradas não se encontram associadas a rotas de escoamento superficial. A maior parte das cavernas encontra-se, em termos de hidrologia, a montante do eixo da estrada, impedindo impactos associados à drenagem superficial.

Considerando-se as atividades relacionadas à instalação e operação do empreendimento, prevê-se a não ocorrência de impactos às cavidades naturais subterrâneas identificadas durante este estudo. O asfaltamento deste trecho, inclusive, já se encontra concluído.

Conclui-se, portanto, que, preliminarmente, as cavernas identificadas não sofrerão impactos em função da pavimentação da rodovia, pois sua gênese e evolução estão ligadas à dinâmica no interior do maciço calcário (planalto residual São Francisco), sofrendo pouca ou nenhuma influência dos processos geomorfológicos presentes na planície de inundação.

As dolinas, por sua vez, distribuem-se ao longo de todo o eixo da rodovia e, em alguns casos, estão posicionadas no próprio eixo da mesma (duas delas). Não foram observados impactos dessas feições na estrada, nem tampouco da estrada em relação a elas. No entanto, é possível que a impermeabilização do solo e a mudança no traçado das drenagens, interferências necessárias à execução da obra, alterem a dinâmica natural de evolução dessas feições. Eventualmente isso pode provocar uma aceleração nos processos de dissolução e subsidência.

Dolinas são feições dinâmicas que evoluem em consonância com eventos pluviométricos. Embora as dolinas inseridas no eixo da estrada sejam rasas e apresentem baixas declividades em suas encostas, é sempre possível a ocorrência de deslizamentos ou mesmo carreamento de solo para o ponto de absorção, podendo ocasionar impactos pontuais na rodovia. Parece-nos improvável a ocorrência de cavidades de grande porte (sem entrada conhecida – cavernas oclusas) por sob o eixo da estrada, o que poderia provocar abatimentos superficiais. Esta constatação baseia-se no fato de que, devido à proximidade com o Rio São Francisco, eventuais cavernas na planície de inundação estariam na zona freática, preenchidas por água, o que vem a conferir boa estabilidade estrutural às mesmas. A ausência de feições de abatimento ao longo da estrada corrobora o pequeno potencial em relação a este tipo de processo.

Destaca-se que todas as dolinas localizadas no eixo e na faixa de domínio da rodovia serão investigadas através de estudos complementares de geotecnia com o objetivo de verificar, por meio de métodos de inspeção geológica, as irregularidades geofísicas porventura existentes, bem como realizar testes geotécnicos buscando a qualificação do maciço rochoso. Esses estudos complementares serão realizados e encaminhados ao IBAMA antes da formalização da LP.

Finalmente, deve-se salientar que, de acordo com os termos do Edital Nº 00117/2009-00/DNIT, relativos ao Estudo de Cavernas, especificamente no item 5.4.4.4 – Procedimentos para o Levantamento das Cavidades Existentes, “diante da existência de pelo menos uma cavidade natural deverão ser adotados os procedimentos a partir do item 5.4.4.5”, que se referem ao detalhamento físico, biótico e socioeconômico da área de influência de 250 metros de cada caverna identificada na área de estudo.

Entretanto, o estudo apontou pouca possibilidade de impactos da pavimentação da rodovia nas cavidades naturais e, propôs adequação ao traçado nos dois segmentos com maior proximidade das cavernas, de forma a resguardar as suas áreas de proteção (250 m). Desta maneira, considerou-se não ser necessário a realização dos estudos, para a classificação do grau de relevância de cada cavidade.

### **5.1.5 Recursos Minerais**

O mapeamento dos recursos minerais e sua caracterização são importantes no contexto de estudos ambientais relacionados a obras civis, como a que se vislumbra para esta região e rodovia. A atividade mineral pode estar associada a passivos ambientais, cujos impactos são importantes de serem avaliados previamente justamente no sentido de compor uma linha de base referencial de comparação. Por outro lado, a atividade mineral devidamente licenciada e monitorada pode fornecer insumos importantes a própria obra. No que diz respeito a este trecho da BR-135, em função do curto trajeto e da vasta área ocupada por reservas ambientais e áreas indígenas, a presença de sítios de mineração é apenas secundária e restrita a algumas poucas áreas, conforme será apreciado no mapa relacionado aos recursos minerais.

No contexto das seqüências carbonáticas do Grupo Bambuí, vale ressaltar a existência de importantes ocorrências de depósitos de Pb-Zn constituídos mineralogicamente por galena e esfalerita em associação com outros minerais eventualmente presentes, como fluorita, barita, pirita e calcopirita. Estas ocorrências foram formadas a partir de soluções diagenéticas hidrotermais de baixa temperatura, que provocaram a dolomitização e/ou silicificação das rochas encaixantes, às vezes acompanhados por importantes fenômenos de dissolução, seguidos pela deposição de sulfetos de Chumbo e Zinco, (Schobenhau e Coelho (1988).

Uma das formas de avaliar o potencial mineral de uma região é mapear as áreas sob concessão mineral junto ao Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM). As informações necessárias para compor este cenário foram obtidas junto ao DNPM por meio de sua Diretoria de Outorga e Cadastro Mineiro (DICAM), a qual disponibiliza uma série de ferramentas para a consulta de dados e análises relacionais de caráter espacial, referentes aos títulos minerários. Os dados são apresentados em mapas e bases cartográficas digitais permitindo realizar diferentes tipos de consultas e análises. Trata-se do sistema SIGMINE (<http://sigmine.dnpm.gov.br/>), cujas informações estão em constante atualização e foram neste caso obtidas no mês de dezembro de 2009. Os dados brutos foram retrabalhados em sistema de informações geográficas, filtrando as atividades minerais inseridas no âmbito da AII. As áreas sob concessão foram dispostas na figura 5.39, a partir do qual podem ser traçadas as seguintes constatações:

- Existem 06 (seis) processos em andamento no âmbito da AII, maior parte delas nos limites de Itacarambi, sendo que em sua maioria dizem respeito a mineração de calcário, maior riqueza mineral da região;
- A maior área requerida encontra-se apta para lavra e coincide com os morros testemunhos de da Formação Sete Lagoas, na margem direita da rodovia, a norte de Itacarambi (sentido Itacarambi-Manga);
- De forma secundária, figuram ainda ocorrências de minério de cobre e ardósia para processos industriais e areia para construção civil.

O mapeamento a campo permitiu a identificação adicional de outras 03 (três) áreas, distintas das possuidoras de registro no DNPM:

- Área de Empréstimo 1: Área de empréstimo em crista silicificada e brechada da Formação Paraopeba;
- Área de Empréstimo 2: Área de empréstimo em área de aluvião;
- Área de Empréstimo 3: Pedreira em calcário/dolomito na Formação Sete Lagoas.

Todas estas 03 (três) áreas podem ser consideradas passivos ambientais e estão inseridas dentro da AID. Os seus principais impactos ambientais dizem respeito à geração de sedimentos de forma a assorear eventuais cursos de água e nascentes.

Figura 5.39: Mapa dos registros de exploração dos recursos minerais por tipo de substância





### 5.1.6 Geomorfologia

As feições geomorfológicas desenvolvidas em uma região são resultantes da interação do clima com os fatores de natureza composicional e estrutural das rochas, resultando nos processos erosivos que atuaram no modelado do seu relevo. Os principais fatores geológicos, como a composição e a estrutura da rocha interagem com o principal condicionante dos arranjos de relevo regionais, os fatores climáticos atuais e do passado. Sendo assim, a caracterização geomorfológica se dá em 03 (três) níveis: Domínios Morfoestruturais, Regiões Geomorfológicas e Unidades Geomorfológicas.

O princípio de agrupamentos sucessivos de subconjuntos constituídos de tipos de modelados permite a identificação de Unidades Geomorfológicas com base nos tipos de modelados de dissecação, de formação superficial e do comportamento e do tipo da rede de drenagem. As Unidades agrupam-se em Regiões que são compartimentações relacionadas aos aspectos fitoecológicos e pedológicos por sua vez, agrupam-se em Domínios. Estes conjuntos se agrupam segundo uma taxonomia baseada em ordens de grandeza espacial e temporal.

Os Domínios Morfoestruturais constituem a maior divisão taxonômica e organiza a causa de fatos geomorfológicos derivados de aspectos amplos da geologia com os elementos geotectônicos e, eventualmente, o predomínio de uma litologia conspícua. Fatores que geram arranjos regionais de relevo com formas variadas mantendo relações de causa entre si. Por sua vez, este grande conjunto de formas de relevo contém subdivisões que representam o segundo táxon, designadas como Regiões Geomorfológicas.

As Regiões caracterizam uma compartimentação que apresentam não mais uma relação causal relacionado às condições geológicas, mas, essencialmente, a fatores climáticos atuais ou passados.

O terceiro táxon refere-se às Unidades Geomorfológicas. Cada Unidade Geomorfológica se distingue na paisagem pelas suas características fisionômicas (morfologia), mas também pela gênese e idade. As Unidades definem-se como um conjunto de formas fisionomicamente semelhantes em seus tipos de modelados e sua similitude decorre da geomorfogênese.

#### 5.1.6.1 Geomorfologia Regional

A paisagem da AII e da AID do empreendimento se insere no contexto da margem esquerda do rio São Francisco, sendo fortemente condicionada pelo arcabouço geológico regional e pelas especificidades climáticas do semi-árido. Na área as altitudes variam entre 400m e 900m, no Domínio da Depressão do São Francisco.

Segundo Robertson (2003 apud IBAMA, 2003) na região de Januária, o vale do rio São Francisco apresenta 20 a 30km de largura, com um fundo aluvial relativamente plano, sendo margeado por escarpamentos erosivos abruptos, com pelo menos 200m de altitude. Estas escarpas se desenvolveram em camadas sub-horizontais de sedimentos carbonáticos do Grupo Bambuí. Os poucos cursos de água perenes que cortam estas escarpas, em intervalos bem espaçados, apresentam um entalhamento vertical muito acentuado em relação a sua largura.

De acordo com o Projeto RADAMBRASIL (IBGE, 1982) a geomorfogênese regional ocorreu sob diferentes condicionantes geológicas e paleoclimáticas. Os eventos geológicos e paleoclimáticos ocorridos no Pré-Cambriano definiram as condicionantes iniciais da evolução geomorfológica regional. As características geomorfológicas atuais foram impressas nesse arcabouço geológico pretérito, resultantes de uma evolução iniciada no Cretáceo Superior e desenrolada principalmente durante a Era Cenozóica, quando se delinearão as configurações atuais.

King (1956) descrevendo a geomorfologia do 'Brasil Oriental' definiu 05 (cinco) ciclos erosivos que reduziram a paisagem do Brasil central à condição de aplainamento em escala regional. Segundo este autor, durante o Jurássico, se desenvolveu um ciclo erosivo anterior à separação Brasil -África, que reduziu a paisagem à condição de aplainamento excepcionalmente intenso. Este ciclo foi denominado de Superfície Gondwana e representa, na área de estudo, a superfície erosiva que corta as rochas carbonáticas do Grupo Bambuí.

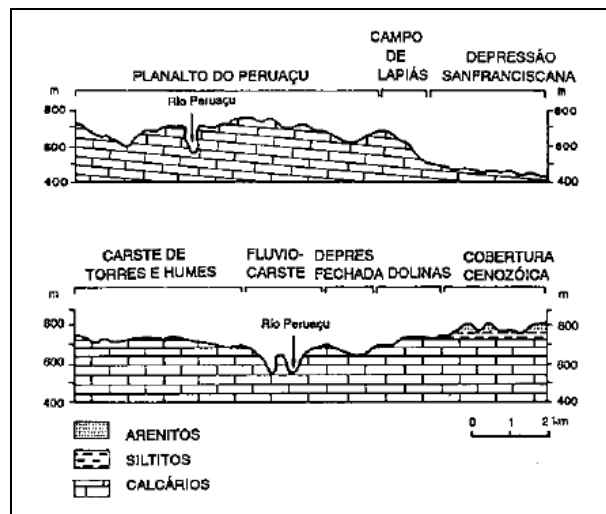
Após estes eventos, no Cretáceo, devido ao arqueamento crustal que culminou com a separação Brasil-África, sucedeu-se o rejuvenescimento do relevo, que alterou o nível de base e favoreceu uma intensa sedimentação. Sendo assim, este ciclo se encerrou com extenso aplainamento, que foi denominado por King (1956) de pós-Gondwana, sendo responsável pela deposição da Formação Uruçuia.

A partir do soerguimento continental que culminou com o surgimento do rift sanfranciscano iniciou-se o ciclo erosivo-deposicional da superfície Sulamericana, caracterizado pela ocorrência de solos de caráter colúvioaluvionares, que mantêm sua integridade sobre diferentes tipos litológicos que recobrem. De acordo com Braun (1971) todo o relevo atual do Brasil foi esculpido sobre esta superfície, através dos ciclos

erosivos posteriores. Segundo King (1956), depósitos sedimentares encontrados em cavernas da região central de Minas Gerais indicam que as mesmas foram abertas abaixo do planalto Terciário correspondente a esta superfície.

Braun op. cit. afirma que a desagregação do aplainamento sulamericano, pela dissecação profunda do ciclo erosivo Velhas, alcançou áreas de substrato calcário, abrindo e drenando as galerias subterrâneas, formadas no ciclo anterior. Segundo este autor, desta maneira foram esculpidos os relevos cársticos de São Paulo, Minas Gerais e Bahia.

Baseado na litologia e na posição topográfica (figura 5.40), Piló (1989) definiu para a região do Peruaçu, 03 (três) unidades fisiográficas homogêneas, em escala 1:100.000. São elas: Compartimento de Cimeira, Compartimento Carstificado e Compartimento da depressão do São Francisco. O compartimento de Cimeira, representado pelas cotas acima de 750m, está instalado sobre os arenitos da Formação Uruçuia, do Cretáceo Superior.



**Figura 5.40: Perfis topográficos, geomorfológicos e geológicos da região do Peruaçu elaborado por Piló (1989) para a definição das unidades fisiográficas.**

Fonte: Kohler (2003)

De acordo com Piló (1989) a partir da dissecação da superfície de Cimeira pela rede de drenagem, afloram dolomitos e calcários do Grupo Bambuí. Sobre este, desenvolve-se um relevo cárstico, que define o Compartimento Carstificado. O mesmo autor subdivide ainda este Compartimento em 04 (quatro) sub-unidades: Topo, Flúviocarste, Depressões Cársticas Fechadas e Escarpamento Escalonado.

Segundo o RADAMBRASIL (1982) este compartimento está sendo dissecado pela instalação e aprofundamento da rede de drenagem. Os excessos fluviais e os siltitos impermeáveis formam o nível hidrostático subsuperficial dando origem a feições do tipo veredas. Aliado a isto, a topografia plana dos chapadões dificulta o escoamento das águas, que fluem superficialmente alagando as margens permeáveis recobertas por colúvios arenosos.

De acordo com a interpretação de Piló (1989) a evolução do modelado cárstico deste compartimento está associada à evolução do Flúviocarste. Moura (1997), a partir de parâmetros geocronológicos relativos, sugere que o limite inferior de abertura do Flúviocarste do rio Peruaçu se deu no Plio-Pleistoceno, contemporâneo à dissecação da superfície de aplainamento Sulamericana definida por King (1956), em função dos primeiros abatimentos resultantes da evolução do endocarste e da remoção dos siltitos e arenitos que recobriam os calcários. O rápido aprofundamento do nível de base local (rio Peruaçu), possivelmente às mudanças globais do Quaternário para condições mais úmidas, teria provocado a alteração e a descompressão e, conseqüentemente, os grandes abatimentos ao longo do Flúviocarste, do Pleistoceno Médio ao Superior. A dinâmica da evolução do carste teria prosseguido com a retração dos paredões remanescentes, que passaram a formar um cânion interrompido por trechos endocársticos. Diante disto, várias cavernas foram abandonadas e expostas, servindo como testemunhos de antigos condutos secundários, perpendiculares à calha principal.

Conforme o RADAMBRASIL (1982) o posicionamento do calcário na borda do chapadão do São Francisco, é sob, certos aspectos, um fator restritivo ao desenvolvimento das atividades humanas. Ainda que a morfologia dos vales seja favorável à implantação de barragens, o estancamento dos reservatórios é fator problemático, em função da carstificação e da presença de fissuras na rocha que podem provocar perdas,

exigindo um estudo minucioso e altos custos de engenharia. Por outro lado, os terrenos cársticos apresentam potencialidades ao turismo.

O terceiro compartimento da paisagem, sugerido por Piló (1989), representa a depressão do São Francisco, constituído pela faixa rebaixada entre as cotas 500 e 440m, com topografia plana e suavemente ondulada, instalada sobre um substrato de materiais inconsolidados de idade Quaternária, formado por coberturas detríticas (areias finas e argilas sílticas) e Latossolos Vermelho-Escuros, desenvolvidos a partir de material residual intemperizado do Grupo Bambuí.

A utilização das terras deste último compartimento para agricultura, segundo o RADAMBRASIL (1982), depende da obtenção e armazenamento da água, pois as chuvas são ineficientes para prover o pleno desenvolvimento agrícola da região.

#### **5.1.6.2 Mapeamento Geomorfológico**

Conforme o Mapa Geomorfológico exposto na figura 5.41 a All do empreendimento abrange 03 (três) Unidades Geomorfológicas (IBGE, 1982):

- Patamares do Chapadão;
- Vão do São Francisco; e
- Várzeas e Terraços Aluviais.

Ainda com relação a All apresenta-se junto ao Mapa Geomorfológico uma tabela com os percentuais de ocorrência por tipo de modelado de cada Unidade, o substrato geológico correspondente e a cota altimétrica de ocorrência.

Na AID também ocorrem todas as 03 (três) Unidades, contudo as Unidades Patamares do Chapadão Várzeas e Terraços Aluviais ocupam áreas inexpressivas, conforme se observa no Mapa Geomorfológico (figura 5.42), onde são apresentados também os percentuais de ocorrência dos tipos de modelados, substrato geológico e cotas de ocorrência.

#### Unidade Geomorfológica Patamares do Chapadão

A Unidade Geomorfológica Patamares do Chapadão corresponde ao Domínio do Planalto das Estruturas Sedimentares Concordantes e à Região do Planalto do Divisor São Francisco-Tocantins.

Tem como arcabouço geológico formações que correspondem ao Proterozóico Inferior mascaradas por coberturas relacionadas ao Proterozóico Superior (Grupos Paranoá e Bambuí) e ao Cretáceo (Formação Urucuia). Nesta Unidade o Grupo Bambuí apresenta um comportamento estrutural caracterizado por dobras, falhas ou fraturas responsáveis pela existência de lineamentos. Contudo, as dobras são de inexpressiva amplitude e não apresentam feições geomorfológicas distintas.

A parte oriental desta Unidade Geomorfológica apresenta uma descontinuidade, condicionada por uma linha de falha de direção NNE, evidenciada pelas diferenças estratigráficas e litológicas, ocorrentes em ambas as margens do rio São Francisco, que correm entre as 02 (duas) seções do patamar. A sudeste, esta Unidade de relevo apresenta um caimento topográfico em direção à calha do rio São Francisco, sendo cortado por lapiás que consomem o calcário dissecando-o em formas convexas, sendo os mesmos parcialmente recobertos por solos remanejados.

Ainda neste compartimento predominam os modelados de aplanamento degradados e retocados em diferentes níveis topográficos sobre arenitos do Grupo Urucuia e rochas do Grupo Bambuí. Também destacam-se modelados de dissecação diferencial, com formas convexas ou aguçadas e patamares karstificados em rochas do Grupo Bambuí. Os planaltos distinguem-se pelo modelado predominantemente plano com áreas localizadas de dissecação diferencial, relacionadas principalmente com os sedimentos horizontais da Formação Urucuia, sobrepostos aos do Grupo Bambuí.



**Figura 5.41: Mapa geomorfológico - All**

Figura em A3





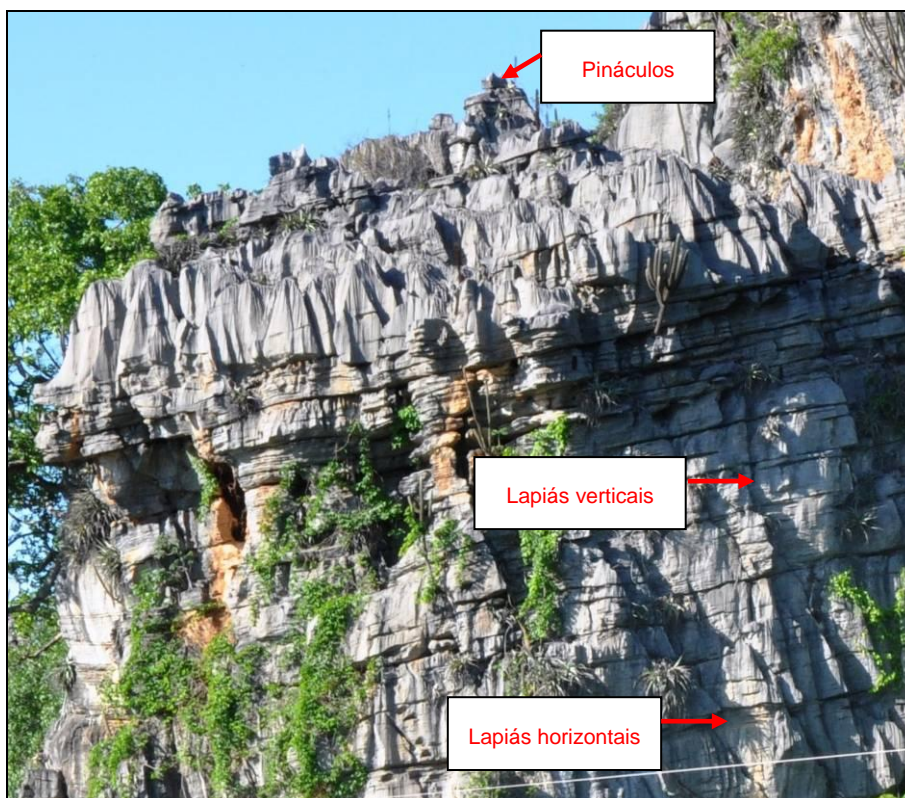
**Figura 5.42: Mapa geomorfológico - AID e ADA**

Prancha 570x277



A Unidade apresenta trechos de aplanamentos retocados inumados (Pri), que são mais extensos e conservados na região onde se encontra o empreendimento, e áreas de deposição mapeadas como carste coberto (Kc), voltadas para o Vão do São Francisco. Correspondem ao nível de deposição do Urucuia. Refere-se a uma superfície de aplanamento que recuou as escarpas do chapadão, recebendo material areno-argiloso coluvionado, posteriormente dissecado por pequenos rios e pelas veredas. Imediatamente embaixo desta cobertura coluvial herdada se encontra o calcário. Na medida em que há exumação do material aparecem formas cársticas exumadas (Kd) (figura 5.43 e figura 5.47) ou em exumação (Ke) pela retirada da cobertura de Arenitos Urucuia.

A figura 5.43 ilustra o maciço calcário descoberto (Kd) ocorrente a cerca de 700m do trecho da BR-135, na AID do empreendimento, representante da Unidade Geomorfológica Patamares do Chapadão, e destaca os tipos de lapiás que cortam a rocha, os quais se instalam por meio da rede de diaclases presentes na rocha. Este maciço encontra-se nos limites do Parque Nacional (PARNA) Cavernas do Peruaçu.



**Figura 5.43: Relevo cárstico Descoberto (Kd). Bloco adernado exibindo formas originadas pela dissolução nos Patamares do Chapadão com destaque para os tipos de lapiás ocorrentes.**

Além dos trechos retocados inumados (Pri) ocorrem também áreas com aplanamento degradado inumado (Pgi). Nestas áreas as formas são planas, parcialmente conservadas, tendo perdido a continuidade em consequência de mudança no sistema morfogenético. Estas formas são geralmente dissecadas e separadas por escarpas ou ressaltos de outros modelados de aplanamento de dissecação e de dissolução. Aparecem frequentemente mascaradas, inumadas por coberturas detríticas e, ou de alteração, constituídas de couraças e, ou latossolos.

Com o predomínio de um relevo aplainado a paisagem da AII do empreendimento correspondente a esta Unidade Geomorfológica é marcada pela presença de morros tabulares residuais (formas positivas) ou dolinas de subsidência lenta (afundamentos cônicos do terreno) sugerindo o transporte de material superficial para o interior de condutos subterrâneos, desenvolvidos na seqüência carbonática subjacente, bem como por uvalas e dolinas de abatimento. Neste compartimento, verifica-se a ocorrência de uma cobertura inconsolidada, com cor avermelhada e natureza silto-arenosa (figura 5.44) originada pelo intemperismo das rochas sedimentares da Formação Urucuia.



**Figura 5.44: Manto de intemperismo da Formação Urucuia sobre a Unidade Patamares do Chapadão. Cobertura silto-arenosa inconsolidada de cor avermelhada, material silto-arenoso.**

#### Unidade Geomorfológica Vão do São Francisco

A Unidade Geomorfológica em questão corresponde ao Domínio das Depressões Pediplanadas e à Região Geomorfológica da Depressão do São Francisco - Rio de Contas. Ocupa cerca de 40% da AII do empreendimento e praticamente toda a extensão da AID.

Caracteriza-se por constituir uma macrotopografia relacionada com fatores morfoestruturais à qual se superpõem às feições resultantes das ações morfoclimáticas, gerando superfícies de aplanamento interplanálticas e periféricas, algumas das quais são carstificadas. Predominam as feições de pediplanos com cobertura detrítica, principalmente arenosas, contendo localmente seixos ou argilas. De modo geral essa Unidade foi submetida a processos de pediplanação em rochas do embasamento e do Grupo Bambuí e localmente a processos de dissolução de rochas calcárias deste Grupo.

As feições estruturais demonstram que a área foi pouco afetada por esforços tangenciais, porém sua cobertura mostra distorções localizadas sob a forma de pequenas falhas normais de fraco rejeito que acompanharam os movimentos de ascensão dos planaltos entre os quais se estabeleceram.

A morfologia da área é representada, em geral, por um conjunto de relevos aplanados com altitudes médias que variam entre 400m e 600m. Caracteriza-se por extensos planos inclinados desenvolvidos sobre rochas do embasamento cristalino e do Grupo Bambuí. A dissecação é fraca, definida principalmente pelo rio de Itacarambi, sendo seus afluentes, em sua maioria, de caráter intermitente.

Em quase toda a extensão da AID esta Unidade manifesta modelados de aplanamentos retocados inumados (Pri) – figura 5.45 e figura 5.46. Trata-se de uma superfície de aplanamento elaborada durante fases sucessivas de retomada de erosão sem, no entanto, perder suas características de aplanamento, cujos processos geram sistemas de planos inclinados e às vezes levemente côncavos; pode apresentar cobertura detrítica e/ou encouraçamentos com mais de 1m de espessura, indicando remanejamentos sucessivos.



**Figura 5.45: Paisagem dos modelados de aplanamentos retocados inumados (Pri) na AID do empreendimento. Ao fundo, carste em exumação (ke). Município de São João das Missões.**





**Figura 5.46: Ao fundo, formas tabulares desenvolvidos sobre a Formação Urucua. Carste em exumação (Ke). Município de São João das Missões.**

Junto a este trecho com ocorrência de modelados “Pri” surgem carstes descobertos (Kd) do Grupo Bambuí que caracterizam o conjunto de formas de dissolução, originadas em superfície (lapiás), descobertas por erosão de coberturas preexistentes. Esta área encontra-se junto ao Parque Estadual da Mata Seca, à direita do trecho da BR-135, sentido Itacarambi - Manga e está ilustrada na figura 5.47.



**Figura 5.47: Afloramentos do Grupo Bambuí sob a forma de lajedos. Carste descoberto (Kd) ocorrente sobre a Unidade Vão do São Francisco. Parque Estadual da Mata Seca.**

A morfologia cárstica se faz presente nesta Unidade pela ocorrência de formas negativas e positivas. A primeira, mapeada pelo IBAMA (2003), está representada pelas uvalas e dolinas de subsidência lenta. Salienta-se que estas formas não se encontram sobre a ADA do empreendimento, não sendo também visualizadas em campo no espaço que corresponde à AID. Estas formas são pequenas depressões no terreno, de configuração circular, com alguns metros de diâmetro. As uvalas possuem bordas escarpadas e por vezes transformam-se em lagoas temporárias. Formas residuais calcárias como a do Morro de Itacarambi (figura 5.48), que representa uma forma cárstica positiva, situado a cerca de 1km do trecho da BR-135, demonstram que este tipo de rocha ocupava posição topográfica mais elevada e que foi rebaixada pelos processos de pediplanação e de dissolução relacionados com sistemas morfogenéticos diversos.



**Figura 5.48: Morro de Itacarambi – relevo residual ocorrente na Unidade Vão do São Francisco. Município de Itacarambi.**

Na porção sul da AID, no município de Itacarambi, ocorrem modelados de carste coberto (Kc), onde as formas de dissolução estão mascaradas por argilas e outros produtos de descalcificação, detritos e solos caracterizadas por extensos planos inclinados que partem das escarpas dos Patamares do Chapadão. Com fraca dissecação, os modelados do “Kc” estão sendo esculpido por cursos fluviais intermitentes que drenam em direção às várzeas e terraços fluviais do rio São Francisco, passando pelos modelados “Pri”.

### Várzeas e Terraços Aluviais

A Unidade Geomorfológica Várzeas e Terraços Aluviais corresponde ao Domínio das Planícies de Acumulações Recentes e à Região das Planícies Fluviais do Médio São Francisco. Sua ocorrência se dá na AII do empreendimento, em cerca de aproximadamente 3% de seu espaço físico. O termo várzea designa a parte da planície fluvial que se posiciona topograficamente entre os terraços e o talvegue do rio São Francisco, sujeita a inundações.

Trata-se de uma Unidade que engloba os modelados de origem fluvial (Af) os quais traduzem as etapas de evolução da planície do médio rio São Francisco, bem como de seus afluentes. Compreende sedimentos do Quaternário, representados pelos aluviões, essencialmente arenosos, pouco consolidados ou inconsolidados de espessura variada. Possui formato alongado com uma direção preferencial no sentido SO-NE.

Corta a superfície aplanada do Vão do São Francisco, penetrando entre os afluentes da AII que possuem baixos gradientes próximo às confluências, favorecendo a penetração do rio São Francisco em seus baixos cursos. Abrange o limite leste da AII, em uma faixa estreita ao longo da margem do rio São Francisco. De acordo com o RADAMBRASIL (IBGE, 1982), Itacarambi era uma das cidades ribeirinhas atingidas pelas inundações do rio São Francisco, cuja variação de nível é passível de verificação nos terraços aluvionares que atingem mais de 3m de altura.

Conforme se observou em campo parte dos terraços aluvionares do rio São Francisco, tanto em Manga quanto em Itacarambi, se encontram em processo ativo de erosão. Nesse sentido, urge por parte do Poder Público ações de contenção destes processos a fim de evitar o surgimento de áreas de risco no espaço urbano, assim como já realizado em outros trechos (figura 5.49).



**Figura 5.49: Muros de contenção de processos erosivos dos terraços aluviais do rio São Francisco. Município de Itacarambi. Ao fundo, terraços em processo ativo de erosão.**

As várzeas e os terraços (figura 5.50), que podem conter barras aluviais, bancos de areias laterais e medianos, canais de enchentes, lagoas (figura 5.51), etc., ressaltam os diferentes estágios da evolução geomorfológica desta Unidade de relevo. Estes materiais aluvionares, do Quaternário e atuais formadores desta Unidade, foram depositados sobre os sedimentos do Grupo Bambuí do Proterozóico Superior, bem como sobre as coberturas detríticas do Vão do São Francisco.

Este material de terraço relacionado com depósitos provenientes das encostas das terras mais altas encontra-se pedogeneizado, com coloração creme e textura areno-argilosa, e fraca dissecação. Apesar de topograficamente mais altos, os terraços são eventualmente atingidos pelas cheias do rio. Na imagem de satélite consultada (figura 5.52) são observados barras aluviais no terraço e na planície aluvial, sendo que nos primeiros os topos dos diques podem estar livres das enchentes do rio São Francisco. Em vista disso são recobertos por uma vegetação de porte maior; na várzea esses diques ficam submersos e recebem depósitos arenosos e lamosos durante os períodos de águas altas.

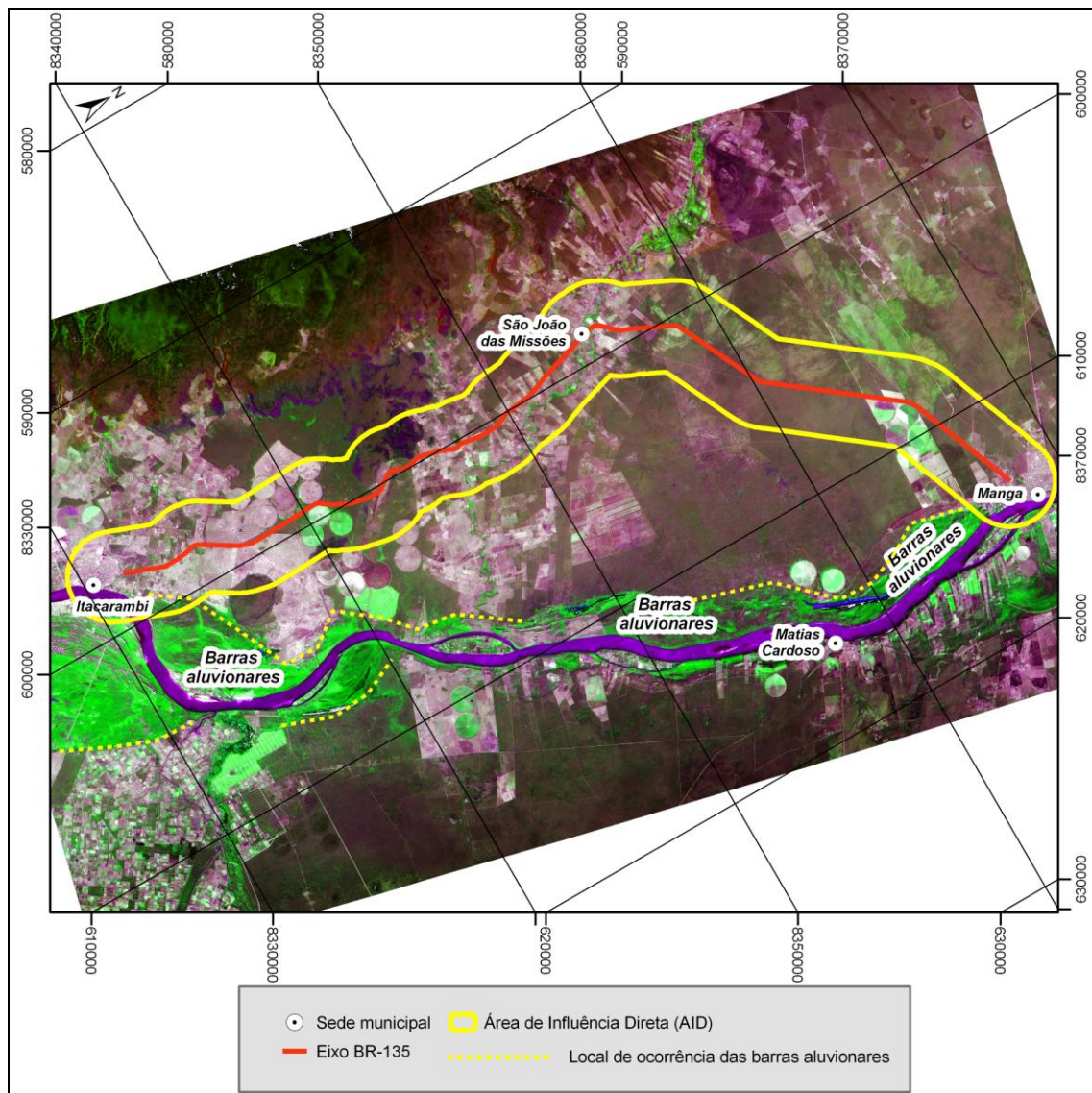




**Figura 5.50: Terraços aluviais às margens do rio São Francisco, All do empreendimento. Município de Itacarambi.**



**Figura 5.51: Lagoa desenvolvida entre os terraços aluviais do rio São Francisco. Parque Estadual da Mata Seca.**



**Figura 5.52: Local de ocorrência de barras aluvionares. Margens do rio São Francisco.**

### 5.1.6.3 Geomorfometria

A geomorfometria, campo da geomorfologia que procura descrever quantitativamente as formas da superfície, considera 02 (dois) tipos de atributos topográficos: (i) os primários ou aqueles que podem ser calculados diretamente da elevação; e (ii) os secundários (índices), que são gerados pela combinação de dois ou mais atributos topográficos primários.

Entre as variáveis geomorfométricas primárias e de natureza local, as mais amplamente difundidas são a declividade, a orientação das vertentes, a forma do terreno e a própria altitude. Estas podem ser determinadas localmente pela derivação da superfície topográfica a partir de um Modelo Digital de Elevação (MDE).

Os MDE são arquivos que contêm registros altimétricos estruturados em linhas e colunas georreferenciadas, como uma imagem que apresenta um valor de elevação em cada pixel. Os registros altimétricos devem ser valores de altitude do relevo, idealmente, para que o MDE seja uma representação da topografia. Embora existam MDE de origens diversas, as curvas de nível constituem uma importante fonte de dados para sua construção. Essencialmente, a construção de MDE com mapas topográficos consiste na digitalização das isolinhas e sua posterior interpolação, quando as altitudes são estimadas ponto a ponto de uma grade regular para seu armazenamento.

Embora os MDE representem insumo fundamental ao conhecimento do relevo, muito de sua utilização numérica recai sobre variáveis derivadas da altimetria, como a declividade, o exemplo mais imediato. No

entanto, deve-se lembrar que uso direto da elevação como fator analítico tem grande importância para avaliar o potencial gravitacional do relevo, ou seja, a força atuante dos agentes erosivos ao longo das vertentes. Quanto maior a declividade, maior o grau de susceptibilidade à erosão das terras.

Assim sendo, o relevo pode ser descrito em termos de tipos (normal, subnormal, côncavo e excessivo), gradientes ou intervalos (0-2%, 2-5%, etc.), forma (plano, convexo, côncavo, misto) e uniformidade (uniforme, irregular). As diferentes combinações desses atributos podem levar a distintos graus de fragilidade ambiental impostos pelo relevo.

Dessa forma, para complementar a caracterização da geomorfologia avaliou-se a geomorfometria da área de influência do empreendimento por meio de dados geomorfométricos derivados de processamento efetuados em imagens SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) do Projeto Topodata desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), disponíveis gratuitamente (<http://www.dpi.inpe.br/topodata>), em diferentes planos de informação. Dentro do propósito do presente estudo utilizou-se os seguintes planos de informações: hipsometria, declividades e forma do terreno.

### Hipsometria

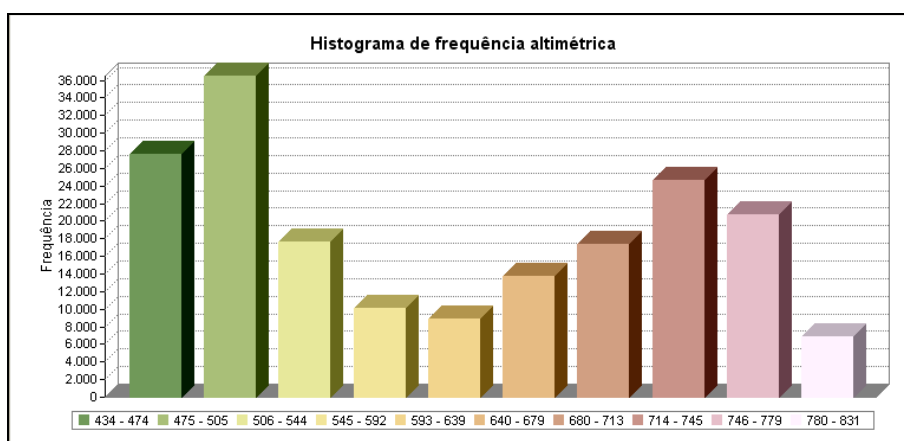
O reconhecimento da hipsometria nos estudos geomorfológicos assume importância não apenas na avaliação da variação altimétrica do relevo, mas também nos aspectos que se associam à verificação da energia do relevo ao indicar condições mais propícias à dissecação às áreas de maior altitude e de acumulação às áreas de menor altitude.

A hipsometria preocupa-se em estudar as interrelações existentes em determinada unidade horizontal de espaço no tocante à sua distribuição em relação às cotas altitudinais, indicando a proporção ocupada por determinada área da superfície terrestre em relação às variações altimétricas a partir de determinada isoipsa base.

Os estudos hipsométricos possibilitam conhecer o relevo, que por sua vez interfere decisivamente no processo erosivo, principalmente através do escoamento superficial da água. A configuração topográfica de uma área de drenagem está estritamente relacionada com os fenômenos de erosão que se processam em sua superfície. Também através da hipsometria é possível detectar o índice de dissecação do relevo.

Para caracterizar a hipsometria da área de influência do empreendimento adotou-se a subdivisão em 10 (dez) classes de 30 em 30m. Esta adoção de classes se justifica, pois confere melhor detalhamento das características hipsométricas tanto da AII quanto da AID.

A hipsometria da AII do empreendimento varia entre 434m a 831m. Pode-se afirmar que sua distribuição de freqüências apresenta um comportamento tri-modal com picos nos intervalos de 434-474m, 474-505m e 714-745m (figura 5.53). Os 02 (dois) primeiros intervalos correspondem a Unidade Vão do São Francisco e, o terceiro, Patamares do Chapadão, principalmente às bordas dos planaltos.



**Figura 5.53: Histograma de frequência altimétrica da AII.**

Conforme se observa no Mapa Hipsométrico da AII (figura 5.54) que também ilustra os perfis altimétricos desta área de influência do empreendimento, existe um gradativo caimento altimétrico no sentido S-N (perfil A-B) e W-E (perfil C-D), correspondendo aos compartimentos geomorfológicos mapeados.





**Figura 5.54: Mapa hipsométrico - All**



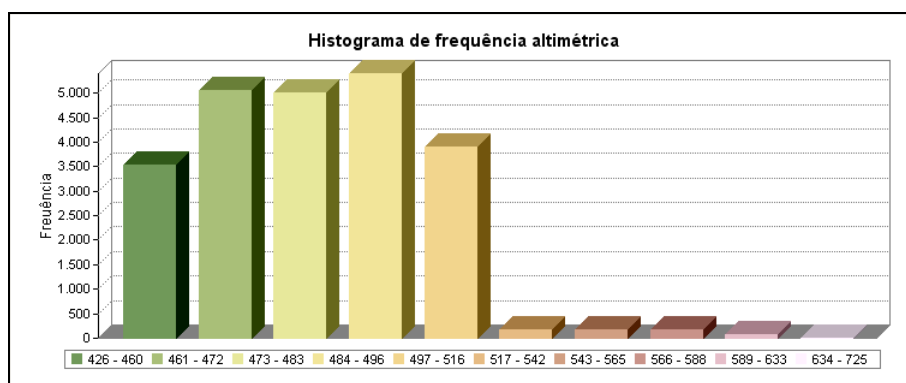


**Figura 5.55: Mapa hipsométrico - AID e ADA**



A hipsometria da AID (figura 5.55) varia entre 426m a 725m, e da mesma forma que a All possui um padrão tri-modal. Ocorre com maior freqüência o intervalo de classe entre 484m a 496m, seguido pelos intervalos de 461m a 472 e 473m a 483m. Todos estes intervalos correspondem à Unidade Vão do São Francisco, esta que possui ocorrência bastante significativa no espaço físico da AID. Os picos hipsométricos estão representados pela presença de parte do maciço cárstico aflorante próximo ao trecho da BR-135, junto ao Parque Nacional Cavernas do Peruaçu.

Ao se avaliar o perfil altimétrico da AID apresentado junto ao Mapa Hipsométrico da AID (figura 5.55) e (figura 5.56) histograma de freqüência altimétrica da AID, verifica-se que a altimetria da AID no sentido da Sede do município de Itacarambi até o vale do rio homônimo (perfil A-B) no município de São João das Missões, se mostra com poucas variações, com exceção do pico que corresponde às proximidades do maciço cárstico aflorante e das proximidades do vale, onde a altitude decresce (figura 5.57) cerca de 40m. No sentido Manga-São João das Missões (perfil C-D) ocorre uma elevação altimétrica de cerca de 40m a qual se reduz na região do vale do rio de Itacarambi.



**Figura 5.56: Histograma de freqüência altimétrica da AID**



**Figura 5.57: Vale do rio de Itacarambi. AID do empreendimento. Município de São João das Missões.**

## Declividades

Devido a estreita associação com processos de transporte gravitacional (escoamento, erosão, deslizamento), a declividade do terreno é uma variável básica para a segmentação de áreas em praticamente todos os procedimentos de planejamento territorial. Podemos dizer que todos os métodos de avaliação de terras ou planejamento conservacionista, baseados em modelagem numérica ou em decisões lógicas, lidam com a variável declividade. Além dessas aplicações, também figura entre as variáveis de evidente aplicação na interpretação geomorfológica.

A declividade, portanto, tem relação importante com vários processos hidrológicos, tais como a infiltração, o escoamento superficial, a umidade do solo, etc. (LIMA, 1986). Nesse âmbito, quanto maior a declividade maior é o escoamento superficial, e quanto menor for esta variável (declividade), maiores serão as taxas de infiltração.

A declividade é definida como o ângulo de inclinação (zenital) da superfície do terreno em relação à horizontal. Seus valores podem variar de 0° a 90°, embora seja mais comumente expressa em porcentagem, de zero a infinito.

Para o reconhecimento da declividade adotou-se a classificação proposta pela EMBRAPA (1999). A subdivisão de classes de declividade proposta pela EMBRAPA (1999) qualifica as condições de declividade, comprimento de encostas e configuração superficial dos terrenos, que afetam as formas de modelado (formas topográficas) de áreas de ocorrência das unidades de solo. As distintas classes são empregadas não apenas para prover informação sobre praticabilidade de equipamentos agrícolas, mas também facilitar a inferência sobre suscetibilidade dos solos à erosão e, nesse caso, justifica-se sua aplicação no presente estudo.

No quadro 5.12 estão apresentados os percentuais de ocorrência de cada classe de declividade na AID e na All do empreendimento, e no quadro 5.13 estão apresentados os limites das classes proposta pela EMBRAPA (1999) e sua correspondente descrição.

Conforme se observa no mapa de declividades e no quadro 5.12, 54% da AID e 54% da All do empreendimento apresentam relevo plano, com declividades entre 0 a 3%, com desnivelamentos inexpressivos, os quais se distribuem ao longo da Unidade Vão do São Francisco e em algumas porções do compartimento Patamares do Chapadão. Na AID o relevo plano predomina no trecho que vai do município de Manga a São João das Missões.

**Quadro 5.12**  
**Percentuais de ocorrência por classes de declividades – AID e All.**

Classe	% de ocorrência	
	AID	All
Plano (0 a 3%)	54%	54%
Suave ondulado (3 a 8%)	35%	31%
Ondulado (8 a 20%)	8%	10%
Forte ondulado (20 a 45%)	2%	4%
Montanhoso a escarpado	1%	1%

O relevo com classe “suave ondulado” também apresenta ampla ocorrência na AID e na All, pois assume um percentual de, respectivamente, 35% e 31% do espaço físico. Na AID o relevo suave ondulado distribui-se, sobretudo, no trecho que vai de Itacarambi a São João das Missões, correspondendo à Unidade Vão do São Francisco. Na All, esta classe distribui-se, principalmente, sobre os Patamares do Chapadão onde assume declividades da ordem de 3 a 8%.

Nestas áreas que apresentam suaves declividades, nas quais o relevo é plano ou suave ondulado, o escoamento superficial, ou deflúvio, é lento ou moderado. Assim sendo, o declive não oferece dificuldade ao uso de maquinários, e não existe erosão hídrica significativa, exceto, possivelmente, em vertentes cujas rampas sejam muito longas e com solos altamente susceptíveis à erosão ou quando recebem contribuições de áreas vizinhas situadas à montante. Portanto, nestes locais, proteções com práticas conservacionistas mais complexas podem ser necessárias, tais como sistema de terraços e faixas de retenção.

O relevo ondulado, com declividade de 8 a 20%, ocorre em 8% do espaço físico da AID e em 10% da All. Na All corresponde aos modelados dos Patamares do Chapadão e, na AID sua ocorrência está concentrada no vale do rio de Itacarambi, na divisa entre os municípios de Manga e São João das Missões, caracterizando-se pela presença de modelados de aplainamento retocados inumados.

Os modelados da AII com relevo ondulado correspondem ao carste descoberto (Kd) e ao carste em exumação (Ke), cujos processos que permitem o afloramento do substrato cárstico são favorecidos pela inclinação das vertentes. Na AID o relevo ondulado está associado aos modelados retocados inumados (Pri).

Nos espaços onde as formas são onduladas o escoamento superficial, para a maior parte dos solos, é médio ou rápido. O declive normalmente não prejudica o uso de máquinas agrícolas. Em alguns casos, a erosão hídrica oferece poucos problemas ou pode ser controlada com práticas simples. Porém, na maior parte das vezes, práticas complexas de conservação do solo são necessárias para que terras com esse declive possam ser melhor aproveitadas. Nas porções com declive na ordem dos 20% o escoamento superficial é rápido e existe dificuldade no uso de maquinários. A erosão é significativa na maior parte dos solos, exceto naqueles muito permeáveis e/ou com baixa erodibilidade, tais como alguns latossolos. Normalmente áreas com esse tipo de declive só devem ser usadas para cultivos perenes, pastagens ou reflorestamento.

O relevo forte ondulado, que assume declives na ordem de 20 a 45%, está presente em áreas restritas da AID e da AII, e compreende um percentual de, respectivamente, 2% e 4% do espaço total. Limita-se aos modelados onde o carste está descoberto (Kd) ou em exumação (Ke), nos Patamares do Chapadão (figura 5.43), e ao Morro de Itacarambi (figura 5.48), no Vão do São Francisco. As áreas são fortemente inclinadas, cujo escoamento superficial é muito rápido na maior parte dos solos.

Os declives acentuados, da ordem de 45% e, ou superiores têm ocorrência restrita na AII e na AID, limitando-se às bordas dos planaltos dos Patamares do Chapadão e à elevação do morro já citado. Constituem-se por áreas íngremes, onde não é possível trafegar. Os solos são excessivamente rasos e o escoamento superficial é sempre rápido.

Os mapas que espacializam a declividade da AII e da AID, com base na proposta da EMBRAPA (1999) estão apresentados na figura 5.58 e na figura 5.59, respectivamente.

**Quadro 5.13**  
**Classes de declividades de acordo com a EMBRAPA (1999).**

Relevo	Faixa de Declividade (%)	Descrição
Plano	0 a 3	Superfície de topografia esbatida ou horizontal, onde os desnivelamentos são muito pequenos, com declividades variáveis de 0 a 3%.
Suave ondulado	3 a 8	Superfície de topografia pouco movimentada, constituída por conjunto de colinas ou outeiros (elevações de altitudes relativas até 50m e de 50 a 100m), apresentando declives suaves, predominantemente variáveis de 3 a 8%.
Ondulado	8 a 20	Superfície de topografia pouco movimentada, constituída por conjunto de colinas ou outeiros, apresentando declives moderados, predominantemente variáveis de 8 a 20%.
Forte ondulado	20 a 45	Superfície de topografia movimentada, formada por outeiros ou morros (elevações de 50 a 100m e de 100 a 200m de altitudes relativas) e raramente colinas, com declives fortes, predominantemente variáveis de 20 a 45%.
Montanhoso a escarpado	>45	Superfície de topografia vigorosa, com predomínio de formas acidentadas, usualmente constituídas por morros, montanhas, maciços montanhosos e alinhamentos montanhosos, apresentando desnivelamentos relativamente grandes e declives fortes ou muito fortes, predominantemente variáveis de 45 a 75%. Incluem-se também as possíveis áreas com formas abruptas compreendendo superfícies muito íngremes, vertentes de declives muito fortes, usualmente ultrapassando 75%.

Fonte: EMBRAPA (1999).



**Figura 5.58: Mapa de declividades - All**



**Figura 5.59: Mapa de declividades - AID**



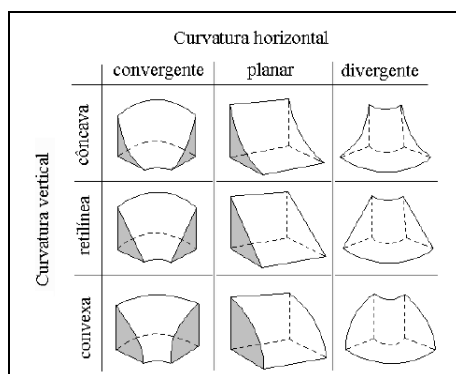
## Forma do Terreno

Segundo Guerra (2007) é de suma importância o mapeamento das formas das encostas, pois aquelas de formas convexas se caracterizam pela divergência de fluxo e assim sujeitas a processos de erosão e movimentos de massa, bem como de inundações. Já as formas côncavas estão relacionadas à convergência de fluxos de água, estando associadas tanto à deposição quanto à erosão.

No âmbito dos projetos de engenharia civil, sobretudo aqueles que dizem respeito à construção de rodovias, é relevante o conhecimento da forma do terreno e, ou das vertentes, pois o gradiente dos taludes não deve exceder padrões aceitáveis na estabilidade das encostas a fim de que não ocorram deslizamentos, escorregamentos e processos erosivos. Para tanto, nos cortes, deve ser diminuído ao máximo o ângulo do talude e evitados aterros. Desta maneira o aparecimento de ravinas e voçorocas é minimizado.

De acordo com Valeriano (2008) a forma do terreno resulta da combinação entre as curvaturas horizontais (convergente, planar, divergente) e verticais (côncava, retilínea, convexa) do terreno (figura 5.60). Diante disso, as classes de forma de terreno podem ser reagrupadas em função de sua similaridade frente a esses aspectos.

A curvatura horizontal expressa o formato da vertente quando observada em projeção horizontal e deriva não da elevação, mas sim das curvas de nível. Já a curvatura vertical expressa o formato da vertente quando observada em perfil; deriva da altitude o que pode ser descrito como a variação da declividade ao longo de uma determinada distância.

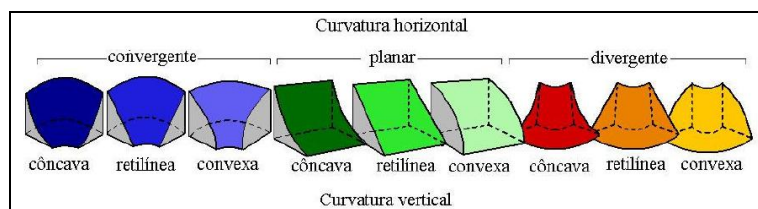


**Figura 5.60: Combinação das curvaturas para caracterização das formas do terreno.**

Fonte: Valeriano (2008)

Por expressar a variação independente de 02 (duas) variáveis, a forma do terreno não é facilmente representada em esquemas de cores ordenadas por um único atributo. A integração de 02 (duas) escalas ordenadas tem, no entanto, correspondência com as relações colorimétricas entre as componentes de cada cor. Assim, esta informação deve ser representada em cores, preferencialmente (Valeriano, 2008). Assim sendo, as cores foram selecionadas empiricamente pelo autor supracitado, a partir de modificações aplicadas a uma distribuição de cores associada ao conceito das curvaturas.

Estas cores representam as formas do terreno em 09 (nove) classes que contém uma ordenação numérica de 1 a 9, da esquerda para a direita, conforme a representação da figura 5.61.



**Figura 5.61: Legenda de cores para representação das formas do terreno.**

Fonte: Valeriano (2008)

O plano de curvatura horizontal se refere ao caráter divergente ou convergente dos fluxos de matéria e energia nas vertentes, em projeção horizontal. As áreas convergentes representam os vales e as divergentes os interflúvios.

De modo geral as classes de formas do terreno apresentadas pela área de influência do empreendimento mostram-se coerentes com as descrições geomorfológicas realizadas anteriormente. Nesse sentido, as formas de relevo da AII do empreendimento são predominantemente divergentes (quadro 5.14 e figura 5.62). As formas do terreno divergentes totalizam um percentual de ocorrência da ordem de 43%, ao passo que as planas 20% e as convergentes, 38%. As formas divergentes e convergentes tem curvaturas retilíneas, as curvas de nível apresentam espaços largos entre si, a declividade é suave e sem expressivas variações, as vertentes são longas, e os interflúvios são amplos e de fundo plano, apresentando ocorrência em todas as Unidades Geomorfológicas.

**Quadro 5.14**

**Percentual de de ocorrência das Formas do Terreno – AID e AII.**

Formas do Terreno	% de ocorrência	
	AID	AII
1 - Convergente côncava	5%	11%
2 - Convergente retilínea	38%	24%
3 - Convergente convexa	1%	3%
4 - Planar côncava	1%	3%
5 - Planar retilínea	12%	14%
6 - Planar convexa	1%	3%
7 - Divergente côncava	2%	4%
8 - Divergente retilínea	35%	28%
9 - Divergente convexa	4%	10%

As formas divergentes têm ampla ocorrência nas bordas dos planaltos da Unidade Patamares do Chapadão, onde as formas são côncavas e convexas. Nestas vertentes encontram-se as nascentes dos cursos fluviais, afluentes do rio de Itacarambi. A declividade se torna acentuada condicionando um escoamento superficial mais concentrado.

As curvas de nível da AID apresentam-se expressivamente espaçadas umas das outras. Desse modo, predominam formas divergentes e convergentes, ambas retilíneas (figura 5.63). Formas divergentes e convexas estão presentes de modo setorizado, ocorrendo nas vertentes com declive direcionado para os cursos fluviais. Na base destas formas as vertentes passam a ser convexas caracterizando-se por uma maior concentração hídrica. Outros dois locais na AID que apresentam formas divergentes e convexas representam o Morro de Itacarambi e o maciço de calcário aflorante na margem esquerda do trecho da BR-135, sentido Itacarambi-Manga, situado junto ao PARNA Cavernas do Peruaçu.

Conforme verificou-se em campo a ocorrência de processos erosivos se dá sobre trechos onde as vertentes apresentam variação em sua forma, passando de convexa para côncava, pois de modo geral, os solos da AII e da AID possuem baixo potencial erosivo, conforme descrição apresentada em item específico referente aos Solos (Item 5.1.7).

O caráter divergente/convergente do relevo refere-se aos fluxos de matéria sobre o terreno quando analisado em projeção horizontal. Estas variáveis estão relacionadas, portanto, aos processos de migração e acúmulo de água, minerais e matéria orgânica no solo através da superfície, proporcionados pela gravidade, e desempenha papel importante sobre o decorrente balanço hídrico e os processos de pedogênese.



**Figura 5.62: Mapa das formas do terreno – All**



**Figura 5.63: Mapa das formas do terreno - AID e ADA**



## 5.1.7 Solos

### 5.1.7.1 Classificação dos Solos

A Área de Influência Indireta da BR-135 apresenta-se de forma bastante heterogênea no que tange aos solos. Verifica-se, entretanto, uma predominância na ocorrência dos latossolos, que ocupam cerca de 60% da área total, conforme pode ser observado no quadro 5.15.

**Quadro 5.15**  
**Classes de solos da Área de Influência Indireta**

Classe de Solo	Área (ha)	%
Latossolo	90.879,99	59,81%
Cambissolo	35.418,41	23,31%
Neossolo	14.426,94	9,49%
Argissolo	10.861,61	7,15%
Afloramento Rochoso	359,63	0,24%
Total geral	151.946,58	100,00%

Na seqüência descrevem-se as classes e subclasses encontradas, bem como a descrição das unidades de mapeamento, cuja distribuição espacial pode ser observada na figura 5.64 e na figura 5.65.

- Latossolos

Esta classe de solos compreende solos minerais, não hidromórficos, com B latossólico imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte A, dentro de 200cm da superfície do solo ou dentro de 300cm, caso o horizonte A apresente mais de 150cm de espessura. Possuem seqüência de horizontes A, Bw e C, com moderada nitidez na diferenciação entre eles e com argila de atividade baixa.

Caracterizam-se por grande homogeneidade de características ao longo do perfil, mineralogia da fração argila predominantemente caulínica ou caulínica-oxídica, que se reflete em valores de relação Ki baixos, inferiores a 2,2, e praticamente ausência de minerais primários de fácil intemperização.

Diferenciam-se entre si principalmente pela coloração e teores de óxidos de ferro, que determinaram a sua separação. Foram identificadas no segundo nível categórico as seguintes subordens: LATOSSOLO VERMELHO Distrófico e Eutrófico, LATOSSOLO AMARELO e LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO.

Estão representados na área de influência do empreendimento pelas seguintes unidades de mapeamento:

#### LATOSSOLO VERMELHO Distrófico

LEa8 - LATOSSOLO VERMELHO Distrófico e Eutrófico + LATOSSOLO VERMELHO – AMARELO Distrófico, ambos A fraco e moderado textura média relevo plano e suave ondulado (ARGISSOLO VERMELHO - AMARELO Eutrófico A moderado textura média/argilosa relevo suave ondulado + NEOSSOLOS QUATZARÊNICOS Órticos A fraco relevo plano).

#### LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico

LEe6 - LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico e Distrófico A fraco e moderado textura média e argilosa + CAMBISSOLO HÁPLICOS Tb Eutrófico A moderado textura argilosa, ambos relevo plano e suave ondulado (LATOSSOLO VERMELHO – AMARELO Distrófico textura média e argilosa + LATOSSOLO VERMELHO – AMARELO Eutrófico textura argilosa + NEOSSOLOS FLÚVICOS A moderado relevo plano).

LEe11 - LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico textura média e argilosa relevo plano + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico textura média/argilosa e média relevo plano e suave ondulado + LATOSSOLO VERMELHO – AMARELO Distrófico e Eutrófico textura média relevo plano, todos A moderado (CAMBISSOLOS HÁPLICOS Ta e Tb Eutrófico textura argilosa relevo suave ondulado e ondulado + NITOSSOLOS VERMELHOS Eutrófico textura argilosa e muito argilosa relevo plano e suave ondulado + NEOSSOLOS FLÚVICOS + LATOSSOLO VERMELHO Distrófico textura média, ambos relevo plano, todos A moderado + Afloramentos Rochosos).





**Figura 5.64: Mapa de solos – All**



**Figura 5.65: Mapa de solos – AID**



### LATOSSOLO VERMELHO – AMARELO Distrófico

LVa1 - LATOSSOLO VERMELHO – AMARELO Distróficos A moderado textura média e argilosa relevo plano e suave ondulado (LATOSSOLO VERMELHO textura média e argilosa relevo plano + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distróficos textura arenosa/média relevo suave ondulado e ondulado + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico textura média/argilosa + NEOSSOLOS LITÓLICOS Distróficos textura arenosa e média, ambos relevo suave ondulado e ondulado + CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distróficos textura argilosa relevo ondulado + NEOSSOLOS QUATZARÊNICOS Órticos A fraco relevo plano + LATOSSOLO VERMELHO – AMARELO Distrófico textura média e argilosa relevo plano e suave ondulado, todos A moderado ).

LVa6 - LATOSSOLO VERMELHO – AMARELO Distrófico A fraco e moderado textura média relevo plano (NEOSSOLOS QUATZARÊNICOS Órticos A fraco relevo plano e suave ondulado + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico textura arenosa/média relevo suave ondulado + LATOSSOLO VERMELHO Distrófico textura argilosa relevo plano + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico textura média e média/argilosa relevo suave ondulado + CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distróficos e Eutrófico textura média e argilosa relevo plano + LATOSSOLO VERMELHO – AMARELO Distrófico textura média relevo plano e suave ondulado, todos A moderado).

LVa28 - LATOSSOLO VERMELHO – AMARELO + LATOSSOLO VERMELHO, ambos Distróficos textura média + NEOSSOLOS QUATZARÊNICOS Órticos, todos A fraco e moderado relevo plano e suave ondulado (GLEISSOLOS HÁPLICO indiscriminados relevo plano).

LVa31 - LATOSSOLO VERMELHO – AMARELO Distrófico relevo plano e suave ondulado + CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distróficos relevo suave ondulado e ondulado + NEOSSOLOS LITÓLICOS Distrófico relevo ondulado, fase erodida e não erodida, todos A fraco e moderado textura média (NEOSSOLOS QUATZARÊNICOS Órticos A fraco + LATOSSOLO VERMELHO Distrófico A fraco e moderado textura média, ambos relevo suave ondulado).

- Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico

São solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B textural imediatamente abaixo do A ou E, com argila de atividade baixa ou com argila de atividade alta conjugada com saturação por bases baixa e/ou caráter alítico na maior parte do horizonte B.

Os solos desta classe têm como característica marcante um aumento de argila do horizonte superficial A para o subsuperficial B que é do tipo textural (Bt), geralmente acompanhado de boa diferenciação também de cores e outras características. As cores do horizonte Bt variam de acinzentadas a avermelhadas e as do horizonte A, são sempre mais escurecidas. A profundidade dos solos é variável, mas em geral são pouco profundos e profundos.

Estão representados na área pelas seguintes unidades de mapeamento:

PE5 - ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico textura média/argilosa, argilosa e argilosa/muito argilosa relevo plano e suave ondulado + CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico textura argilosa relevo plano, ambos A moderado. (NITOSSOLOS VERMELHOS textura argilosa e muito argilosa relevo plano e suave ondulado + LATOSSOLO VERMELHO textura argilosa relevo plano + NEOSSOLOS FLÚVICOS relevo plano, todos Eutróficos A moderado).

PE33 - ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico textura média/argilosa e argilosa relevo plano e suave ondulado + CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico laterítico textura argilosa/muito argilosa relevo plano + CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico textura argilosa e média relevo plano, todos A moderado. (LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico textura argilosa e média + NEOSSOLOS FLÚVICOS Eutróficos e Distróficos textura indiscriminada + LATOSSOLO VERMELHO – AMARELO Eutrófico e Distrófico textura média, todos A moderado relevo plano).

- Cambissolo Háplico

Solos constituídos por material mineral com horizonte B incipiente subjacente a qualquer tipo de horizonte superficial, exceto hístico com 40cm ou mais de espessura, ou horizonte A chernozêmico, quando o B incipiente apresentar argila de atividade alta e saturação por bases alta. Plintita e petroplintita, horizonte glei e horizonte vértico, se presentes, não satisfazem os requisitos para Plintossolos, Gleissolos e Vertissolos, respectivamente.

São solos que apresentam grande variação no tocante a profundidade, ocorrendo desde rasos a profundos, além de apresentarem grande variabilidade também em relação às demais características. A drenagem varia de acentuada a imperfeita e podem apresentar qualquer tipo de horizonte A sobre um horizonte B incipiente (Bi), também de cores diversas. Muitas vezes são pedregosos, cascalhentos e mesmo rochosos.

Foram identificadas na área no segundo nível categórico as subordens: CAMBISSOLO HÁPLICO Tb DISTRÓFICOS e CAMBISSOLO HÁPLICOS Ta EUTRÓFICO.

Estão representados na área pelas seguintes unidades de mapeamento:

#### CAMBISSOLO HÁPLICO Tb DISTRÓFICOS

Ca23 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distróficos não pedregoso e pedregoso A moderado textura média e argilosa fase erodida e não erodida relevo suave ondulado, ondulado e forte ondulado + LATOSSOLO VERMELHO - AMARELO Distrófico A fraco e moderado e textura média relevo plano + NEOSSOLOS LITÓLICO Eutróficos Sálidos, A moderado textura arenosa e média fase erodida e não erodida relevo suave ondulado, ondulado e forte ondulado + NEOSSOLOS QUATZARÊNICOS Órticos A fraco relevo plano e suave ondulado (GLEISSOLOS HÁPLICO relevo plano + CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico concrecionário, A moderado textura argilosa relevo suave ondulado + NEOSSOLOS LITÓLICO Eutróficos típico fase concrecionária A moderado textura média e argilosa + CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distróficos latossólico A moderado textura média, ambos relevo suave ondulado e ondulado).

#### CAMBISSOLO HÁPLICOS Ta EUTRÓFICO

Ce7 - CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico A moderado e chernozêmico + VERTISSOLO HÁPLICO Órticos chernossólicos, ambos textura argilosa relevo plano (CHERNOSSOLO RÊNDZICOS + CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distróficos latossólico, ambos textura argilosa + LATOSSOLO VERMELHO textura média e argilosa, ambos A moderado, todos relevo plano).

Ce41 - CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico léptico textura argilosa fase rochosa relevo ondulado e forte ondulado + NEOSSOLOS LITÓLICOS Eutrófico textura média e argilosa relevo ondulado, forte ondulado e montanhoso, A moderado + Afloramentos Rochosos (ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico textura média/argilosa e argilosa relevo ondulado e forte ondulado + NITOSSOLOS VERMELHOS Eutróficos textura argilosa e muito argilosa relevo ondulado + LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico e Distrófico textura média e argilosa relevo plano e suave ondulado, todos A moderado + CHERNOSSOLO HÁPLICO Órtico típico textura média/argilosa e argilosa + CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico léptico A moderado textura argilosa, ambos relevo ondulado + LATOSSOLO VERMELHO – AMARELO Distrófico A fraco e moderado textura média relevo plano e suave ondulado).

- Neossolos Quatzarênicos Órticos

Outros solos com seqüência de horizontes A-C, sem contato lítico dentro de 50cm de profundidade, apresentando textura areia ou areia franca nos horizontes até, no mínimo, a profundidade de 150cm a partir da superfície do solo ou até um contato lítico; essencialmente quartzosos, tendo nas frações areia grossa e areia fina 95% ou mais de quartzo, calcedônia e opala e, praticamente, ausência de minerais primários alteráveis (menos resistentes ao intemperismo).

Estão representados na área pela seguinte unidade de mapeamento:

AQd3 - NEOSSOLOS QUATZARÊNICOS Órticos + LATOSSOLO VERMELHO - AMARELO Distrófico textura média, ambos A fraco e moderado relevo plano e suave ondulado (CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distróficos A moderado textura média + NEOSSOLOS LITÓLICOS Distróficos A fraco e moderado textura arenosa e média, relevo ondulado + Afloramentos Rochosos (ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico A moderado textura arenosa/média relevo suave ondulado + GLEISSOLOS HÁPLICO (LATOSSOLO VERMELHO Distrófico A fraco textura média, ambos relevo plano).

- Neossolos Flúvicos

Solos derivados de sedimentos aluviais com horizonte A assente sobre horizonte C constituído de camadas estratificadas, sem relação pedogenética entre si, apresentando pelo menos um dos seguintes requisitos:

- distribuição irregular do conteúdo de carbono orgânico em profundidade, dentro de 150cm da superfície do solo; e/ou
- camadas estratificadas em 25% ou mais do volume do solo, dentro de 150cm da superfície do solo.

Estão representados na área pelas seguintes unidades de mapeamento:

Ae1 - NEOSSOLOS FLÚVICOS Ta Eutróficos e Distróficos A moderado textura indiscriminada relevo plano. (PLANOSSOLO HÁPLICO EUTRÓFICO A moderado textura arenosa/média e média/argilosa + GLEISSOLOS HÁPLICO, ambos sobre relevo plano).

Ae7 - NEOSSOLOS FLÚVICOS Ta Eutróficos e Distróficos não solódicos e solódicos A moderado textura indiscriminada + PLANOSSOLO HÁPLICOS Eutróficos solódicos A fraco e moderado textura arenosa/média e média/argilosa + CAMBISSOLO HÁPLICO Ta e Tb Eutrófico A moderado textura argilosa

e média, todos sobre relevo plano. (VERTISSOLO HÁPLICO Órtico típico textura argilosa + PLANOSSOLO HÁPLICOS Eutróficos solódicos textura arenosa/média e média/argilosa, ambos A moderado + GLEISSOLO HÁPLICO, todos sobre relevo plano + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico Tb A moderado textura arenosa/média + NEOSSOLOS QUATZARÊNICOS Órticos A fraco e moderado, ambos relevo plano e suave ondulado).

- Neossolos Litólicos Eutróficos

Solos com horizonte A ou hístico, assente diretamente sobre a rocha ou sobre um horizonte C ou Cr ou sobre material com 90% (por volume), ou mais de sua massa constituída por fragmentos de rocha com diâmetro maior que 2mm (cascalhos, calhaus e matacões) e que apresentam um contato lítico típico ou fragmentário dentro de 50cm da superfície do solo. Admite um horizonte B em início de formação, cuja espessura não satisfaz a qualquer tipo de horizonte B diagnóstico.

Estão representados na área pela seguinte unidade de mapeamento:

Re3 - NEOSSOLOS LITÓLICOS Eutróficos + CAMBISSOLO HÁPLICO Ta e Tb Eutrófico, cascalhentos A moderado textura argilosa relevo suave ondulado e ondulado (ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico cascalhento textura média/argilosa relevo ondulado + NEOSSOLOS FLÚVICOS Ta Eutróficos textura indiscriminada relevo plano + NITOSSOLOS VERMELHOS textura argilosa e muito argilosa relevo suave ondulado, todos A moderado).

- Afloramentos Rochosos

Ocorrem como exposições de diferentes tipos de rocha, descobertas ou com reduzidas frações de materiais detríticos grosseiros de caráter heterogêneo, formados por mistura de material terroso com muitos fragmentos provenientes da desagregação das rochas, não sendo classificáveis como solos e sim, como tipo de terreno.

Ocorrem normalmente na área estudada, associados a Solos Litólicos, com relevo variável desde o plano até o escarpado.

Estão representados na área pela seguinte unidade de mapeamento:

AR1 - Afloramentos Rochosos + NEOSSOLOS LITÓLICOS Eutróficos A moderado e chernozêmico textura média e argilosa relevo ondulado e forte ondulado (CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico A moderado e chernozêmico textura argilosa fase rochosa relevo suave ondulado e ondulado).

### **5.1.7.2 Avaliação dos Riscos de Erosão**

O presente estudo foi desenvolvido visando caracterizar o potencial de riscos de erosão na área de influência do empreendimento. Todas as informações utilizadas para a confecção dos índices foram baseadas em fontes pré-existentes sobre as Classes de Solos, Cobertura Vegetal, Precipitação Pluviométrica e Relevo.

O Mapa de Risco de Erosão da região deve ser analisado como uma fonte de informações que indica o risco potencial geral, mas que não deve ser utilizado como um único instrumento para a avaliação de condições locais, devendo, entretanto, ser considerado quando da avaliação de novos empreendimentos que possam potencializar os processos erosivos nas áreas mais sensíveis.

#### Dados Básicos Utilizados

Foram utilizados para avaliação do risco de erosão, os seguintes dados básicos:

- Unidades de solo, dados obtidos do Projeto Radambrasil, Volume 29 (IBGE, 1982);
- Precipitação, dados das Estações Pluviométricas obtidos no Hidroweb da Agência Nacional de Águas (ANA);
- Relevo, dados obtidos do Shuttle Radar Topography Mission (SRTM);
- Cobertura Vegetal, Mapa de Cobertura Vegetal do Estado de Minas Gerais, elaborado pelo Instituto Estadual de Florestas (IEF) em 2003, com complementação das áreas irrigadas e zonas urbanas a partir de imagens CBERS do ano de 2008 (figura 5.52), conforme apresentado na figura 5.66, exposto a seguir.





**Figura 5.66: Mapa da cobertura vegetal utilizado na avaliação do risco de erosão**



## Metodologia Adotada

A metodologia proposta para a identificação dos riscos de erosão do solo é uma adaptação do Programa CORINE da "Comission of the European Communities", apresentada no projeto Riscos de Erosão de Solos e Avaliação de Terras (CORINE-CEC, 1992 apud Alonso, 1994). Esta metodologia foi desenvolvida com uso de sistema de informações geográficas - SIG da SRH (*MicroStation GeoGraphics*) com o auxílio do módulo de modelagem numérica do terreno (*GeoTerrain*) para gerar o plano de informação da declividade.

A metodologia não define pesos para os diversos fatores, devendo estes ser ajustados às condições da região em estudo.

Como referência, a mesma metodologia foi utilizada no Plano Estadual de Recursos Hídricos da Bahia – PERH-BA, elaborado pelo Consórcio MAGNA/BRLi, para a SRH-BA em 2003, no Estudo de Zoneamento Agroecológico do Oeste da Bahia, elaborado pelo Consórcio Engecorps, MAGNA, Tetraplan, para o DERBA em 2005 e no Plano Estratégico de Recursos Hídricos das Bacias do Tocantins e Araguaia, elaborado pelo Consórcio MAGNA/Cohidro, para a Agência Nacional de Águas – ANA, em 2006.

Portanto, os pesos atribuídos aos diversos fatores que refletiam as condições nesses estudos foram ajustados e calibrados para as condições da região em questão.

Essa calibração levou em consideração observações de campo e informações coletadas junto à população durante as diversas visitas realizadas à região.

Nesta metodologia procurou-se contemplar a variável Solo – considerando textura, profundidade e drenagem interna, que, somadas, informam sobre as propriedades de erodibilidade do solo - e a variável Meio - precipitação, relevo e cobertura vegetal, que caracterizam os fatores de erosividade do meio físico.

Cada fator isolado é representado por um número, denominado Classe. Assim, um solo com textura arenosa a média apresenta um valor de resistência à erosão 2 (duas) vezes menor que um solo com textura argilosa (Classe 4 para o solo com textura média-arenosa e Classe 2 para o solo com textura argilosa).

Similarmente, a profundidade do solo possui Classes de Erodibilidade de 1 a 5 para a profundidade, variando de muito profundo a afloramento rochoso, e a deficiência de drenagem varia de 1 a 5 (solos excessivamente drenados até muito mal drenados).

Com relação à variável Meio, o relevo foi caracterizado através das classes de declividade apresentadas na descrição das unidades de solo, variando de 1, para áreas com relevo plano a suave ondulado, a 5, para áreas com relevo montanhoso a escarpado.

Para a determinação dos índices de cobertura vegetal foram utilizados os valores variando desde 1, para as regiões com cobertura de florestas estacionais que proporcionam o recobrimento completo do solo com vegetação nativa, até 5 para as áreas com ocupação antrópica (irrigação e áreas urbanas).

O fator pluviometria foi calculado segundo o índice de Fournier, utilizando-se os dados pluviométricos das estações existentes na região de maneira a capturar-se o efeito da sazonalidade e da intensidade da precipitação, que é definido pela expressão:

$$IF = \frac{P_{\max}^2}{P_{\text{anual}}}$$

Onde:

$P_{\max}$  = Precipitação mensal máxima, mm;

$P_{\text{anual}}$  = Precipitação total anual, mm.

A interpolação dos índices de Solo ou “fatores de erodibilidade”, com os índices do Meio, ou “fatores de erosividade”, geraram os índices gerais de Risco de Erosão, divididos em 5 Classes – 1 a 5 – que variam de muito baixo a muito alto.

## Caracterização dos Índices

As características próprias do solo, como a suscetibilidade à erosão, são devidas às propriedades intrínsecas, como a resistência ao desprendimento e ao transporte das partículas sólidas pelo escoamento superficial.

De forma geral, pode-se relacionar a erodibilidade ao tamanho das partículas sólidas (textura do solo) e à estabilidade dos agregados (estrutura do solo). Assim, a erodibilidade tende a aumentar quando os teores de areia muito fina são elevados, e a diminuir com a elevação dos teores de argila (especificamente, óxidos

de ferro e alumínio) e matéria orgânica, elementos que interferem na formação dos agregados e na sua estabilidade.

Devido à sua elevada atividade eletroquímica, a argila age como agregante do solo, enquanto que a areia grossa é transportada com dificuldade pelo escoamento superficial. Já a areia muito fina forma a porção textural mais suscetível à erosão, uma vez que não possui o peso da areia grossa ou a característica agregante da argila.

No presente estudo elaborou-se índices para as características textura, profundidade, drenagem (quadro 5.16), pluviometria, cobertura vegetal e relevo (quadro 5.17).

Para a elaboração dos índices de textura, profundidade e drenagem do solo utilizou-se as classes e grupamentos apresentados na Classificação dos Solos, os quais foram obtidos dos mapas do RADAMBRASIL e adequados, sempre que possível, ao Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 1999).

Uma vez identificadas as características dos solos já mapeados, foram criadas classes para cada grupo de informações relacionadas ao potencial de erodibilidade dos solos (textura, profundidade e drenagem interna), identificando a relação de cada item com a resistência à erosão. O resultado da soma dos numerais das classes desses três itens gerou o Potencial de Erodibilidade dos Solos (PES).

Para os atributos relacionados com o potencial de erosividade do meio (precipitação, relevo e cobertura vegetal), também foram criadas classes para os diferentes graus de erosividade potencial, também indicando o potencial erosivo para cada item. O resultado da soma dos numerais desses três itens gerou o Potencial de Erosividade do Meio (PEM).

Para a obtenção de um índice geral que possibilite a interpolação das variáveis erodibilidade dos solos e erosividade do meio, gerou-se o quadro geral de atributos, denominado Risco de Erosão dos Solos (RES), que é obtido através da soma do PES e do PEM.

Os índices obtidos no RES foram aplicados ao SIG, gerando um novo mapa com as classes gerais de atributos físicos dos solos e do meio, dividido em cinco classificações de Risco de Erosão, desde o muito alto ao muito baixo.

**Quadro 5.16**  
**Classes de atributos dos solos – textura, profundidade e drenagem**

CLASSES DE ATRIBUTOS - SOLOS		
a) Textura do Solo		
Classe	Potencial de Erodibilidade	Classe Textural
1	Muito Baixo	Muito Argilosa
2	Baixo	Argilosa
3	Médio	Média / Média a Argilosa
4	Moderado	Arenosa a Média
5	Alto	Arenosa
b) Profundidade do Solo		
Classe	Potencial de Erodibilidade	Profundidade Efetiva – PE - (cm)
1	Muito Baixo	PE > 200 (Muito Profundo)
2	Baixo	100 < PE < 200 (Profundo)
3	Médio	50 < PE < 100 (Pouco Profundo)
4	Moderado	PE < 50 (Raso)
5	Alto	PE=0 (Afloramento Rochoso)
c) Drenagem do Solo		
Classe	Potencial de Erodibilidade	Classe de Drenagem
1	Muito Baixo	Excessivamente e fortemente drenado
2	Baixo	Acentuadamente drenado
3	Médio	Bem drenado
4	Moderado	Moderadamente e Imperfeitamente drenado
5	Alto	Mal e muito mal drenado

**Quadro 5.17**  
**Classes de atributos do Meio – precipitação, cobertura vegetal e relevo**

CLASSES DE ATRIBUTOS - MEIO		
d) Pluviometria (Índice de Fournier)		
Classe	Potencial de Erosividade	Pluviometria Média Anual (mm)
1	Baixo	IF ≤ 45
2	Médio	46 < IF ≤ 55
3	Moderado	56 < IF ≤ 65
4	Alto	66 < IF ≤ 75
5	Muito Alto	IF > 75
e) Relevo		
Índice Relevo	Potencial de Erosividade	Declividade em %
1	Baixo	Plano a Suave Ondulado (0 a 6%)
2	Médio	Ondulado (6 a 12%)
3	Moderado	Forte Ondulado (12 a 20%)
4	Alto	Forte Ondulado a Montanhoso (20 a 30%)
5	Muito Alto	Montanhoso a Escarpado (> 30%)
f) Cobertura Vegetal		
Classe	Potencial de Erosividade	Tipo de Recobrimento do Solo
1	Baixo	Floresta Estacional Decidual e Semidecidual
2	Médio	Cerrado, Campo Cerrado, Campo e Reflorestamento
3	Moderado	Veredas e Corpos de água
4	Alto	Agropecuária
5	Muito Alto	Irrigação e Áreas Urbanas

#### Potencial de Erodibilidade e Erosividade

Através do cruzamento dos temas que compõem cada um dos indicadores considerados, atribuindo-se para tal, pesos que representem a importância de cada um no resultado final do risco de erosão, foram obtidos os Potenciais de Erodibilidade para os solos e de Erosividade para o meio onde se encontram, cuja classificação está apresentada no quadro 5.18 e no quadro 5.19.

A escolha dos pesos para cada um dos atributos procurou atribuir-lhes a importância relativa, dentro do tema considerado, conforme descrito na seqüência.

Para o tema solos (quadro 5.18):

- Textura (a) - Peso 2, uma vez que está diretamente relacionada à estrutura dos solos, bem como à drenabilidade do perfil, o que lhes confere maior ou menor resistência aos processos erosivos tendo, portanto, peso intermediário em relação os demais atributos, uma vez que é dependente deles;
- Profundidade (b) - Peso 3, uma vez que, em vista da alta intensidade de precipitação na região, rapidamente os solos atingem o ponto de saturação e, portanto, uma maior profundidade confere aos solos mais capacidade de armazenamento de água quando comparados aos solos mais rasos, reduzindo assim o escoamento e o risco de erosão;
- Drenagem (c) - Peso 1, as condições de drenagem apesar de importantes, visto que após a saturação dos solos a retirada da água dá-se por percolação profunda (drenagem do perfil, ligada à textura) ou pelas condições de drenagem superficial natural, não são preponderantes quando comparadas aos dois anteriores, sendo assim atribuído a este atributo um peso menor.

**Quadro 5.18**  
**Interpolação das classes do Potencial de Erodibilidade do Solo**

Índice de Erodibilidade - Solos	$2 \times (a) + 3 \times (b) + 1 \times (c) = \text{PES (Potencial de Erodibilidade do Solo)}$	
Classe	Potencial de Erodibilidade	PES
1	Muito Baixo	$\text{PES} \leq 14$
2	Baixo	$14 < \text{PES} \leq 15$
3	Moderado	$15 < \text{PES} \leq 16$
4	Alto	$16 < \text{PES} \leq 20$
5	Muito Alto	$\text{PES} > 20$

Para o tema meio (quadro 5.19):

- Pluviometria (d) - Peso 1, pois apesar da alta intensidade de precipitação, esta ocorre durante um período muito curto e, portanto, são em grande parte absorvidas pelo solo e não causam tantos danos quanto os grandes volumes de chuva que mantém o solo saturado a maior parte do ano, que ocorrem em outras regiões como, por exemplo, nas zonas litorâneas;
- Relevo (e) - Peso 2, este atributo é de grande importância, uma vez que a região apresenta trechos consideráveis com feições de relevo montanhoso a escarpado, onde quaisquer que sejam as demais condições do meio físico e de solo se observam processos erosivos, conferindo-lhe assim destaque dentre os atributos deste tema;
- Cobertura Vegetal (f) - Peso 3, esse atributo é notadamente o mais importante fator de erosividade. Observa-se na região que a retirada da cobertura vegetal, mesmo em terrenos planos, deflagra processos de erosão, tendo, portanto, sido atribuído a este atributo o maior peso dentro do tema.

**Quadro 5.19**  
**Interpolação das classes do Potencial de Erodibilidade do Meio**

Índice de Erosividade - Meio	$1 \times (d) + 2 \times (e) + 3 \times (f) = \text{PEM (Potencial de Erosividade do Meio)}$	
Classe	Potencial de Erosividade	PEM
1	Muito Baixo	$\text{PEM} < 9$
2	Baixo	$9 \leq \text{PEM} < 13$
3	Moderado	$13 \leq \text{PEM} < 16$
4	Alto	$16 \leq \text{PEM} < 20$
5	Muito Alto	$\text{PEM} \geq 20$

Os índices obtidos no Potencial de Erodibilidade dos Solos (PES) e Potencial de Erosividade do Meio (PEM) foram aplicados ao Sistema de Informações Geográficas (SIG), gerando mapas com as classes gerais de atributos físicos dos solos e do meio, dividido em 05 (cinco) classificações de Risco de Erosão, desde o alto ao muito baixo.

A espacialização do PES e do PEM da Área de Influência indireta do empreendimento está apresentada na figura 5.67 e na figura 5.68, respectivamente

Analisando o PES (figura 5.67), na maior parte da área ocorrem os latossolos que, por suas características de textura e profundidade, têm grande capacidade de infiltração e de retenção de água, que, dessa forma, lhes conferem um potencial de erodibilidade muito baixo.

O segundo grupo de solos com maior expressão são os cambissolos, que de modo geral são pouco profundos e com textura mais pesada, o que, conseqüentemente, gera problemas de drenagem do perfil do solo, apresentando assim um potencial de erodibilidade de moderado a muito alto, dependendo das condições de relevo.

Além desses encontram-se também, em menor escala, ocorrências de solos litólicos, de textura pesada e imperfeitamente drenados, com potencial de erodibilidade moderado; e argissolos com características semelhantes aos latossolos e também de baixo potencial de erodibilidade.

Com relação aos aspectos ligados ao meio observa-se que as zonas críticas em termos de potencial de erosividade estão localizadas ao longo da bacia do rio de Itacarambi, onde estão concentradas as lavouras de pequeno porte, seja em regime de sequeiro ou irrigadas, e principalmente próximo às margens do rio São Francisco onde estão localizadas as maiores lavouras irrigadas. Ambos os casos estão diretamente



associados à retirada da cobertura vegetal que, aliada à atividade agrícola, onde o solo passa boa parte do ano desnudo, favorecem os processos erosivos.

Além dessas observa-se também zonas de alto risco nas encostas dos Patamares do Chapadão diretamente ligadas à forte declividade ali encontrada.

### Risco de Erosão

De posse da classificação quanto aos Potenciais de Erodibilidade do Solo e Potencial de Erosividade do Meio, foi realizado um novo cruzamento entre esses dois índices atribuindo-se a ambos, pesos iguais, a fim de avaliar o Risco de Erosão. Os resultados obtidos estão apresentados no quadro 5.20.

**Quadro 5.20**  
**Classes do Risco Potencial de Erosão dos Solos**

Risco Potencial de Erosão dos Solos (RES)	PES + PEM = RES (Risco de Erosão dos Solos)	
Classe	Risco de Erosão	RES
1	Muito Baixo	$RES \leq 33$
2	Baixo	$33 < RES \leq 37$
3	Moderado	$37 < RES \leq 41$
4	Alto	$41 < RES \leq 55$
5	Muito Alto	$RES \geq 55$

A análise do mapa de risco de erosão elaborado deixa clara a importância da cobertura vegetal para a proteção dos solos da região. Nota-se que, além das áreas de forte declividade, onde o fator relevo imputa um alto risco de erosão, as zonas que apresentam um maior potencial de erosão são sempre aquelas que tiveram sua cobertura vegetal original removida, mesmo quando em locais de relevo suave e solos de baixo potencial de erodibilidade. Exemplo nesse sentido é a sub-bacia do rio de Itacarambi, onde a concentração de atividades agropecuárias imputa um risco de erosão moderado a alto.

Comparando-se o mapa de risco de erosão com o mapa de vegetação e uso atual do solo, pode-se notar que a presença de remanescentes de florestas, independente das demais condições de solos e meio físico, conferem uma proteção aos solos que os torna menos suscetíveis à erosão.

Outro fator importante para a indicação de áreas a serem exploradas prioritariamente e a comparação entre o potencial de erosividade do meio com o mapa de potencial de erosão nas zonas de ocorrência dos latossolos, onde fica clara a influência desse tipo de solo, profundo e bem drenado, na redução do risco de erosão.

Os mapas apresentados na figura 5.17 e na figura 5.72 espacializam o Risco de Erosão dos Solos da área de influência do empreendimento (AII e AID).



**Figura 5.67: Mapa do Potencial de Erodibilidade do Solo – All**



**Figura 5.68: Mapa da Erosividade do Meio – All**



**Figura 5.69: Mapa da Erodibilidade do Solo – AID e ADA**





**Figura 5.70: Mapa da Erosividade do Meio – AID e ADA**



**Figura 5.71: Mapa do Risco de Erosão – All**



**Figura 5.72: Mapa do Risco de Erosão – AID**





### 5.1.7.3 Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras

A avaliação da aptidão agrícola foi feita com base na metodologia proposta por Ramalho Filho & Beek, (1995), que segue orientações contidas no *Soil Survey Manual* (Estados Unidos, 1951), e na metodologia da FAO, (1976), que recomendam que a avaliação da aptidão agrícola das terras baseie-se em resultados de levantamentos sistemáticos, realizados com base nos vários atributos das terras - solo, clima, vegetação, geomorfologia, etc.

Como a classificação da aptidão agrícola das terras é um processo interpretativo, seu caráter é efêmero, podendo sofrer variações com a evolução tecnológica. Portanto, está em função da tecnologia vigente na época de sua realização.

A classificação da aptidão agrícola, como tem sido empregada, não é precisamente um guia para obtenção do máximo benefício das terras, e sim uma orientação de como devem ser utilizados seus recursos, em nível de planejamento regional e nacional. O termo terra está sendo considerado no seu mais amplo sentido, incluindo todas as suas relações ambientais.

A metodologia em questão procura atender, embora subjetivamente, a uma relação custo/benefício favorável. Deve atender a uma realidade que represente a média das possibilidades dos agricultores numa tendência econômica de longo prazo, sem perder de vista o nível tecnológico a ser adotado. Trata-se de uma metodologia apropriada para avaliar a aptidão agrícola de grandes extensões de terras, devendo sofrer reajustamento no caso de ser aplicada a pequenas glebas de agricultores individualmente.

#### Níveis de Manejo Considerados

Tendo em vista práticas agrícolas ao alcance da maioria dos agricultores num contexto específico técnico, social e econômico, são considerados três níveis de manejo, visando diagnosticar o comportamento das terras em diferentes níveis tecnológicos. Sua indicação é feita através das letras A, B e C, as quais podem aparecer na simbologia da classificação escritas de diferentes formas, segundo as classes de aptidão que apresentam as terras em cada um dos níveis adotados.

##### a) Nível de Manejo A (primitivo)

Baseado em práticas agrícolas que refletem um baixo nível tecnológico. Praticamente não há aplicação de capital para manejo, melhoramento e conservação das condições das terras e das lavouras. As práticas agrícolas dependem do trabalho braçal, podendo ser utilizada alguma tração animal, com implementos agrícolas simples.

##### b) Nível de Manejo B (pouco desenvolvido)

Baseado em práticas agrícolas que refletem um nível tecnológico médio. Caracteriza-se pela modesta aplicação de capital e de resultados de pesquisas para manejo, melhoramento e conservação das condições das terras e das lavouras. As práticas agrícolas estão condicionadas principalmente à tração animal.

##### c) Nível de Manejo C (desenvolvido)

Baseado em práticas agrícolas que refletem um alto nível tecnológico. Caracteriza-se pela aplicação intensiva de capital e de resultados de pesquisa para manejo, melhoramento e conservação das condições das terras e das lavouras. A motomecanização está presente nas diversas fases da operação agrícola.

Os níveis B e C envolvem melhoramentos tecnológicos em diferentes modalidades. Contudo, não levam em conta a irrigação na avaliação da aptidão agrícola das terras.

No caso da pastagem plantada e da silvicultura, está prevista uma modesta aplicação de fertilizantes, de defensivos e de corretivos, o que corresponde ao nível de manejo B. Para a pastagem natural está implícita uma utilização sem melhoramentos tecnológicos, condição que caracteriza o nível de manejo A.

As terras consideradas viáveis de total ou parcial melhoramento - mediante a aplicação de fertilizantes e corretivos ou o emprego de técnicas como drenagem, controle à erosão, proteção contra inundações, remoção de pedras, etc., - são classificadas de acordo com as limitações persistentes, tendo em vista os níveis de manejo considerados. No caso do nível de manejo A, a classificação é feita de acordo com as condições naturais da terra, uma vez que esse nível não prevê técnicas de melhoramento.

Em função dos graus de limitação atribuídos a cada uma das unidades das terras determinou-se a classificação de sua aptidão agrícola. As letras indicativas das classes de aptidão, de acordo com os níveis de manejo, podem aparecer nos subgrupos em maiúsculas, minúsculas ou minúsculas entre parênteses, com indicação de diferentes tipos de utilização, conforme pode ser observado no quadro 5.21.

**Quadro 5.21**  
**Simbologia Correspondente às Classes de Aptidão Agrícola das Terras**

CLASSE DE APTIDÃO AGRÍCOLA	TIPO DE UTILIZAÇÃO					
	LAVOURAS			PASTAGEM PLANTADA	SILVICULTURA	PASTAGEM NATURAL
	NÍVEL DE MANEJO			NÍVEL DE MANEJO B	NÍVEL DE MANEJO B	NÍVEL DE MANEJO A
	A	B	C			
BOA	A	B	C	P	S	N
REGULAR	a	b	c	p	s	n
RESTRITA	(a)	(b)	(c)	(p)	(s)	(n)
INAPTA	-	-	-	-	-	-

Fonte: Ramalho Filho & Beek (1995).

A ausência de letras representativas das classes de aptidão agrícola na simbolização dos subgrupos indica não haver aptidão para uso mais intensivo. Essa situação não exclui, necessariamente, o uso da terra com um tipo de utilização menos intensivo.

Grupos, Subgrupos e Classes de Aptidão Agrícola das Terras

a) Grupo de Aptidão Agrícola

Trata-se de mais um artifício cartográfico, que identifica no mapa o tipo de utilização mais intensivo das terras, ou seja, sua melhor aptidão. Os grupos 1, 2 e 3, além da identificação de lavouras como tipos de utilização, desempenham a função de representar, no subgrupo, as melhores classes de aptidão das terras indicadas para lavouras, conforme os níveis de manejo. Os grupos 4, 5 e 6 apenas identificam tipos de utilização (pastagem plantada, silvicultura e/ou pastagem natural e preservação da flora e da fauna, respectivamente), independentemente da classe de aptidão. A representação dos grupos é feita com algarismos de 1 a 6, em escalas decrescentes, segundo as possibilidades de utilização das terras. As limitações que afetam os diversos tipos de utilização aumentam do grupo 1 para o grupo 6, diminuindo, conseqüentemente, as alternativas de uso e a intensidade com que as terras podem ser utilizadas, conforme demonstra no quadro 5.22.

**Quadro 5.22**  
**Alternativas de Utilização das Terras de Acordo com os Grupos de Aptidão Agrícola**

GRUPOS DE APTIDÃO AGRÍCOLA	AUMENTO DA INTENSIDADE DE USO →					
	PRESERVAÇÃO DA FLORA E DA FAUNA	SILVICULTURA E/OU PASTAGEM NATURAL	PASTAGEM PLANTADA	APTIDÃO RESTRITA	APTIDÃO REGULAR	APTIDÃO BOA
AUMENTO DA INTENSIDADE DA LIMITAÇÃO ↓ DIMINUIÇÃO DAS ALTERNATIVAS DE USO	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
	6					

Fonte: Ramalho Filho & Beek (1995).

Ao se observar o quadro 5.22 verifica-se que os três primeiros grupos são aptos para lavouras, o grupo 4 é indicado basicamente para pastagem plantada e o grupo 5 para silvicultura e/ou pastagem natural, enquanto que o grupo 6, reunindo terras sem aptidão agrícola, não apresenta outra alternativa senão a preservação da natureza. Para atender às variações que se verificam dentro do grupo, adotou-se a categoria de subgrupo de aptidão agrícola.

b) Subgrupos de Aptidão Agrícola

É o resultado conjunto da avaliação da classe de aptidão relacionada com o nível de manejo, indicando o tipo de utilização das terras. No exemplo 1(a)BC, o algarismo 1, indicativo do grupo, representa a melhor classe de aptidão das componentes do subgrupo, uma vez que as terras pertencem à classe de aptidão

boa no nível de manejo C (grupo 1); classe de aptidão regular, no nível de manejo B (grupo 2); e classe de aptidão restrita, no nível de manejo A (grupo 3). Em certos casos, o subgrupo refere-se somente a um nível de manejo relacionado a uma única classe de aptidão agrícola.

#### c) Classes de Aptidão Agrícola

Uma última categoria constitui a tônica da avaliação da aptidão agrícola das terras nesta metodologia, sendo representada pelas classes de aptidão denominadas BOA, REGULAR, RESTRITA E INAPTA, para cada tipo de utilização indicado.

As classes expressam a aptidão agrícola das terras para um tipo de utilização determinado, com um nível de manejo definido dentro do subgrupo de aptidão. Elas refletem o grau de intensidade com que as limitações afetam as terras, sendo definidas em termos de graus, referentes aos fatores limitantes mais significativos. Esses fatores, que podem ser tomados como subclasses, definem as condições agrícolas das terras. Os tipos de utilização em pauta são lavouras, pastagem plantada, silvicultura e pastagem natural.

As classes são assim definidas:

- a) Classe boa - Terras sem limitações significativas para a produção sustentada de um determinado tipo de utilização, observando-se as condições do manejo considerado. Há um mínimo de restrições que não reduzem a produtividade ou benefícios de modo expressivo e não aumentam os insumos acima de um nível aceitável.
- b) Classe regular - Terras que apresentam limitações moderadas para a produção sustentada de um determinado tipo de utilização, observando-se as condições do manejo considerado. As limitações reduzem a produtividade ou os benefícios, elevando a necessidade de insumos de forma a aumentar as vantagens globais a serem obtidas do uso. Ainda que atrativas essas vantagens são sensivelmente inferiores àquelas auferidas das terras da Classe Boa.
- c) Classe restrita - Terras que apresentam limitações fortes para a produção sustentada de um determinado tipo de utilização, observando-se as condições do manejo considerado. Essas limitações reduzem a produtividade ou os benefícios, ou então aumentam os insumos necessários de tal maneira que os custos só seriam justificados marginalmente.
- d) Classe inapta - Terras apresentando condições que parecem excluir a produção sustentada do tipo de utilização em questão. Ao contrário das demais, essa classe não é representada por símbolos. Sua interpretação é feita pela ausência das letras do tipo de utilização considerado. As terras consideradas inaptas para lavouras têm suas possibilidades analisadas para usos menos intensivos (pastagem plantada, silvicultura ou pastagem natural). No entanto, as terras classificadas como inaptas para os diversos tipos de utilização considerados têm como alternativa serem indicadas para a preservação da flora e da fauna, recreação ou algum outro tipo de uso não-agrícola. Trata-se de terras ou paisagens pertencentes ao grupo 6, nas quais deve ser estabelecida uma cobertura vegetal, não só por razões ecológicas, como também para proteção de áreas contíguas agricultáveis.

O enquadramento das terras em classes de aptidão resulta da interação de suas condições agrícolas, do nível de manejo considerado e das exigências dos diversos tipos de utilização. As terras de uma classe de aptidão são similares quanto ao grau, mas não quanto ao tipo de limitação ao uso agrícola. Cada classe inclui diferentes tipos de solo, muitos requerendo tratamento distinto.

#### Condições Agrícolas das Terras

Para a análise das condições agrícolas das terras toma-se hipoteticamente como referência, como tem sido feito pelo Centro Nacional de Pesquisa de Solos (CNPS) da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), um solo que não apresente problemas de fertilidade, deficiência de água e oxigênio, que não seja suscetível à erosão e nem ofereça impedimentos à mecanização. Como normalmente as condições das terras fogem a um ou a vários desses aspectos, estabeleceram-se diferentes graus de limitação em relação ao solo de referência para indicar a intensidade dessa variação. Os cinco fatores tomados tradicionalmente para avaliar as condições agrícolas das terras são aqui considerados:

- deficiência de fertilidade;
- deficiência de água;
- excesso de água ou deficiência de oxigênio;
- suscetibilidade à erosão;
- impedimentos à mecanização.

Além das características inerentes ao solo implícitas nesses cinco fatores, tais como textura, estrutura, profundidade efetiva, capacidade de permuta de cátions, saturação de bases, teor de matéria orgânica, pH, etc., outros fatores ecológicos (temperatura, umidade, pluviosidade, luminosidade, topografia, cobertura vegetal, etc.) são considerados na avaliação da aptidão agrícola. Em fase posterior, quando numa análise de adequação do uso das terras, deverão ser considerados fatores sócio-econômicos. De modo geral, a avaliação das condições agrícolas das terras é feita em relação a vários fatores, muito embora alguns deles atuem de forma mais determinante, como a declividade, pedregosidade ou profundidade, que por si já restringem certos tipos de utilização, mesmo com tecnologia avançada.

Cabem algumas considerações sobre a determinação dos graus de limitação adotados para cada um dos Fatores aspectos previstos na metodologia:

#### a) Deficiência de Fertilidade

Dentre as unidades de mapeamento encontradas na AII, os cambissolos e argissolos eutróficos apresentam alta fertilidade natural e se enquadram na faixa de deficiência nula em qualquer dos níveis de manejo considerados.

Na faixa de deficiência moderada enquadram-se os latossolos e os solos aluviais também de caráter eutrófico, também com boa fertilidade natural, pouco inferior aos da classe anterior.

#### b) Deficiência de Água

Com relação a este tema, para o nível de manejo A, a restrição é forte, uma vez que as precipitações na região ocorrem apenas ao longo de 3 a 4 meses durante o ano, restringindo, portanto, o cultivo de culturas de ciclo curto e praticamente inviabilizando culturas de ciclo longo, entretanto pode ser corrigido com técnicas rudimentares de irrigação, ainda que apenas nas zonas próximas aos cursos d'água perenes (rio São Francisco e rio de Itacarambi).

Para os níveis de manejo B e C, o uso da irrigação pode solucionar o problema do déficit hídrico, porém nas terras situadas em cotas mais elevadas e mais distantes das fontes hídricas essa prática torna-se muito onerosa.

#### c) Excesso de Água

Também com relação às condições de drenabilidade, de maneira geral os solos apresentam-se profundos e bem drenados, com uma limitação um pouco maior no caso dos cambissolos e argissolos, devido a sua textura mais argilosa. Entretanto, as características dos solos não impedem a prática da agricultura, independente do nível de manejo.

#### d) Susceptibilidade à Erosão

O potencial de erodibilidade dos solos foi tratado em detalhes no capítulo anterior, onde fica claro que os latossolos têm uma baixa susceptibilidade e nas demais unidades, com exceção daquelas localizadas em zonas de forte relevo, práticas simples de controle de erosão podem reduzir esse risco para níveis aceitáveis para o uso agrícola.

#### e) Impedimento à Mecanização

As restrições à mecanização são diretamente ligadas à presença de pedregosidade ou rochosidade, ou então à ocorrência de zonas de forte relevo, em ambos os casos sem possibilidade de melhora com o uso de tecnologia ou práticas agrícolas.

### Classificação da Aptidão Agrícola

Analisando o conjunto de fatores restritivos, resulta que a maioria dos solos encontrados na região podem ser classificados como de aptidão regular para uso agrícola para o nível de manejo C, com restrições maiores de uso para os níveis de manejo A e B.

As áreas de relevo mais acentuado e com presença de pedregosidade ou rochosidade são indicadas para o uso com pastagem ou silvicultura, tendo boa aptidão para esse fim.

Finalmente a única área sem aptidão agrícola encontrada na região corresponde ao Morro de Itacarambi, por sua formação rochosa.

No quadro 5.23 está apresentado um resumo das condições agrícolas das terras para cada unidade de mapeamento encontrada na área de influência (AII e AID) do empreendimento, bem como a sua classificação em termos de aptidão agrícola.

A espacialização da aptidão agrícola das terras da área de influência (AII e AID) está apresentada na figura 5.73 e figura 5.74.

**Quadro 5.23**  
**Condições agrícolas das terras da área de influência do empreendimento**

Classe de solo	Unidade de Mapeamento	Suscetibilidade à Erosão	Excesso de Água	Impedimento à Mecanização	Deficiência de Fertilidade	Aptidão Agrícola	Área (ha)
Afloramento Rochoso	AR1	Forte	Forte	Forte	Forte	6	359,63
Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico	PE33	Moderado	Moderado	Nulo	Nulo	2abc	2.139,94
Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico	PE5	Nulo	Moderado	Nulo	Nulo	2abc	8.721,69
Cambissolo Háptico Ta Eutrófico	Ce41	Moderado	Moderado	Forte	Nulo	4(p)	26.499,45
Cambissolo Háptico Ta Eutrófico	Ce7	Ligeiro	Nulo	Ligeiro	Nulo	1abc	4.682,70
Cambissolo Háptico Tb Distrófico	Ca23	Moderado	Moderado	Forte	Moderado	4p	4.236,26
Latossolo Vermelho Distrófico	Lea8	Nulo	Nulo	Nulo	Moderado	2(a)BC	10.177,05
Latossolo Vermelho Eutrófico	LEe11	Nulo	Nulo	Nulo	Ligeiro	2abc	24.779,73
Latossolo Vermelho Eutrófico	LEe6	Nulo	Nulo	Nulo	Ligeiro	2abc	292,59
Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico	LVa6	Nulo	Nulo	Nulo	Moderado	2(b)c	20.751,23
Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico	LVa1	Nulo	Nulo	Nulo	Moderado	2(b)c	28.624,68
Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico	LVa31	Nulo	Nulo	Nulo	Moderado	2(a)bc	2.763,50
Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico	LVa28	Nulo	Nulo	Nulo	Moderado	2(b)c	3.491,21
Nossolo Flúvico	Ae1	Nulo	Moderado	Ligeiro	Ligeiro	2abc	109,80
Nossolo Flúvico	Ae7	Nulo	Moderado	Ligeiro	Ligeiro	2(b)c	3.851,53
Neossolo Litólico Eutrófico	Re3	Moderado	Moderado	Forte	Moderado	4p	9.690,55
Neossolo Quartzarênico Órtico	AQd3	Ligeiro	Nulo	Ligeiro	Forte	5(Sn)	775,07



**Figura 5.73: Mapa da Aptidão Agrícola das Terras – All**





**Figura 5.74: Mapa da Aptidão Agrícola das Terras – AID**



#### 5.1.7.4 Aptidão das Terras para Irrigação

O presente estudo não pretende, pelo seu próprio escopo e nível de detalhamento, estabelecer a Classificação de Terras para Irrigação. Objetiva, entretanto, definir o potencial de terras para fins de irrigação, considerando-se os dois primeiros componentes da Associação, que constituem, em conjunto, um elevado percentual da unidade de mapeamento.

O conceito de aptidão das terras para fins de irrigação fundamenta-se na avaliação das características físicas e químicas do solo, assim como nas condições de topografia e drenagem, considerando-se tanto os fatores permanentes quanto os transitórios.

Como as unidades de mapeamento são constituídas por associações de solos, a aptidão das terras compreendidas na unidade de mapeamento é determinada pela classe de solos dominante ou pelas duas primeiras classes que figuram como dominantes. Em consequência, a delimitação de uma área considerada de bom ou médio potencial para irrigação não pressupõe que todas as terras compreendidas naquele perímetro sejam aptas para irrigação; qualquer aproveitamento requer levantamento específico, em escala adequada, que permita a Classificação de Terras para Irrigação. Por outro lado, em áreas de baixo ou nulo potencial, podem ser encontradas, embora em pequena proporção, terras aptas para irrigação.

Salienta-se, outrossim, que o conceito adotado neste trabalho não envolve a disponibilidade de recursos hídricos e seu aporte em condições econômicas, para torná-las irrigáveis, mas limita-se a uma avaliação, para esta finalidade, sob o ponto de vista edafológico. Todavia, esta avaliação constitui importante instrumento para o planejamento, no que tange à utilização dos recursos hídricos, para fins de irrigação.

O quadro 5.24 apresenta o resumo da aptidão para irrigação segundo as classes de solo encontradas na All. Na seqüência descreve-se, para cada uma das classes e subclasses encontradas, o potencial para irrigação, cuja distribuição espacial pode ser observada na figura 5.75.

**Quadro 5.24**  
**Síntese da Aptidão das Terras para Irrigação da Área de Influência Indireta**

Aptidão para irrigação	Afloramento Rochoso	Argissolo	Cambissolo	Área (ha)			Total	%
				Latossolo	Neossolo			
Boa				90.879,99		90.879,99	59,81%	
Média			4.662,70		775,07	5.457,77	3,59%	
Restrita		10.861,61			3.961,32	14.822,93	9,76%	
Inapto	359,63		30.735,71		9.690,55	40.785,88	26,84%	
Total	359,63	10.861,61	35.418,41	90.879,99	14.426,94	151.946,58	100%	

- Latossolos

Em geral os Latossolos são solos aptos a irrigação, uma vez que são muito intemperizados, profundos e de boa drenagem.

Apenas o relevo poderia representar um fator restritivo à irrigação, porém os Latossolos encontrados na All são planos ou suave ondulados, e, portanto, foram definidos como de bom potencial para irrigação.

- Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico

Os argissolos encontrados na região são solos profundos, moderadamente drenados, de textura arenosa a média no horizonte superficial e textura média a argilosa no horizonte subsuperficial, com baixa fertilidade natural, topografia plana a suave ondulada, sendo classificados como de médio potencial para irrigação.

- Cambissolo Háplico

As principais limitações que apresentam são com relação ao relevo e drenagem, devido à textura argilosa, que normalmente lhes conferiu uma baixa condutividade hidráulica, tornando-os inaptos ao uso com irrigação. A aptidão destes solos à irrigação depende de sua profundidade efetiva e condutividade hidráulica e do relevo. Dessa forma os solos da unidade de mapeamento Ce7, que apresentam relevo suave ondulado e são profundos foram definidos como de média aptidão para irrigação. Os solos das demais unidades são pouco profundos e apresentam relevo movimentado tornando-os inaptos para a irrigação.

- Neossolos Quatzarênicos Órticos

Estes solos possuem alta condutividade hidráulica, o que facilita a percolação de água e lavagem de sais por acaso existentes. Além disso, o risco de formação de lençol freático a uma altura que prejudique o sistema radicular das plantas é praticamente nulo, pois os mesmos são profundos, possuem alta permeabilidade e relevo suave ondulado, favorecendo a drenagem lateral subsuperficial da área.



**Figura 5.75: Mapa da Aptidão Agrícola das Terras para Irrigação – All**



- Aliado a isto estes solos quase não possuem microporosidade, o que faz com que a ascensão capilar seja pequena, atingindo apenas cerca de 20cm acima do lençol freático.

Por outro lado a água disponível, a retenção de umidade e a fertilidade destes solos são muito baixas, necessitando, portanto, de um maior nível de tecnologia para possibilitar a manutenção de teores favoráveis, destes fatores, para o desenvolvimento das culturas.

Por estes fatores esses solos foram classificados como de média aptidão para irrigação.

- Neossolos Flúvicos

Com relação ao potencial para irrigação, estes solos possuem problemas com salinização natural além de poderem estar situados em áreas de preservação permanente, por outro lado são solos férteis com boa capacidade de retenção de umidade, e boa condutividade hidráulica. Assim sendo, esses solos possuem aptidão restrita para irrigação, dependente de estudos prévios detalhados a fim de evitar o acúmulo de sais nos horizontes superficiais.

- Neossolos Litólicos Eutróficos

São solos inaptos à utilização com agricultura irrigada devido, principalmente, ao relevo acidentado, bem como à sua pequena profundidade efetiva, o que acarretaria possível formação de lençol freático próximo à superfície, além de uma ascensão de sais, até a área de absorção das raízes.

### 5.1.8 Recursos Hídricos

Neste item são abordados os aspectos relacionados aos recursos hídricos na área de influência do empreendimento, tanto aqueles relacionados aos processos superficiais, subterrâneos, como também, aqueles resultantes da integração de ambos. Para tanto, a área é inicialmente descrita desde uma perspectiva mais geral no âmbito da Região Hidrográfica conforme o Plano Nacional de Recursos Hídricos, como também dentro da política estadual de recursos hídricos (Minas Gerais). Obviamente, de acordo o termo de referência, realizadas estas considerações, o item aborda, de forma ordenada, os aspectos específicos relacionados aos recursos hídricos das áreas de influência do empreendimento, tanto indireta (AII) quanto direta (AID). A ênfase da abordagem recai nos limites territoriais da bacia hidrográfica, na qual se insere a AII do empreendimento, com especial detalhamento no que tange a AID. Esta caracterização busca identificar os corpos de água, incluindo os recursos subterrâneos, dentro dos limites da bacia que contém a AID, além de apresentar sua fisiografia, índices e ordenamento (hierarquização) das calhas de drenagem e seus aspectos qualitativos.

A análise dos recursos hídricos superficiais ancorou-se em três momentos metodológicos, a saber:

- busca por informação hidrológica e cartográfica básica e confecção de mapas temáticos;
- avaliações a campo com observação da rede de drenagem e sua relação com a rodovia, tanto na AII como na AID, e, finalmente
- avaliações pós-trabalho de campo com sistematização quali-quantitativa das informações e busca por informações específicas.

#### 5.1.8.1 Recursos Hídricos Superficiais

##### Contextualização Regional

A rodovia BR-135 e respectiva AII e AID encontram-se situadas na Região Hidrográfica do rio São Francisco (figura 5.76 e figura 5.77), no lado esquerdo da margem deste, conforme denominado no Plano Nacional de Recursos Hídricos/PNRH (MMA, 2006).

Em nível nacional, além do estado mineiro a bacia do rio São Francisco estende-se por outros 06 (seis) Estados brasileiros: Bahia, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Distrito Federal e Goiás. No Estado drena uma área de cerca de 35% de sua área total. Entre rios, riachos, ribeirões, córregos e veredas, são ao todo 168 afluentes, dos quais 99 são perenes e 69 são intermitentes.

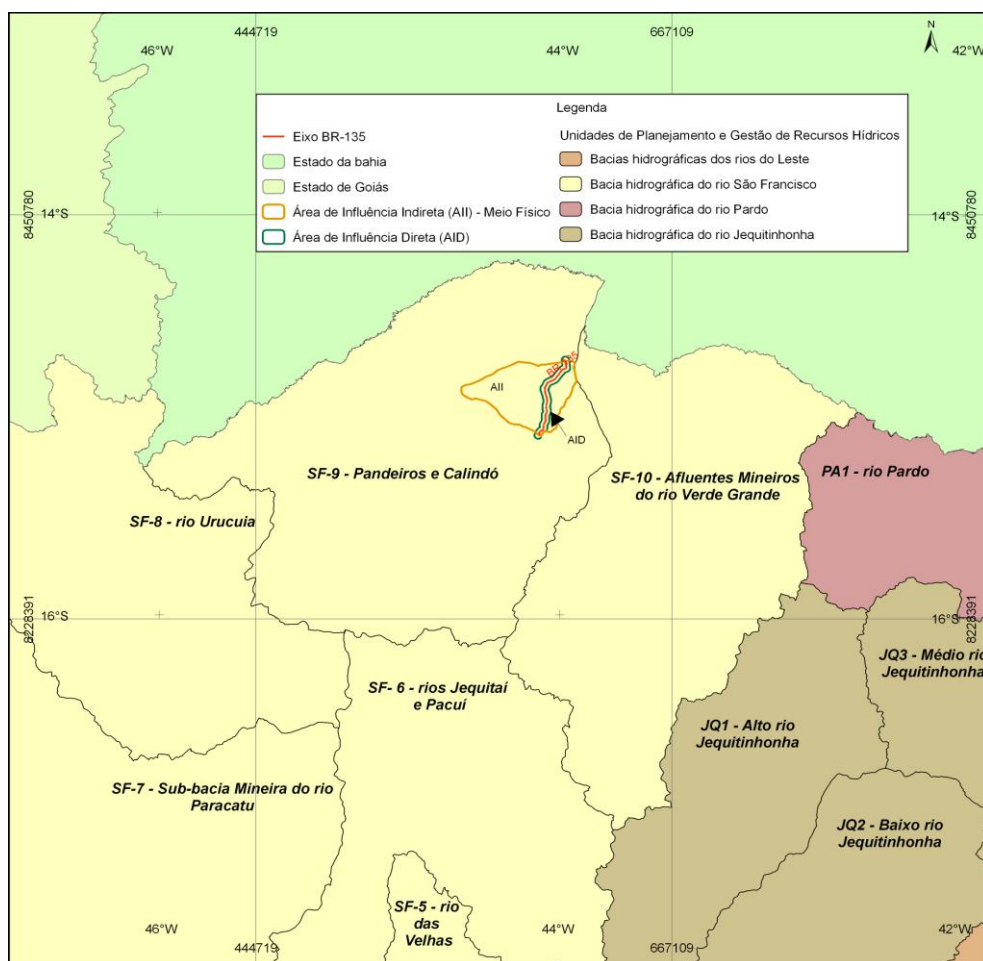
A região hidrográfica em questão está dividida em 04 (quatro) regiões fisiográficas: São Francisco Alto; São Francisco Médio; São Francisco Sub-Médio; e, São Francisco Baixo. A área do empreendimento pertence à porção denominada de Médio São Francisco, cujas características gerais são as seguintes:

- Ocorrência de diversos rios intermitentes, que apresentam baixas vazões e, conseqüentemente, baixa capacidade de diluição de poluentes. São escassos e esparsos os dados sobre qualidade de água destes corpos de água;
- Significativo comprometimento dos corpos de água nestas regiões;

- Necessidade de contar com monitoramento de longo período envolvendo parâmetros indicadores de poluição orgânica, salinidade das águas e alguns específicos, conforme os usos do solo;
- A questão dos rios intermitentes compreendeu grande desafio para o enquadramento de suas águas. Uma grande dificuldade deve-se à questão da inconformidade da legislação aplicável com as condições de campo, pois os rios com intermitência não são contemplados adequadamente na legislação e a existência de uma qualidade de água com salinidade acima dos padrões da antiga Resolução CONAMA N° 20/1986 (revogada pela Resolução CONAMA N° 357/2005) para usos de abastecimento bem como a existência de rios engrumados ou subterrâneos, ficam sem definições de padrões. Essa nova resolução representou algum avanço ao citar que para rios intermitentes ou com regime de vazão que apresente diferença sazonal significativa, as metas progressivas obrigatórias poderão variar ao longo do ano, porém não definiu como se deve proceder ao enquadramento nesses corpos de água;
- Nesta porção do rio, as principais fontes de contaminação, citadas no PNRH são as atividades metalúrgicas, a extração de calcário e minério de manganês, resultando em teores excessivos de metais pesados, sólidos em suspensão e turbidez.

De forma paralela e complementar ao processo nacional de gestão dos recursos hídricos, articula-se a política estadual de recursos hídricos e ordenamento territorial, neste caso referente ao Estado. Já nesta escala, as preocupações estão relacionadas aos conflitos ambientais atuais e potenciais dentro das sub-bacias e de que maneira melhor encaminhar as respectivas soluções. Outros atores fundamentais neste sentido são: o Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) e a Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (Semad).

Para o IGAM, toda a região de influência do empreendimento pertence à Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (UPGRH) denominada de Unidade 9 (SF-9 Pandeiros e Calindó) – figura 5.76. Ressalta-se que esta Unidade ainda não possui Comitê de Bacia instituído e tampouco Plano de Bacia. Entretanto, toda a Unidade SF-9 foi objeto de estudo para o “Planejamento de Cadastro de Usuários de Recursos Hídricos da UPGRH-SF9”.



**Figura 5.76: Localização do empreendimento no contexto das Unidades de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos da região.**



### 5.1.8.2 Caracterização do Sistema Hidrográfico (All e AID)

Para a avaliação dos recursos hídricos superficiais, considerando-se que o principal rio que corta a rodovia é o rio de Itacarambi, adotou-se o espaço físico correspondente a sua sub-bacia. Além da sub-bacia do rio Itacarambi, é importante citar que All e AID são compostas por sub-bacias de outros cursos de água menores de caráter intermitente, que também são afluentes da margem esquerda do rio São Francisco.

A sub-bacia do rio de Itacarambi tem sua foz definida pelo ponto de confluência entre o rio de Itacarambi e o rio São Francisco, perfazendo uma área de aproximadamente 757km<sup>2</sup>. A localização geográfica desta sub-bacia está entre as coordenadas geográficas 14°44'35" e 14°59'34" de latitude sul e 43°59'56" e 44°29'40" de longitude oeste, englobando parcialmente os municípios de Manga, Itacarambi, São João das Missões e Miravânia, todos no Estado.

A hidrografia da All e AID do empreendimento no contexto regional encontra-se espacializada na figura 5.77. Conforme é possível observar nesta espacialização a drenagem principal da All é dada pelo rio de Itacarambi, o qual é formado por dois sistemas hidrográficos, a saber: (1) Riacho Olho de água e Riacho do Brejinho que se unem para formar o Riacho do Brejo cuja foz é no rio de Itacarambi; e (2) pela drenagem fluvial formada pelo Córrego Riachão e Grota da Prata, também com foz no rio de Itacarambi. Destes cursos fluviais apenas o Riacho do Brejinho tem caráter intermitente e, entre estes dois sistemas encontra-se a Barragem de Itacarambi.

No centro da All, drenando porção da Terra Indígena Xacriabá, encontram-se as nascentes da Grota do Licuri, de caráter intermitente, com foz no rio São Francisco.

Já no município de Itacarambi a drenagem é formada por cursos fluviais sem nome os quais são intermitentes e drenam em direção a um complexo lacustre também sem nomenclatura, situados na planície aluvionar do rio São Francisco.

Às margens do rio São Francisco o sistema hídrico da All apresenta um complexo de lagoas que, no sentido Manga-Itacarambi tem as seguintes nomenclaturas: Lagoa do Juamerim, Lagoa Lavagem, Lagoa Comprida e Lagoa da Picada.

A drenagem da AID, também passível de observação na figura 5.77, é formada pelo rio de Itacarambi, pela Grota do Licuri, sendo os demais sem nomes.

Uma vez identificada a sub-bacia do rio de Itacarambi como sendo importante alvo de avaliações ambientais no contexto do empreendimento, o primeiro procedimento diz respeito à confecção de cartografia básica (localização e delimitação da bacia hidrográfica).

Para a avaliação dos recursos hídricos superficiais, considerando-se que o principal rio que corta a rodovia é o rio de Itacarambi (sendo as demais drenagens de caráter intermitentes), adotou-se o espaço físico correspondente a sua sub-bacia.

Para a caracterização do sistema hidrográfico foram realizadas análises de bases cartográficas, do Modelo Numérico do Terreno (MNT) da região, de imagens orbitais e verificações em campo, a fim de determinar diversos índices que caracterizam uma bacia hidrográfica em função de dados fisiográficos.

São considerados dados fisiográficos de uma bacia todos aqueles que podem ser extraídos de mapas, fotografias aéreas, imagens de satélite e MNTs. Basicamente os dados fisiográficos são áreas, comprimentos e declividades medidos diretamente ou expressos por índices (TUCCI, 1993).

À rede de drenagem podem ser atribuídos diversos índices. Dentre os mais simples encontra-se a determinação do comprimento  $L$ , ou seja, a medição em planta do comprimento do curso principal serão determinados outros índices, descritos a seguir.

A área de drenagem  $A$  e o perímetro da bacia  $P$  são calculados a partir da delimitação da bacia com base nas curvas de nível.

O índice de densidade de drenagem de uma bacia é definido pela equação 1:

$$D_D = \frac{L_n}{A} \quad (1)$$

Onde  $L_n$  é o somatório dos comprimentos de todos os  $n$  canais da rede e  $A$  é a área da bacia. Quanto maior a densidade de drenagem maior a extensão do escoamento superficial.



**Figura 5.77: Mapa da hidrografia regional**



O coeficiente de compacidade ou de *Gravelius* indica o quanto a forma da bacia se aproxima do formato circular; quanto mais próximo da unidade maior a tendência a inundações (mantidas as demais características constantes). É estimado a partir da expressão 2:

$$K_C = \frac{0,282.P}{\sqrt{A}} \quad (2)$$

Onde  $K_C$  é o coeficiente de compacidade,  $P$  é o perímetro da bacia e  $A$  sua área de drenagem.

O comprimento médio das vertentes ( $L_{esc}$ ) indica a distância média percorrida pela água de forma difusa, isto é, sem caracterizar caminhos preferenciais, e pode ser estimado pelo método do retângulo equivalente a partir da equação 3:

$$L_{esc} = \frac{1}{4.D_D} \quad (3)$$

O tempo de viagem da gota de água da chuva que atinge a região mais remota da bacia até o momento em que atinge o exutório é chamado de tempo de concentração da bacia. A declividade média da bacia e do curso de água principal também são características que afetam diretamente o tempo de viagem da água ao longo do sistema. O tempo de concentração de uma bacia diminui com o aumento da declividade. Para estimar o tempo de concentração de bacias maiores pode ser utilizada a equação de Kirpich, conforme a equação 4:

$$tc = 57 \cdot \left( \frac{L^3}{H} \right)^{0,385} \quad (4)$$

Onde  $tc$  é o tempo de concentração em horas;  $L$  é o comprimento do curso de água principal em Km; e  $S$  é a declividade do rio curso de água principal (adimensional). Esta equação foi desenvolvida com base em dados de bacias de até 5.840 Km<sup>2</sup>.

A obtenção da declividade efetuou-se a partir da razão entre a diferença da cota superior e inferior do rio principal e o comprimento total deste.

O critério de ordenamento (hierarquização) dos canais da rede de drenagem utilizado neste estudo é o de Strahler (1957, apud TUCCI, 1993). Segundo Tucci (1993), no sistema de Strahler todos os canais sem tributário são de primeira ordem mesmo que sejam nascentes dos rios principais e afluentes; os canais de segunda ordem são os que se originam da confluência de dois canais de primeira ordem; os canais de terceira ordem originam-se da confluência de dois canais de segunda ordem, podendo receber afluentes de segunda e primeira ordens. Sucessivamente, um canal de ordem  $U$  é formado pela união de dois canais de ordem  $U - 1$ , podendo receber afluência de canais com qualquer ordem inferior.

Visto que qualquer índice ou medida de fisiografia referente à rede de drenagem é profundamente dependente da escala do mapa utilizado, uma precisa indicação do mapa fonte e da sua escala deve imprescindivelmente acompanhar os índices de drenagem. Sendo assim, os índices foram determinados com base em informações extraídas das Cartas Topográficas da Divisão de Serviços Geográficos do Exército (DSG) em escala 1:100.000, denominadas Januária, Japoré e Manga, bem como do MNT gerado com base em dados do SRTM. A extração das informações foi obtida mediante a utilização do Sistema de Informações Geográficas (SIG) denominado ArcGis 9.3, desenvolvido pela ESRI.

Com relação às características fisiográficas da sub-bacia adotada no presente estudo pode-se afirmar que a sub-bacia do rio de Itacarambi mostra-se pouco suscetível a enchentes em condições normais de precipitação, ou seja, excluindo-se eventos de intensidades anormais, pelo fato de o coeficiente de compacidade apresentar o valor afastado da unidade (1,46).

A baixa densidade de drenagem (menor que 0,5 km/km<sup>2</sup>) indica que se trata de uma bacia mal drenada, devido possivelmente às características de permeabilidade do solo e às condições climatológicas que indicam expressiva evaporação, sobretudo no período de inverno, bem como ao comprimento médio das vertentes ( $L_{esc}$ ). Com uma suave declividade no curso principal da sub-bacia o tempo de concentração é de 17,93 horas.

Os dados fisiográficos podem ser visualizados no quadro 5.25. O índice  $K_C$  é adimensional.

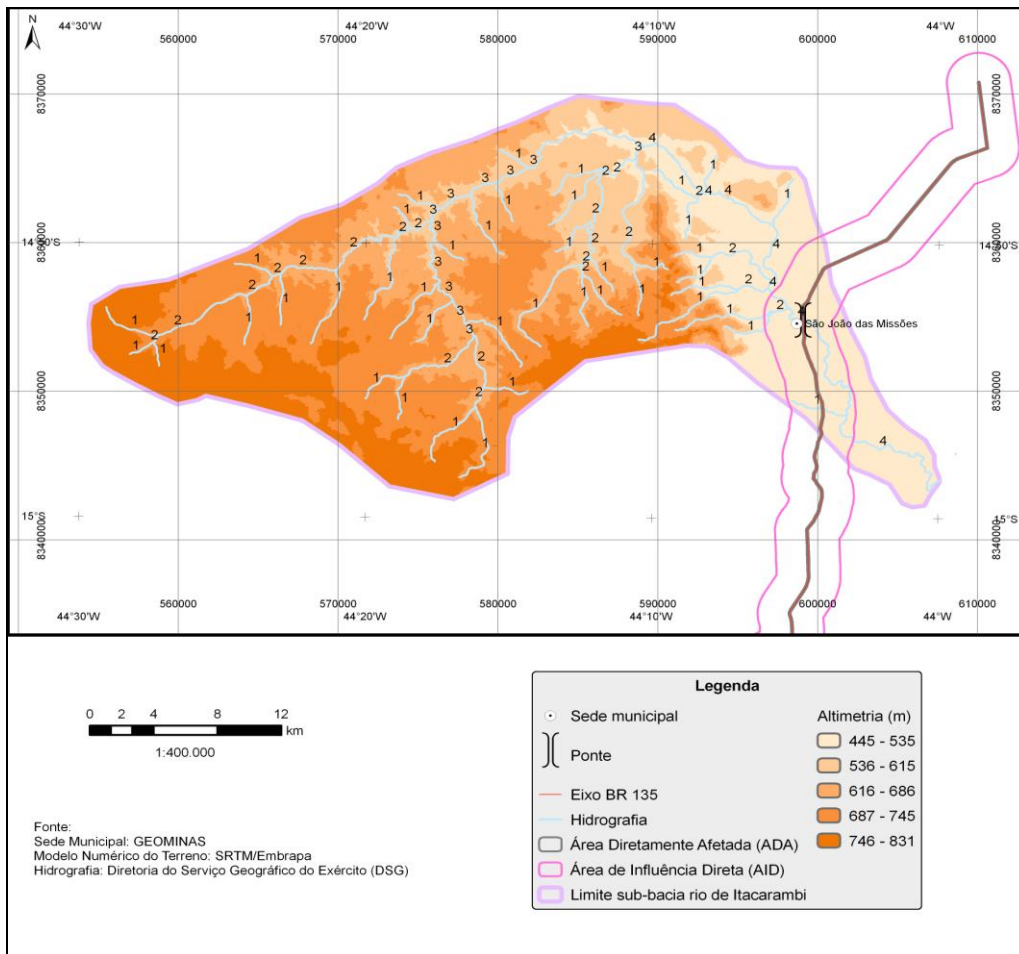
**Quadro 5.25**  
**Dados fisiográficos da sub-bacia do rio de Itacarambi.**

Sub-Bacia	KC	P (km)	A (km <sup>2</sup> )	Lesc	DD (km/km <sup>2</sup> )	Ln (km)	L (km)	S (adimensional)	Tc (horas)
rio de Itacarambi	1,46	142,4	757,05	0,10	0,40	302,60	87,32	0,004	17,93

No que se refere à hierarquização o canal principal da bacia (rio de Itacarambi) passa de um canal de 1ª, 2ª e 3ª ordens para 4ª. De modo geral a sub-bacia apresenta 37 trechos fluviais de 1ª ordem, 21 de 2ª, 11 de 3ª e 5 de 4ª ordem. Na AID o curso principal é de 4ª ordem, apresentando nas proximidades da localidade de Rancharia um afluente intermitente de 1ª ordem. Ainda na AID, próximo a Sede municipal de São João das Missões, um dos afluentes é de 2ª ordem.

A hierarquização dos canais da sub-bacia encontra-se espacializada na figura 5.78.

Os recursos hídricos superficiais da AID são compostos basicamente por drenagens intermitentes, dependentes dos eventos de expressivas precipitações, que conforme verificado no Item 5.1.1.3 do presente estudo, concentram-se nos meses de verão (outubro-março). Além disso, situam-se em ambiente cárstico e, no contexto deste tipo de ambiente as relações entre os rios de superfície e os aportes de águas subterrâneas que eles recebem dos aquíferos cársticos, dependem das condições climatológicas, geográficas e geológicas. Por outro lado, nos carstes, as águas infiltradas no subsolo pela absorção do escoamento superficial podem voltar à mesma bacia hidrográfica, mais a jusante, ou desviar-se para outra bacia hidrográfica ou outros aquíferos.



**Figura 5.78: Hierarquização da rede de drenagem da sub-bacia do rio de Itacarambi.**

A exceção à regra é o rio de Itacarambi cujas características no trecho da AII e AID são regradas tanto pelas recargas pluviais e subterrâneas (função do arcabouço geológico) quanto pela regularização da vazão devido à Barragem de Itacarambi (figura 5.79) administrada pela CODEVASF e as múltiplas extrações de água ao longo do seu trecho. Segundo a operadora, a barragem tem capacidade para armazenar 7 milhões e 400 mil metros cúbicos de água beneficiando mais de 10 mil pessoas da área rural de São João das Missões. A barragem ainda é responsável por perenizar o rio de Itacarambi, possibilitando a irrigação de uma área de 4.500ha, descarrega uma vazão ecológica de 0,25 m³/s, e regulariza uma vazão de 0,6 m³/s compreendendo um reservatório de 100ha (CODEVASF, 2009).

A sub-bacia do rio de Itacarambi, para efeitos descritivos, pode ser dividida em 03 (três) partes, a saber: curso alto a montante, porção intermediária e curso baixo próximo de sua foz. Em seu curso alto o rio está assentado sobre os arenitos da Formação Urucuia, sendo regularizado pelas descargas subterrâneas originadas pelos mesmos. As veredas que ocorrem nas chapadas, formadas sobre os arenitos Cretáceos, constituem áreas de exudação do lençol freático, que apresenta baixas profundidades, sendo muito



susceptíveis à rápida degradação sob intervenção humana predatória. Nota-se um forte controle estrutural, que se torna mais expressivo quando o rio passa a interceptar o substrato carbonático do Grupo Bambuí. Nesta porção da bacia, a rede de drenagem é maior (se comparada à região da foz) e o padrão das mesmas (retangular a dendrítico) é condicionado pelo conjunto de fraturas, densamente distribuídas em algumas áreas e mais rarefeito em outras. A infiltração, circulação e o armazenamento das águas subterrâneas nos maciços rochosos carbonáticos é condicionada por este padrão de fraturamento, processo este que possibilita a dissolução das rochas carbonáticas e, conseqüentemente, a formação de estruturas cársticas.

Em sua porção média, a influência da barragem da CODEVASF acaba sendo o fator de maior preponderância no controle das vazões e de sua dinâmica. Nesta região o rio segue assentado sobre rochas carbonáticas do Grupo Bambuí.

Já na direção de sua porção mais baixa, o gradiente do rio apresenta um leve degrau, coincidente com a escarpa da serra, a partir do qual, o substrato do mesmo passa a ser as coberturas detríticas e os siltitos do Subgrupo Paraopeba. Neste setor nota-se ainda um controle estrutural semi-ortogonal. As vazões são influenciadas pela sazonalidade das chuvas, sendo em parte regularizada pelas descargas da referida barragem e pelas descargas subterrâneas. O rio nesta região possui baixas declividades, espessuras da ordem de 4 metros, pequena profundidade e fundo bastante lamoso, com bancos de pequenas dimensões em ambas as margens (figura 5.80).



**Figura 5.79: Barragem de Itacarambi.**



**Figura 5.80: Aspecto da porção baixa do rio de Itacarambi.**

Fonte: OAS. Disponível em: <http://www.oas.com.br/>.

A presença de drenagens de característica intermitentes (figura 5.81) é observada por toda extensão da AII assim como verificado na AID junto ao trecho da BR-135. Tais drenagens apresentam-se de forma quantitativa predominante em comparação aos cursos de água perenes. Ainda dentro das respectivas áreas de influência, verificou-se a existências de áreas úmidas com características geomorfológicas de ambientes cársticos, como as áreas identificadas junto a localidade de Rancharia (figura 5.82), em São João das Missões.



**Figura 5.81: Drenagem intermitente, afluente do rio de Itacarambi, a montante do ponto AS-02**



**Figura 5.82: Drenagem característica de ambientes cársticos. Localidade de Rancharia**

A presença de galerias de drenagem foi verificada em leito de drenagem intermitente sob o corpo da estrada (figura 5.83), onde as dimensões das galerias totalizam cerca de  $8\text{m}^2$ . As dimensões das mesmas supõem a magnitude das vazões geradas nos eventos de precipitação de maior intensidade. Assim, ainda constata-se a importância deste tipo de obra frente a possibilidade de inundações devido ao represamento das águas junto ao corpo da estrada.



**Figura 5.83: Galerias de Drenagem sob a BR-135 em drenagem intermitente**

De acordo com as características dos recursos hídricos é apresentado a seguir um indicativo de vazão para o dimensionamento da estrutura de transposição do rio de Itacarambi bem como a discussão das relações de precipitação-vazão para o dimensionamento das demais estruturas de drenagem da rodovia.

### 5.1.8.3 Hidrologia

#### Avaliação das Descargas Médias no Rio de Itacarambi

A presente avaliação tem como fonte de informações o Documento fornecido pela CODEVASF, desenvolvido pela Tecnosolo – Engenharia e Tecnologia de Solos e Materiais S.A., para a construção da Barragem de Itacarambi.

As únicas informações fluviométricas disponíveis para o rio de Itacarambi constam nos relatórios da CODEVASF, correspondentes a alguns meses do período de 1978 a 1980, a saber:

- Agosto/1978:  $0,368\text{m}^3/\text{s}$ ;
- Setembro/1978:  $0,326\text{m}^3/\text{s}$ ;
- Outubro/1978:  $0,506\text{m}^3/\text{s}$ ;
- Novembro/1978:  $0,401\text{m}^3/\text{s}$ ; e
- Julho/1980:  $0,400\text{m}^3/\text{s}$ .

Portanto, no estudo consultado para caracterizar as descargas fluviométricas do rio de Itacarambi foi utilizado o posto Fazenda Bom Retiro, situado no rio Japoré, uma vez que as outras estações da região não possuíam período comum com as observações no rio de Itacarambi, ou o número de medições de descarga não era suficiente para definir uma curva consistente.

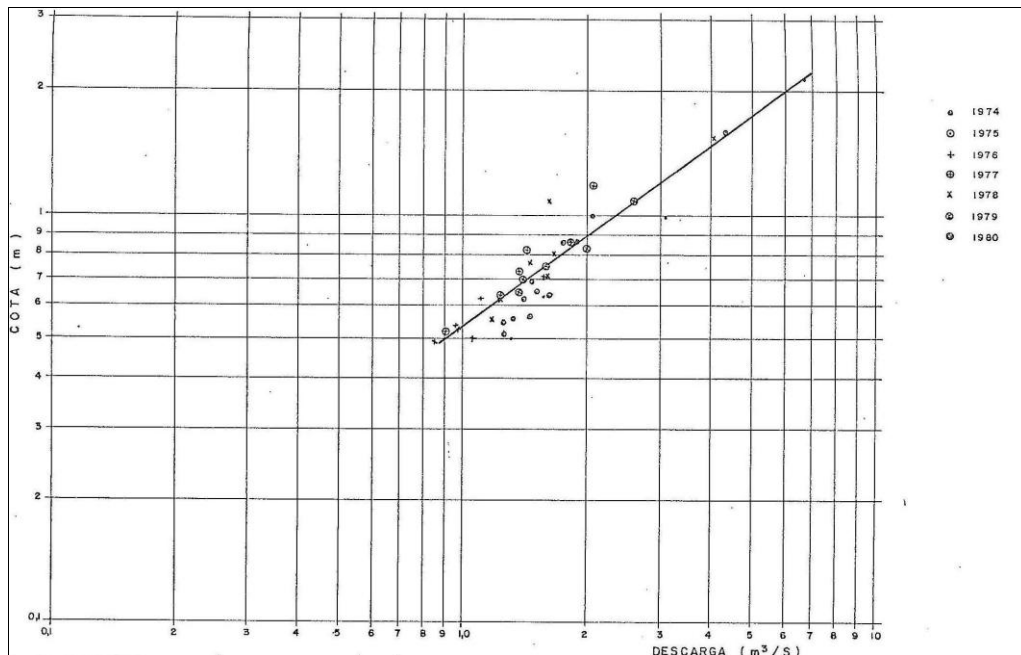
Assim sendo, foi definida a curva de relação cota x descarga (figura 1.84) e também a correlação entre as vazões médias mensais no rio Japoré e no rio de Itacarambi (figura 5.85) e, as descargas médias do rio Japoré. Na seqüência, foi definida a estimativa das descargas médias mensais do rio de Itacarambi. As descargas médias do rio Japoré e a estimativa das vazões do rio de Itacarambi estão graficamente ilustradas na figura 5.86.

Embora algumas características (físicas) das duas bacias possam ser distintas, a regressão definida é puramente matemática, e baseada em dados observados nas duas. Em termos de vazão média mensal os procedimentos adotados no estudo diluíram os possíveis erros que pudessem estar associados a este fator. Além disso, as bacias (Japoré e Itacarambi) são vizinhas e apresentam as mesmas características geológicas e pluviométricas.

Conforme é possível observar na figura 5.86 as vazões médias do rio Japoré tem maior expressividade nos meses de maior volume pluviométrico, destacando-se os meses de janeiro e fevereiro que registraram uma descarga de  $4,41\text{m}^3/\text{s}$  e  $5,15\text{m}^3/\text{s}$ , respectivamente. As estimativas da descarga do rio de Itacarambi mostram-se semelhantes, ainda que com valores inferiores. No principal curso fluvial da All as vazões

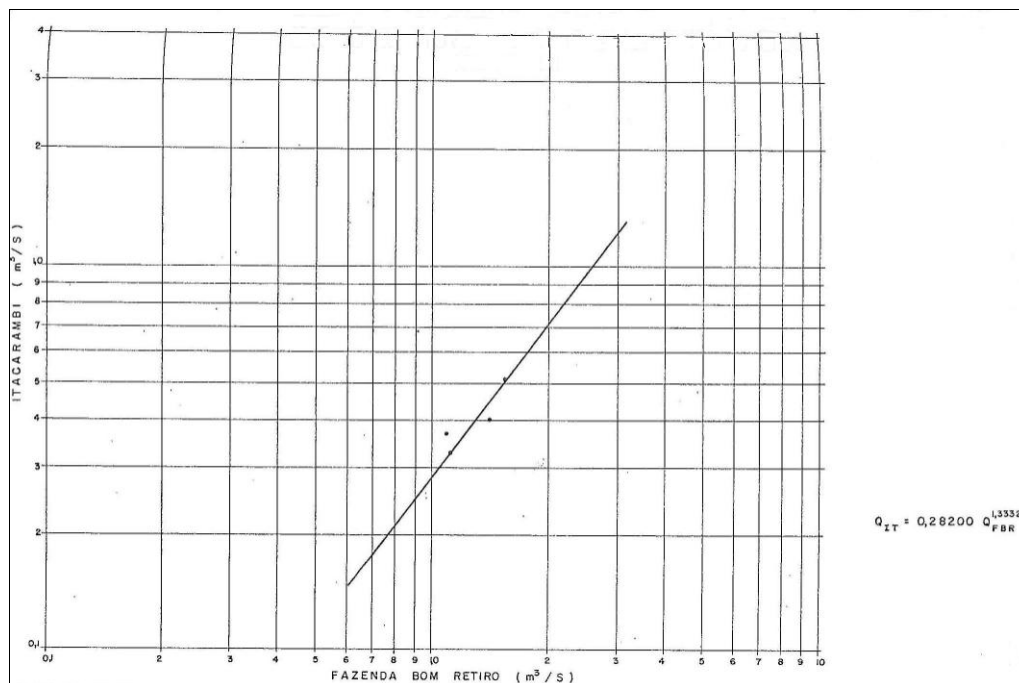


também são expressivas nos meses de janeiro e fevereiro nos quais as vazões são de, respectivamente, 2,288m<sup>3</sup>/s e 2,804m<sup>3</sup>/s.



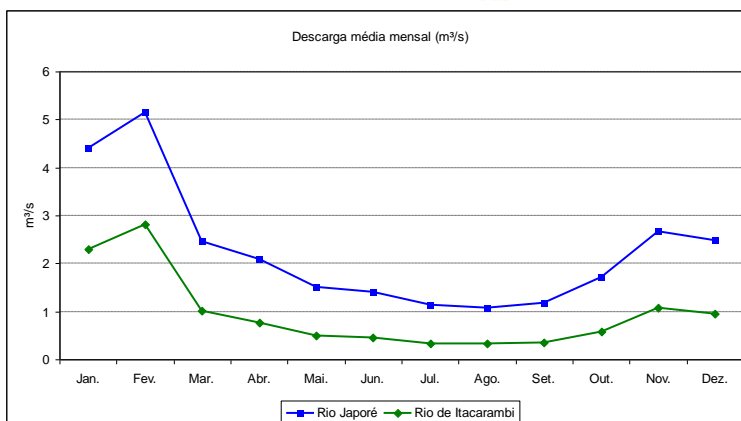
**Figura 5.84: Relação Cota x Descarga - Estação Fazenda Bom Retiro. Rio Japoré.**

Fonte: CODEVASF



**Figura 5.85: Correlação entre vazões médias mensais entre o rio Japoré e o rio de Itacarambi.**

Fonte: CODEVASF



**Figura 5.86: Descarga média mensal do rio Japoré e Estimativa do rio de Itacarambi.**

Fonte: CODEVASF

### Identificação de Áreas Suscetíveis a Inundações

Como o regime hidrológico da sub-bacia do rio de Itacarambi encontra-se regularizado pela barragem da CODEVASF, a ocorrência de inundações na região de Itacarambi-Manga está associada aos eventos de cheias do rio São Francisco, tendo em vista que estas cidades estão sobre a planície de inundação e sobre seu leito maior.

De acordo com a ANA (2004) algumas das características fisiográficas da bacia do rio São Francisco contribuem para a ocorrência de inundações, como por exemplo, a sua forma e sua dimensão. Em relação à forma e à dimensão, pode-se perceber que se trata de uma bacia alongada e com grande área, o que torna pouco provável a ocorrência de precipitações intensas simultâneas em toda a sua extensão. Sua forma confere tempos de concentração superiores em relação aos verificados em bacias mais compactas e picos de vazões inferiores nos seus hidrogramas. Ainda segundo a ANA (2004), esta bacia apresenta um Índice de Compacidade de Garvelius na ordem de 2,5, o que indica grande alongamento e pequena compacidade.

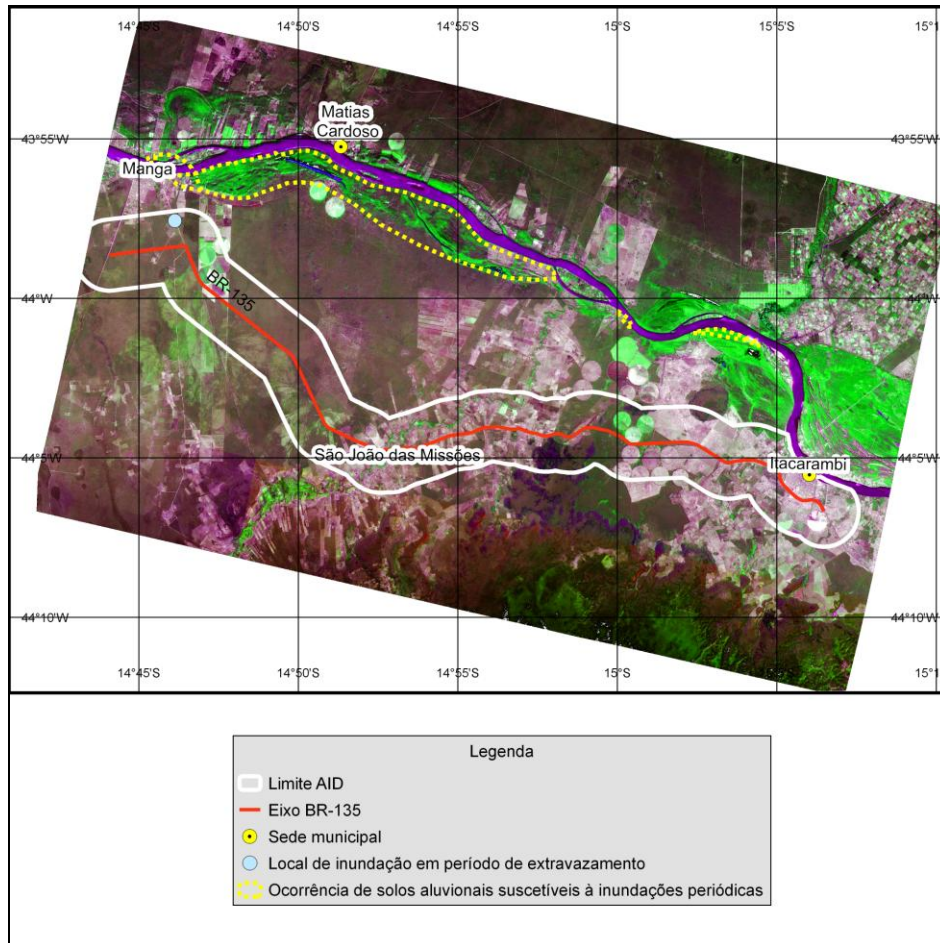
As cheias têm como característica uma vazão relativamente grande de escoamento superficial e as inundações caracterizam-se pelo extravazamento do canal. Dois fatores se destacam na ocorrência destes fenômenos na bacia do São Francisco: a urbanização e o extravazamento das águas para o leito maior e planície de inundação.

As enchentes devido à urbanização é um tipo comum no Alto São Francisco onde se concentra a Região Metropolitana de Belo Horizonte. Aquelas associadas ao extravazamento das águas para o leito maior e à planície de inundação comumente ocorrem no Médio curso do rio, onde estão os municípios do empreendimento (BR-135), bem como no Baixo São Francisco. De acordo com a ANA, historicamente o município de Manga é atingido pelos eventos hidrológicos críticos ocorridos nesta bacia hidrográfica.

Na All do empreendimento os locais onde ocorrem solos aluvionais (figura 5.87) situados às margens do rio São Francisco onde a topografia é expressivamente plana, da ordem de 420 a 450m, eventualmente recebem as inundações deste rio. Geomorfologicamente representam a Unidade Várzeas e Terraços Aluviais (Item 0). Este fenômeno tem maior recorrência nos períodos de concentração pluviométrica que, conforme abordado na caracterização climática (Item 5.1.1) tem início no mês de outubro até o mês de março. Neste período, e eventualmente, as chuvas provocam o extravasamento das lagoas fluviais e cursos de água circundantes (figura 5.88) cujos vertimentos ocorrem quase simultaneamente.

Durante as incursões a campo não foram verificadas áreas suscetíveis à inundação ao longo da BR-135, exceto nas proximidades da Sede Municipal de Manga. De acordo com informações obtidas em campo, com a população local, houve um evento de cheia do São Francisco no ano de 2004 com extravazamento das águas que atingiram parte da BR-135. Segundo a população as águas extravazaram atingindo o local identificado na figura 5.87. Salienta-se que esta área é drenada por um curso fluvial, sem nome, intermitente em épocas de seca, cujas nascentes situam-se no Morro do Maracaia, a oeste da BR-135.

Ainda segundo a ANA (2004) a cheia ocorrida no ano de 2004 é especialmente importante por apresentar uma gênese de formação diferenciada. Foi provocada pelas fortes chuvas ocorrentes no mês de janeiro daquele ano, decorrentes da incursão de frentes frias até o estado da Bahia que acarretou na formação de sistemas meteorológicos nos altos níveis atmosféricos na região Nordeste do Brasil, configurando-se em média, numa frequência de 17 dias com chuvas moderadas a fortes.



**Figura 5.87: Ocorrência de solos aluvionares suscetíveis à inundações periódicas. Local de inundação em período de extravasamento do rio São Francisco sobre seu leito maior e planície de inundação, em 2004.**

É importante salientar ainda que, de acordo com a ANA (2004), em que pese a expressividade das precipitações e o volume hídrico gerado nos afluentes, a obstrução de dispositivos, como bueiros, bocas de lobo e outros dispositivos de microdrenagem, dimensionamento inadequado de projetos, adensamento populacional, obras inadequadas, interferências físicas, lençol freático alto e outros, representaram fatores agravantes às inundações.

Nesse sentido, torna-se relevante a implementação de medidas estruturais e não-estruturais para a otimização da microdrenagem do empreendimento em estudo. Como exemplo de medidas estruturais pode-se citar as obras de macrodrenagem para minimizar os efeitos sobre a estrada, e não-estruturais o monitoramento de variáveis meteorológicas, bem como serviços de limpeza e manutenção.



**Figura 5.88: Vista aérea do leito maior e planície de inundação. Município de Manga.**

Fonte: Prefeitura Municipal de Manga.



## Descargas de Projeto

No dimensionamento das estruturas de drenagem das rodovias, é de grande importância considerar os fatores de risco associados à longa exposição das estruturas rodoviárias aos efeitos da precipitação (DNIT, 2005).

Assim, como os efeitos negativos dos aguaceiros sobre as rodovias dizem respeito aos danos provenientes da erosão e devido a influência direta na segurança do tráfego, durante as chuvas, os métodos de cálculo mais difundidos visam o estabelecimento da descarga máxima suportável (DNIT, 2005).

Na falta de registros fluviométricos, como no caso do rio de Itacarambi, adotam-se os procedimentos indiretos, com o uso de expressões matemáticas que estabeleçam a relação precipitação-vazão, nas quais podem ser consideradas as perdas por infiltração. Ao estabelecer as descargas de projeto, embora adotados diversos procedimentos simplificadores justificados para a natureza das obras dimensionadas, deve-se dar importância às características fisiográficas das bacias que independem das condições climáticas, como das características pedológicas, que indicam o comportamento dos cursos de água em função dos solos e de cobertura vegetal das bacias, além da distribuição temporal e espacial da precipitação.

Devido a necessidade de preservar a plataforma rodoviária, deve-se ainda considerar o nível de alagamento próximo aos cursos de água de forma a impedir o transbordamento nos aterros e a inundação das pistas que levam a instabilização destes e dos taludes marginais dos talvegues (DNIT, 2005).

Os métodos usuais empregados buscam a quantificação das descargas através de procedimentos matemáticos. A parcela de precipitação resultante em descargas (vazões) é definida pelo ciclo hidrológico (DNIT, 2005).

A segurança e a durabilidade das obras de engenharia são dependentes do tempo ou período de recorrência, onde provavelmente ocorrerá um fenômeno de grande magnitude, pelo menos uma vez. Para os dispositivos de drenagem este tempo refere-se a enchente de projeto, a qual será o respectivo parâmetro de dimensionamento de modo que a estrutura resista a essas enchentes sem risco de superação para certa descarga de projeto (DNIT, 2005).

A escolha do tempo de recorrência para o projeto de uma obra de engenharia, e por conseqüência, a vazão de projeto desta obra, depende de sua importância, o que resulta na adoção de um valor para o qual o risco de superação seja adequado à segurança da rodovia, no que se inclui o risco associado a necessidade de sua reconstrução. Quanto maior o tempo de recorrência, maior a vazão esperada, e mais onerosa a reconstrução, ou reparação da estrutura (DNIT, 2005).

No geral o tempo de recorrência adotado para bueiros é de 10 a 20 anos, e para as pontes, valores entre 50 a 100 anos conforme a importância da obra. Para o cálculo das descargas de projeto foram considerados o tempo de 10 anos para bueiros e 50 anos para pontes.

Para a definição do tempo de recorrência da enchente de projeto é considerada a folga necessária entre o nível de água previsto em algum ponto crítico característico, como um ponto baixo na estrada próximo ao local em análise e à face inferior da superestrutura, no caso de uma ponte. Adota-se a exigência de uma folga de 1,0m. Já nos projetos de bueiros, é habitual considerar a possibilidade de limite de afogamento da galeria no interior da canalização, onde a elevação do nível de água a montante é admitida além da geratriz superior da obra. Isto se deve a consideração de amortecimento dos picos de cheias, sem comprometimento dos taludes vizinhos. Para tais situações esperam-se velocidades de saída mais elevadas, que devido a erosão potencial associada, prevê-se o uso de enrocamento junto a saída da galeria (DNIT, 2005).

Na prática, recomenda-se segundo a Instrução de Serviço IS-203 – Estudos Hidrológicos, das Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários, que o dimensionamento do bueiro para condições críticas de escoamento, a vazão ser calculada com o tempo de recorrência de 10 anos, e a verificação do nível de água a montante para enchentes de 20 a 25 anos. Caso esse nível proporcione a inundação das áreas marginais, deverá ser adotada seção de vazão capaz de evitar este fato. Nesta verificação, deverá ser considerado o efeito amortecedor da área inundada, caso seu volume seja significativo, comparado com o volume da enchente (DNIT, 2005).

A definição teórica do risco de ruptura de uma obra é dado em função da equação abaixo, em que a probabilidade (J) de ocorrência de uma vazão de projeto com tempo de recorrência  $T_R$  (em anos) dentro da vida útil da obra fixada em n (anos), é dada pela equação 5.

$$J = 1 - \left(1 - \frac{1}{TR}\right)^n \quad (5)$$

As informações extraídas das séries de dados do posto pluviométrico Matias Cardoso (código 1443008), com dados para o período de 1964 a 1991, foram utilizados para quantificação estimada da vazão afluente no ponto onde a rodovia intercepta o rio de Itacarambi, em São João das Missões, na AID.

Para isso, foi realizada a delimitação da micro-bacia contribuinte ao curso hídrico do rio de Itacarambi, à jusante da barragem deste rio, e calculada as vazões para o período de retorno ( $Tr_{50}$ ) com a respectiva vida útil esperada para a estrutura da ponte em 50 anos, respectivamente. A área de drenagem contribuinte desta micro-bacia a jusante do barramento de Itacarambi foi calculada em 308,77km<sup>2</sup> até o local da ponte.

A vazão de base ( $Q_b$ ) considerada é a vazão declarada pela CODEVASF, regularizada pelo barramento em uma descarga de 0,6 m<sup>3</sup>/s.

Para determinação das vazões de cheia foi utilizado o método proposto por Ven Te Chow que tem sido, utilizado para dimensionamento de dispositivos de drenagem. Este método desenvolvido tomando como base análises teóricas do método do hidrograma unitário, e um grande conjunto de dados obtidos a partir de 60 eventos de cheia observados nos EUA.

O método estabelece que a vazão de cheia (m<sup>3</sup>/s) associada a uma precipitação efetiva  $Pe$ , de duração  $T_d$ , com um tempo de recorrência ( $T_R$ ), é calculada a partir da seguinte equação:

$$Q_p = Q_b + \frac{A}{3,6} \cdot \frac{Pe}{T_d} \cdot X \cdot Z \quad (6)$$

Onde:

$Q_p$ =vazão de pico (m<sup>3</sup>/s);

$Q_b$ =vazão de base (m<sup>3</sup>/s);

$A$ = área de drenagem (km<sup>2</sup>);

$Pe$ = precipitação efetiva (mm);

$T_d$ = duração da precipitação (h);

$X$ = fator de distribuição temporal da precipitação efetiva (adotado 1,06);

$Z$ =fator de atenuação de pico.

A precipitação efetiva  $Pe$  (mm) deve ser calculada pela conhecida equação (7) do *Soil Conservation Service* (SCS):

$$Pe = \frac{(Pt - 5080 / CN + 50,8)^2}{Pt + 20320 / CN - 203,2} \quad (7)$$

Onde CN é o número de deflúvio (*Curve Number*), tabelado pelo SCS em função das características fisiográficas e de ocupação da bacia, e  $P_t$  é a precipitação total associada à duração  $T_d$ . No cálculo da precipitação efetiva adotou-se um valor de CN de 60.

O fator de distribuição temporal da precipitação, ( $X$ ), traduz o fato de que a variação da intensidade da chuva durante o temporal de projeto pode conduzir a vazões de pico superiores àquela fornecida por uma chuva de intensidade constante. Ven Te Chow, com base nos dados de campo já mencionados, recomendou o emprego de  $X = 1,06$ . Este valor foi adotado no presente estudo.

O fator de atenuação de pico  $Z$  torna-se igual a 1,0 para durações de chuva iguais ou superiores ao tempo de ascensão ( $T_p$ ), o qual foi o valor adotado neste estudo.

Com base nas áreas contribuintes e a partir dos dados do posto pluviométrico adotado foi calculada a vazão de pico do período de retorno de 50 anos para uma vida útil de 50 anos da ponte de travessia do rio de Itacarambi.

A vazão de pico resultante de acordo com o Método de Ven Te Chow é de 45,86m<sup>3</sup>/s proveniente de uma precipitação de 68,8mm para o tempo de concentração da bacia de 12 horas.

Diante do exposto concluiu-se que no caso dos bueiros, considerando-se uma vida útil de 20 anos e um tempo de recorrência de 10 anos, o risco de ruptura é de 87,84%. Já ao se avaliar o risco de ruptura de pontes para uma vida útil de 50 anos e tempo de recorrência também de 50 anos, o risco é de 63,58%.

#### Regime Hidrológico das Sub-bacias Hidrográficas da AI do Empreendimento

*A ausência e insuficiência de dados nas estações fluviométricas na bacia hidrográfica do rio Itacarambi não permitiu compor uma série histórica consistente para análise do seu regime hidrológico. Desse modo, adotou-se as informações contidas no documento fornecido pela CODEVASF, desenvolvido pela Tecnosolo - Engenharia e Tecnologia de Solos e Materiais S.A., para a construção da Barragem de Itacarambi.*

O estudo hidrológico apresentado neste documento foi realizado por meio da adoção dos dados fluviométricos do posto da Fazenda Bom Retiro, situado no rio Japoré, vizinho à All. A adoção deste posto fluviométrico se deve à insuficiência de medições de descarga das demais estações da região para definição de uma curva consistente.

O documento consultado disponibiliza as seguintes vazões do rio Itacarambi para os meses de julho a novembro:

Meses de Seca:

- Julho/1980: 0,400m<sup>3</sup>/s.
- Agosto/1978: 0,368m<sup>3</sup>/s;
- Setembro/1978: 0,326m<sup>3</sup>/s;

Meses de Chuva:

- Outubro/1978: 0,506m<sup>3</sup>/s;
- Novembro/1978: 0,401m<sup>3</sup>/s

Adotou-se ainda as informações hidrológicas e metodologia correspondente, do Atlas Digital das Águas de Minas produzido pela Secretaria de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (SEAPA), Secretaria do Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD), e a Universidade Federal de Viçosa (UFV). As informações hidrológicas presentes no Atlas foram obtidas por meio de regionalização de vazões, devido à insuficiência de dados em diversas estações.

Nesse caso, conforme cita Barbosa (2005) é necessária a aplicação de técnicas de transferência de informações de outros locais climaticamente semelhantes para a bacia hidrográfica em questão. Ao procedimento de transferência de informações de vazão denomina-se regionalização de vazão.

“Entende-se por regionalização hidrológica, ou mais especificamente regionalização de vazões, o conjunto de procedimentos e métodos estatísticos que visam explorar ao máximo os dados existentes numa região, buscando-se permitir a estimativa da vazão num local com ausência ou insuficiência de dados. Por meio da regionalização, visa-se permitir, a obtenção indireta das vazões em seções em que faltem dados ou onde, por fatores de ordem física ou econômica, não seja possível a instalação de estações hidrométricas. A estimativa é realizada com base em modelos de cálculo das vazões, que se demonstram estatisticamente aplicáveis a qualquer seção fluvial da bacia considerada (BARBOSA, 2005)”.

Para bacias que apresentam área (km<sup>2</sup>) entre 531 a 15.832km<sup>2</sup>, o estudo hidrológico do Atlas considerou os seguintes intervalos, também adotados para avaliação hidrológica do rio de Itacarambi:

**Quadro 5.26**  
**Intervalos considerados para a avaliação hidrológica**

Intervalo válido	Bacias entre 531 a 15.832km <sup>2</sup>
Qmlp	0,0006. A 1,3133
Q7,10	0,0001. A 1,4290
Q95	0,0001. A 1,4290
Q90	0,0005. A 1,3080
Q7,10 Seco	0,0001. A 1,4414
Q7,10 Chuv	0,0001. A 1,4956
Qmax 10	0,0537. A 0,9598
Qmax 20	0,0614. A 0,9598
Qmax 50	0,0717. A 0,9598
Qmax 100	0,0794. A 0,9598
Qmax 500	0,1006. A 0,9598

Onde;

Intervalo válido = intervalos das áreas de drenagem recomendado para aplicação dos modelos hidrológicos estudados.

Qmlp = Vazão média de longo período (m<sup>3</sup>/s);

Q7,10 = Vazão mínima anual de sete dias, com um período de retorno de 10 anos (m<sup>3</sup>/s);

Q95 = Vazão com intervalo diário e 95% da curva de permanência;

Q90 = Vazão com intervalo diário e 95% da curva de permanência;

Qma 10 = Vazão máxima diária anual, com tempo de retorno de 10 anos (m<sup>3</sup>/s);

Qma 20 = Vazão máxima diária anual, com tempo de retorno de 20 anos (m<sup>3</sup>/s);

Qmax50 = Vazão máxima diária anual, com tempo de retorno de 50 anos (m<sup>3</sup>/s);

Qmax 100 = Vazão máxima diária anual, com tempo de retorno de 100 anos (m<sup>3</sup>/s);

Qmax 500 = Vazão máxima diária anual, com tempo de retorno de 500 anos (m<sup>3</sup>/s);

A = Área de drenagem da bacia em estudo (km<sup>2</sup>);

Sendo a área da bacia hidrográfica do rio de Itacarambi igual a 1.518,5607 km<sup>2</sup>, suas vazões são as seguintes:

- $Q_{mlp} = 0,0006 \cdot A^{1,3133} = 0,0006 \times A(1518,5607)^{1,3133} = 9,0432$

Vazão média de longo período é de 9,0432 m<sup>3</sup>/s

- $Q_{7,10} = 0,0001 \cdot A^{1,4290} = 0,0001 \cdot A(1518,5607)^{1,4290} = 3,517$

A vazão mínima anual de sete dias de duração, com um período de retorno de 10 anos é de 3,517 m<sup>3</sup>/s

- $Q_{95} = 0,0004 \cdot A^{1,3166} = 0,0004 \cdot A(1518,5607)^{1,3166} = 6,1736$

A vazão com permanência de 95% é de 6,1736 m<sup>3</sup>/s

- $Q_{90} = 0,0005 \cdot A^{1,3080} = 0,0005 \cdot A(1518,5607)^{1,3080} = 7,2490$

A vazão com permanência de 90% é de 7,2490 m<sup>3</sup>/s

- $Q_{max\ 10} = 0,0537 \cdot A^{0,9598} = 0,0537 \cdot A(1518,5607)^{0,9598} = 60,7453$

A vazão máxima diária anual, com tempo de retorno de 10 anos é de 60,7453m<sup>3</sup>/s

- $Q_{max\ 20} = 0,0614 \cdot A^{0,9598} = 0,0614 \cdot A(1518,5607)^{0,9598} = 69,45$

A vazão máxima diária anual, com tempo de retorno de 20 anos é de 69,45m<sup>3</sup>/s

- $Q_{max\ 50} = 0,0717 \cdot A^{0,9598} = 0,0717 \cdot A(1518,5607)^{0,9598} = 81,106$

A vazão máxima diária anual, com tempo de retorno de 50 anos é de 81,106m<sup>3</sup>/s

- $Q_{max\ 100} = 0,0794 \cdot A^{0,9598} = 0,0794 \cdot A(1518,5607)^{0,9598} = 89,817$

A vazão máxima diária anual, com tempo de retorno de 100 anos é de 89,817m<sup>3</sup>/s

- $Q_{max\ 500} = 0,1006 \cdot A^{0,9598} = 0,1006 \cdot A(1518,5607)^{0,9598} = 113,80$

A vazão máxima diária anual, com tempo de retorno de 500 anos é de 113,80m<sup>3</sup>/s.

#### 5.1.8.4 Interferências, Processos Erosivos e Assoreamentos na AID

Com base no levantamento das características dos recursos hídricos superficiais e nos padrões de uso e ocupação do solo, foi possível a identificação dos fatores de potencial alteração da qualidade e da disponibilidade hídrica dos mesmos. A ênfase desta análise concentra-se de forma primordial na AID do empreendimento.

Outro fator com respeito ao curso do rio de Itacarambi é a necessidade de recuperação da mata ciliar suprimida ao longo do tempo devido a prática da agricultura de subsistência em parte da extensão do rio. O conflito se acentua devido à necessidade de subsistência dos pequenos proprietários que possuem área reduzida e poucos recursos para irrigação, que passam a utilizar as áreas de várzea do rio.

Tais intervenções a montante, em especial o médio curso do rio de Itacarambi, acabam impactando as comunidades do baixo Itacarambi, como São João das Missões e Rancharia, prejudicando assim o fornecimento de água para dessedentação de animais e irrigação das lavouras.

Conforme pode ser visto no capítulo de solos, a variabilidade dos tipos de solo na bacia do rio de Itacarambi (resultado da heterogeneidade do arcabouço geológico e padrões de relevo) condiciona, entre outros fatores, os padrões de uso do solo. Nas áreas de influência indireta e direta as formas de uso e ocupação de solo predominante estão relacionadas com as atividades agropecuárias, desde realizada em lotes de pequeno porte, em forma de subsistência, até parcelas irrigadas de grande porte ou grandes áreas de pastagens cercadas. Existe uma relação direta entre os padrões atuais de uso e ocupação do solo com a manutenção da qualidade e quantidade dos corpos de água existentes na bacia (AII/AID). Exemplo deste fato são os processos de assoreamento dos respectivos corpos de água decorrentes das práticas



agrícolas, processos erosivos em áreas declivosas ou mesmo supressão da mata ciliar ao longo das drenagens.

O pisoteio e a travessia de gado através da calha principal das drenagens, conforme pode ser visto na figura 5.92, exposta adiante, que ilustra um destes processos de geração de sedimentos na calha do rio.

Na ausência da cobertura florestal o solo é modificado em sua estrutura e perde capacidade de retenção de água. A vegetação existente ao longo dos rios funciona como um obstáculo natural ao escoamento das águas, que ficam retidas e são absorvidas, em grande parte, pela mata, evitando que uma quantidade exagerada de partículas sólidas sejam arrastadas e depositadas no leito dos rios.

Além de evitar o assoreamento do leito dos rios, a mata ciliar consiste num ecossistema peculiar que abriga uma diversidade florística e faunística de vital importância para o equilíbrio de toda uma região. Além de proteger indiretamente a fauna aquática, também é importante na retenção do transporte de resíduos defensivos e nutrientes utilizados na agricultura, os quais, na ausência da mata ciliar, são arrastados para os rios ocasionando alterações negativas na qualidade da água.

O equilíbrio dos ecossistemas aquáticos depende diretamente da proteção desta vegetação, que age como reguladora das características químicas e físicas da água dos rios, mantendo-as em condições adequadas para a sobrevivência e reprodução dos peixes (ictiofauna). Os efeitos, provocados pela supressão da mata ciliar, não se restringem aos limites geográficos da área em que está localizado o dano, vindo a atingir graus de dimensões até mesmo regionais.

Com relação ao curso de água sem nome e sua amostragem AS-01, ilustrados posteriormente na figura 5.108, observou-se que o uso do solo a montante caracteriza-se pela ocupação das margens por propriedades rurais, com baixa densidade de ocupação humana junto a localidade de Pajeú. A cobertura vegetal do entorno compõem-se tanto por trechos de matas ciliares relativamente preservadas, assim como por trechos desmatados situados junto às propriedades nas áreas de várzeas. Em ponto a montante do local de amostragem, no curso de água sem nome, foi verificada a existência de uma série de pequenos barramentos, conforme pode ser verificado na figura 5.89.



**Figura 5.89: Barramento do curso d`água a montante do ponto de amostragem AS-01.  
Coordenadas UTM: 594973E, 8334856N.**

Os barramentos existentes propiciam o armazenamento de água nos períodos de estiagem, sendo usados para a irrigação e dessedentação de animais. De maneira geral o curso de água referido apresentou-se com turbidez expressivamente aparente, e com indícios visuais de assoreamento, junto aos pontos dos barramentos e na ponte sobre a BR-135.

Já o segundo curso de água, referente ao rio de Itacarambi, apresenta uma configuração de ocupação humana com maior densidade de urbanização tendo em vista que drena a área urbana de São João das Missões. Ao longo do trecho percorrido à montante da Sede Municipal de São João das Missões verificou-se que a ocupação é predominantemente rural, com faixas de mata ciliar de pequena largura. Nesta zona rural ocorrem diversos cultivos agrícolas desenvolvidos em pequenas propriedades que ocupam as faixas de terra até o limite das áreas de preservação permanente (APP's) e por vezes em toda a várzea do rio. Ainda a montante da zona urbana de São João das Missões observou-se a presença de drenagens intermitentes, afluentes do rio de Itacarambi, bem como drenagens interceptadas por pequenos barramentos utilizados na agricultura e dessedentação de animais.

A figura 5.90. e a 5.91 ilustram, respectivamente, um barramento agrícola em um curso fluvial afluente do rio de Itacarambi a montante do trecho da BR-135, e um barramento observado a jusante da ponte da rodovia, no município de São João das Missões, com captação por bombeamento de pequeno porte para uso agrícola. Ambos os barramentos foram localizados ao longo do curso do rio de Itacarambi.





**Figura 5.90: Barramento em zona rural, curso afluente a montante do rio de Itacarambi.**



**Figura 5.91: Barramento a jusante do trecho da BR-135 com captação de água para uso agrícola.**

Nas proximidades do trecho da BR-135 verificou-se a existência de um corpo hídrico, situado na AID do empreendimento (figura 5.82), cujo entorno está ocupado pelos domicílios da localidade de Rancharia, no município de São João das Missões. Este apresenta certo grau de eutrofização, pouca profundidade, estendendo-se por uma área aproximada de 18ha. Ainda na AID, na localidade de Coqueiros, observou-se trecho do rio de Itacarambi com inexistência de mata ciliar em várzeas ocupadas pelo uso agrícola e pecuário. A água neste ponto apresentou expressiva turbidez, possivelmente associada ao assoreamento, devido ao carreamento de solos expostos do entorno para dentro do leito do rio (figura 5.92)



**Figura 5.92: Trecho do rio de Itacarambi com expressiva área de solo exposto no entorno de curso d'água com pisoteio pelo gado.**

A instabilização dos perfis superficiais de solo e seu carreamento devido aos fluxos superficiais podem provocar o assoreamento dos rios pelo aporte de sedimentos. A manutenção das matas ciliares é o principal fator de conservação e proteção das margens dos rios e arroios. Áreas desprovidas de vegetação pela supressão para fins de agricultura e pecuária, bem como sua associação com as características de declividades do terreno próximas aos corpos de água compreendem áreas susceptíveis à erosão superficial e conseqüente assoreamento dos cursos fluviais. Nas proximidades da ponte sobre o rio de Itacarambi, lado direito no sentido São João das Missões-Manga, verificou-se em campo a ocorrência de expressivo processo erosivo.

A dimensão da área é de aproximadamente 800m<sup>2</sup> e o estado atual do processo erosivo pode ser identificado na figura 5.93 e figura 5.94. A primeira mostra o detalhe da área mencionada, enquanto a segunda o contexto topográfico da área erodida. Com relação a locais de assoreamento, o principal foco ocorre no entorno da ponte sobre o rio de Itacarambi, no município de São João das Missões (figura 5.95).



**Figura 5.93: Erosão superficial nas proximidades do rio de Itacarambi.**



**Figura 5.94: Vista da área junto ao rio de Itacarambi com erosão superficial.**



**Figura 5.95: Local de assoreamento sob a ponte do rio de Itacarambi.**

### 5.1.9 Recursos Hídricos Subterrâneos

A abordagem metodológica para a avaliação dos recursos hídricos subterrâneos parte da identificação dos tipos de aquíferos, considerando o arcabouço geológico, sendo definidos, portanto, pela litologia. Os espaços avaliados foram AII e AID e, salienta-se que a AII extrapola a sub-bacia do rio de Itacarambi.

Dentre os fatores que levam a utilização pelos recursos hídricos subterrâneos na AII e correspondente AID destaca-se o caráter intermitente da rede de drenagem superficial. Verificou-se em campo que esta característica faz com que as águas subterrâneas assumam papel importante, sobretudo no atendimento das demandas domésticas.

Do ponto de vista qualitativo e em uma perspectiva regional, de acordo com o Plano Decenal de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do rio São Francisco concluído em abril de 2004, no trecho mineiro da bacia do rio São Francisco, foram observados que os parâmetros de qualidade das águas subterrâneas estão dentro dos padrões de potabilidade, com exceção do ferro. Conforme este Plano, os valores de ferro elevados nas águas subterrâneas desta bacia frequentemente apresentam origem natural. Estão relacionados aos processos de lateritização, que concentram o alumínio e ferro em determinados níveis no subsolo e que, posteriormente, liberam o ferro para a água.

O Mapa Hidrogeológico Preliminar da AII e da AID/ADA, exposto na figura 5.96 e na figura 5.97 respectivamente, apresenta os locais nos quais foram encontrados, por meio de incursões a campo, poços tubulares ou mesmo poços escavados, e contempla também fotografia dos mesmos. Os poços escavados foram construídos de forma individual junto às residências domiciliares, sendo os mesmos revestidos com manilhas de cimento. São rasos e ocorrem nas coberturas detríticas e planícies aluvionares, como os poços identificados na figura 5.97, como Ita76 e Ita83. Já os poços tubulares de 4 e 6 polegadas de diâmetro representam soluções coletivas ou mesmo abastecem as sedes e instalações das fazendas agropecuárias locais, como por exemplo, os poços Pt35 e Ita 85.

Figura 5.96: Mapa hidrogeológico preliminar- All



**Figura 5.97: Mapa hidrogeológico preliminar – AID e ADA**





### 5.1.9.1 Caracterização das Unidades Aquíferas na AII e na AID

A avaliação das informações hidrogeológicas existentes e o mapeamento de campo na área permitiram o reconhecimento de 04 (quatro) unidades hidrogeológicas para a AII e 03 (três) para a AID, associadas às litologias identificadas. Estas unidades apresentam características distintas em relação ao transporte, armazenamento e fluxo da água subterrânea, a saber (em ordem cronológica coerente com a geologia): Aquíferos Aluvionares, Aquíferos das Coberturas Detríticas, Aquífero Urucuia e Aquífero Cárstico Bambuí. O Mapa Hidrogeológico Preliminar (figura 5.96 e figura 5.97) identifica espacialmente as distintas unidades aquíferas.

#### Aquíferos Aluvionares

Aquíferos intergranulares livres, homogêneos e isotrópicos (localmente anisótropo, junto a intercalações de material argiloso, o que condiciona trechos de aquíferos suspensos) formados pelos estratos aluvionares associados à dinâmica do rio São Francisco. Possuem ocorrência restrita na AII e na AID. São aquíferos francamente arenosos e de alta permeabilidade e porosidade que fornecem águas de boa qualidade. Exercem a nítida função de descarga regional, as quais acabam por adentrar na forma de fluxos subterrâneos à calha principal do rio São Francisco em uma condição de aquífero influente. Podem ser considerados bons aquíferos do ponto de vista da quantidade e qualidade, porém de elevada vulnerabilidade à contaminação gerada na superfície. Os níveis estáticos estão a uma profundidade que varia entre 8m a 5m, podendo mostrar-se bastante superficial em áreas deprimidas e úmidas.

#### Aquíferos das Coberturas Detríticas

Aquíferos intergranulares livres homogêneos e isotrópicos formados pelo conjunto dos depósitos de cobertura, de ampla ocorrência na AII e na AID do empreendimento. Dado o caráter predominantemente arenoso destes estratos, trata-se de um aquífero com alta permeabilidade e porosidade (como consequência, verifica-se a baixa densidade de drenagem superficial nas manchas desta litologia), cujas águas possuem a tendência de serem potáveis, com características químicas muito similares às águas da chuva, a depender do tempo de permanência das mesmas no interior dos estratos. Em determinados locais exercem a função de recarga local, mas do ponto de vista regional exercem a função de descarga dos fluxos de montante, sendo a transição aos aquíferos aluvionares a jusante, na calha do rio São Francisco.

Os condutos cársticos, provavelmente, se estendem pela zona freática, além da escarpa de erosão remontante, nos calcários, abaixo da cobertura detrítica da planície associada à Depressão do São Francisco, formando uma zona de descarga subterrânea difusa junto à calha do rio São Francisco. A incidência de dolinas nos materiais da cobertura sedimentar da planície evidencia os processos cársticos ativos nos calcários subjacentes.

Podem ser considerados bons aquíferos do ponto de vista da quantidade e qualidade, porém de elevada vulnerabilidade à contaminação gerada na superfície. Os níveis estáticos estão a uma profundidade que varia entre 10 e 12m, podendo mostrar-se mais superficial em áreas próximas aos leitos das drenagens.

#### Aquífero Urucuia

Ocorre praticamente em toda a borda oeste e quadrante sudoeste da AII, conforme pode ser visto no Mapa Hidrogeológico Preliminar da AII (figura 5.96). Representam os arenitos maciços com um nível basal siltoso e intercalações com níveis pouco espessos de arenito ferruginoso da Formação Urucuia. De acordo com dados da literatura, somado a profundidade de alguns poços encontrados na área e com as demais observações de campo, estima-se que o pacote arenoso mais permeável deve apresentar uma espessura média de até cerca de 70m, sendo que o nível siltoso basal apresenta uma ocorrência descontínua e restrita, constituindo uma camada semi-permeável a impermeável com até 2m de espessura. Os sedimentos arenosos apresentam grande maturidade textural, com cor branca a rosada, grãos arredondados a subarredondados na fração areia média. Nos compartimentos dos Patamares do Chapadão e da zona de transição ao Vão do São Francisco, a alteração deste arenito deu origem a um solo arenoso espesso e esbranquiçado. Na zona de transição, o solo apresenta uma natureza silto-arenosa com cor avermelhada. Esta unidade dá origem a um aquífero raso, utilizado pela população local através de poços cacimba com até 21m de profundidade.

O Aquífero Urucuia, de caráter transfronteiriço por atravessar mais de um Estado da Federação, é considerado um dos principais do país não somente por suas potencialidades em termos de quantidade e qualidade, mas por sua ocorrência coincidir em parte com regiões consideradas semi-áridas. Outra particularidade do aquífero Urucuia é sua alta capacidade de regularização dos fluxos superficiais de vários



afluentes do rio São Francisco. As nascentes do rio de Itacarambi estão intimamente associados com descargas subterrâneas geradas pelo aquífero Urucuia. Reside em sua função de recarga regional a grande importância deste aquífero no âmbito deste estudo, já que dele são gerados fluxos para dentro dos aquíferos cársticos, e, destes, para as porções de jusante na bacia.

### Aquífero Cárstico Bambuí

Ocorre em toda a porção central da AII e em praticamente toda a extensão da AID, abrangendo parte do trecho da BR-135 de Itacarambi a São João das Missões, quando é interceptado pelo Aquífero das Coberturas Detríticas, aparecendo novamente próximo a Sede de Manga.

Representa os calcários e dolomitos carstificados do Grupo Bambuí. De acordo com as feições cársticas presentes na região (cavernas, lapiás, torres de pedra, sumidouros, nascentes cársticas) e demais feições estruturais (fraturas, falhas e planos de acamadamento), constatou-se que esta unidade representa um aquífero relevante. Nos locais onde a seqüência carbonática se apresenta encoberta pelas unidades mais recentes, a ocorrência de dolinas e uvalas indica a carstificação desta unidade em sub-superfície. A unidade apresenta uma espessura muito variável na área, uma vez que foram identificados altos do embasamento pré-Bambuí, bem como locais onde a erosão pode ter removido porções consideráveis deste pacote. As observações de campo, aliadas aos dados extraídos da literatura, permitem estimar uma espessura de pelo menos 100m de espessura para esta unidade.

As formas de condução das águas subterrâneas nos carstes são as mais importantes do ponto de vista hidrogeológico tendo em vista a sua abrangência local e regional e sua capacidade de transmissão e de armazenamento de água no subsolo. Estas formas normalmente são associadas às descontinuidades litológicas ou as interferências tectônicas nos maciços rochosos. São cavernas, condutos, diáclases que aparecem isoladas ou formam uma rede interligada de condução de água subterrânea no subsolo. As formas de condução são sempre associadas às formas de absorção. A paisagem cárstica sempre é formada pela combinação destas diversas formas cársticas que são dispostas de maneira aleatória ou seguindo elementos tectônicos, estruturais, litológicos e topográficos pré-existentes.

De acordo com resultados de análises químicas efetuadas no âmbito do Plano de Manejo do Parna Cavernas do Peruaçu (IBAMA, 2003), para as águas subterrâneas de algumas nascentes e poços, os teores de cálcio são similares àqueles obtidos para as águas superficiais desta região do carste. Entretanto, os teores de magnésio e alcalinidade de bicarbonato tendem a ser mais elevados nas nascentes do que os teores verificados para as águas superficiais dentro deste compartimento. Esta situação aponta que as águas das nascentes se apresentam mais saturadas do que as águas superficiais, situação típica de águas subterrâneas com tempo de residência maior, o que indica fluxo profundo no aquífero cárstico. Ainda conforme o Plano de Manejo citado, os valores maiores de dureza devem-se à influência da contribuição da dissolução das rochas calcárias, que aumentam a presença de íons dissolvidos na água, o que é confirmado pelos valores médios elevados de condutividade elétrica.

#### **5.1.9.2 Dinâmica Hidrogeológica**

As cabeceiras e o alto curso do rio de Itacarambi estão situados sobre os arenitos da Formação Urucuia (em situação topográfica mais elevada), no compartimento dos Patamares do Chapadão, ou como denominado no Plano de Manejo do Parna Cavernas do Peruaçu, no Compartimento do Planalto dos Gerais e na Zona de Transição. Os arenitos da Formação Urucuia constituem um aquífero raso, de caráter livre, com recarga difusa através das precipitações pluviométricas. O rio de Itacarambi e seus tributários representam a zona de descarga deste aquífero, de maneira que a saturação do aquífero e o afloramento do nível da água ao longo das calhas de drenagem dão origem às veredas. O siltito basal, juntamente com níveis de cimentação ferruginosa e as rochas carbonáticas subjacentes, representam a base deste aquífero. Na área de ocorrência dos arenitos Urucuia, no Compartimento do Planalto dos Gerais, ocorrem algumas feições cársticas localizadas, na forma de dolinas ou uvalas, que são resultantes da conexão da superfície dos arenitos com condutos freáticos nas rochas carbonáticas sotopostas.

A bibliografia identifica ainda no Compartimento do Planalto dos Gerais, que sobre os sedimentos arenosos de alteração do arenito Urucuia, verifica-se a ocorrência de lagoas com profundidades variando de 8 a 10m de profundidade e diâmetros de até 160m. Algumas delas, situadas próximas da sede do Parque Estadual Veredas do Peruaçu (PEVP), apresentam um alinhamento na direção NW-SE, que é paralelo ao curso das principais drenagens, sugerindo que a sua gênese pode estar associada à presença de condutos subterrâneos desenvolvidos no aquífero cárstico interestratal subjacente aos arenitos. Em seu médio curso, o rio de Itacarambi está instalado no Compartimento Carstificado, desenvolvido sobre as rochas carbonáticas do Grupo Bambuí.

Com gradientes hidráulicos baixos a médios e uma espessura estimada de 50 a 70m, possui linhas de fluxo das águas subterrâneas convergindo para o leito das principais drenagens (rio Peruaçu e riacho da Forquilha). O nível da água neste sistema é sub-aflorante nos vales e vertentes suavemente inclinadas, atingindo profundidades maiores, até cerca de uma dezena de metros, nos amplos interflúvios do Compartimento do Planalto dos Gerais.

Neste trecho o aquífero dominante é de condutos, condicionado pelo desenvolvimento de uma rede que se orienta preferencialmente ao longo das linhas de intersecção entre fraturas subverticais e a superfície ondulada da estratificação das rochas carbonáticas. O embasamento cristalino representa a base deste aquífero.

Neste compartimento, a recarga do aquífero cárstico é concentrada em pontos de absorção do escoamento superficial (sumidouros) e difusa através do sistema de fraturas. A principal área de descarga continua sendo o rio de Itacarambi e sua pequena rede de afluentes que representa o topo do nível de água local.

A figura 5.98 ilustra de que maneira a dinâmica dos fluxos subterrâneos pode levar a formação de feições de relevância no âmbito deste estudo.

No final do Cretáceo se encerra a deposição da Formação Urucuia e no início do Cenozóico se acentuam os fenômenos tectônicos que culminaram com a instalação do rift do São Francisco. Este rift se estabeleceu sobre um sistema de falhas, gerado a partir da superposição de eventos geotectônicos múltiplos, aproveitando uma direção bastante antiga da história do Cráton do São Francisco (Lopes, 1981). De acordo com King (1956), este rift se formou a partir de um soerguimento crustal do Oligoceno, estabelecendo um novo nível de base, acarretando o entalhamento e o retrabalhamento dos pacotes de rochas pré-existentes, culminando com a formação das coberturas recentes.

Concomitantemente ao soerguimento durante o Terciário, processos associados a circulação da água subterrânea em ambiente freático (na zona saturada), foram responsáveis pela iniciação e desenvolvimento de uma rede de condutos do aquífero cárstico que culminou, posteriormente, em tempos Quaternários, com a abertura do vale cárstico do rio Peruaçu, através do colapso de trechos dos tetos de cavernas. A iniciação e parte do desenvolvimento do sistema cárstico ocorreu em condições de um carste interestratal, uma vez que as rochas carbonáticas se inserem entre duas camadas insolúveis (Formação Urucuia e embasamento). A iniciação e desenvolvimento dos condutos subterrâneos foram condicionados pela intersecção do acamamento subhorizontal ondulado, com mergulho preferencial para SW e NE, com um conjunto de fraturas subverticais, orientadas preferencialmente segundo N30-50W, resultando em condutos freáticos na direção predominante N30-40W, conforme foi observado pela medição da orientação de testemunhos de tubos freáticos, atualmente expostos em afloramentos dos calcários na região investigada.

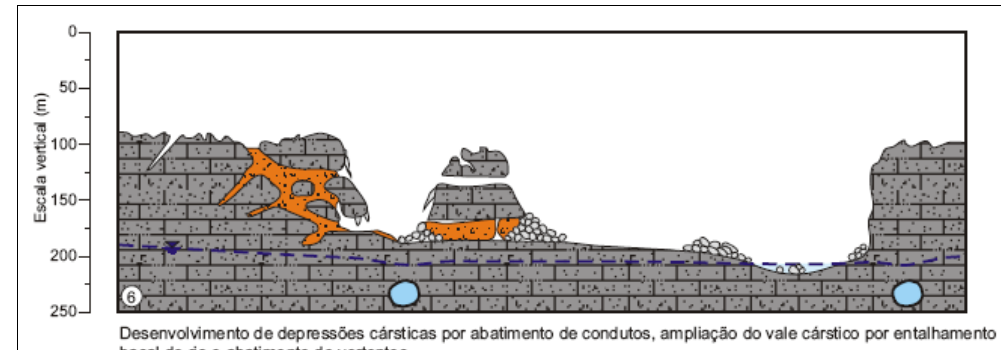
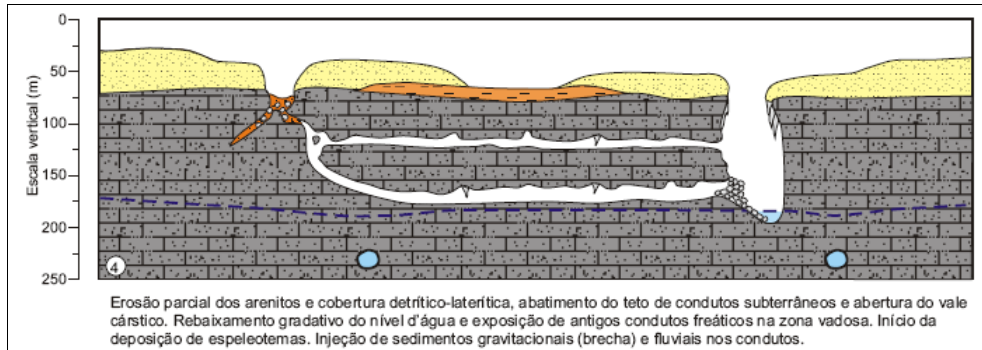
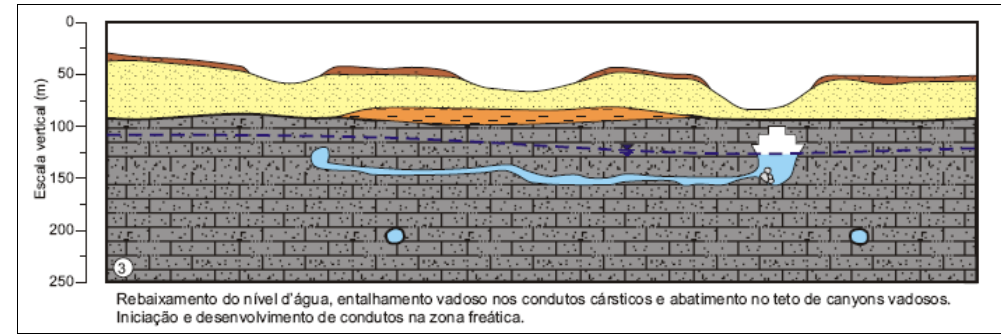
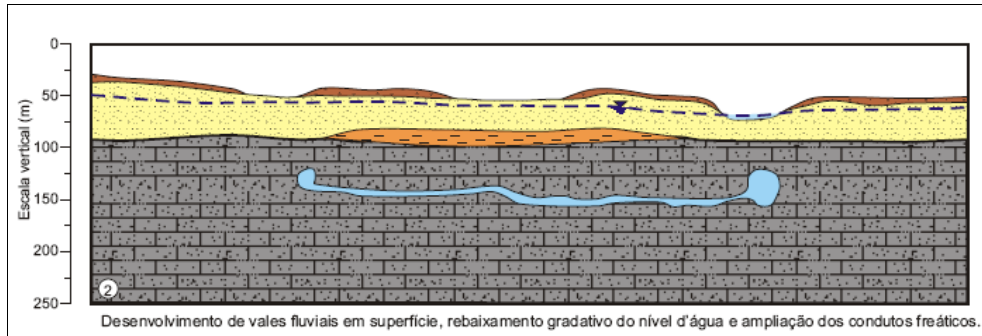


Figura 5.98: Esboço do fluxo subterrâneo cárstico.

Fonte: Extraído e Adaptado de IBAMA (2003)



### 5.1.10 Possíveis Fontes Poluidoras dos Recursos Hídricos

Os passivos ambientais relacionados aos recursos hídricos ao longo do trecho podem ser agrupados segundo o tipo da fonte de geração de contaminantes, ou seja, quanto as suas cargas. Podem ser difusas / não pontuais ou pontuais / localizadas. O presente capítulo apresenta a listagem destas fontes, agregando descrições de ordem qualitativa a respeito das mesmas.

#### Fontes difusas

As fontes poluidoras difusas têm constituído um problema cada vez mais preocupante nas bacias hidrográficas ocupadas por atividades agrícolas ou ainda por áreas urbanas. As cargas geradas pelas mesmas chegam a ser cerca de 02 (duas) ou até 03 (três) vezes maiores que as pontuais, dependendo da atividade econômica na bacia e do destino dos despejos (cargas concentradas) provenientes da rede pública de esgotos, tratados ou "in natura".

As características das fontes difusas é a sua intermitência, o aumento da fonte proporcional à área de origem, a dificuldade em relação ao seu monitoramento. O destino dos contaminantes pode ser tanto o aquífero freático como a rede de drenagem superficial e demais corpos hídricos.

De forma geral a avaliação das cargas difusas depende do mapeamento do uso e ocupação do solo e da compreensão da relação direta existente entre as áreas de solo drenado e a respectiva qualidade das águas. Fatores como a distância aos corpos de água drenantes, declividades, regime de chuvas entre outros são de fundamental compreensão.

As fontes difusas encontradas dizem respeito aos efluentes de áreas irrigadas em especial naquelas áreas onde existe uma maior densidade de uso de pivôs de irrigação (maior mecanização e agricultura intensiva) encontrados na AID e AII conforme a figura 5.99, escoamento superficial de áreas não servidas por redes de esgoto sanitário (figura 5.100), escoamentos superficiais com carreamento de sedimentos a partir de áreas desmatadas e degradadas no entorno dos cursos de água.



**Figura 5.99: Utilização de pivôs de irrigação em propriedades agrícolas no entorno do trecho da BR-135.**



**Figura 5.100: Área úmida existente na porção oeste do distrito de Rancharia.**

No município de Itacarambi, junto às zonas rurais não há tratamento de esgoto, sendo este coletado em fossas sépticas. Já a localidade de Rancharia não dispõe de esgotamento sanitário e parte do esgotamento sanitário do distrito descarrega no corpo hídrico com características de área úmida, localizado na margem esquerda da rodovia no sentido de sul a norte, conforme a figura 5.100.



**Figura 5.101: Utilização do rio de Itacarambi, para lavagem de roupas e utensílios domésticos bem como para fins recreativos.**



**Figura 5.102: Urbanização de São João das Missões junto a ponte de travessia do rio de Itacarambi.**

Em São João das Missões existe drenagem pluvial em uma pequena parcela da sede, sendo que a rede existente é mal dimensionada e o escoamento é superficial. Nela parte da cidade apresenta declividade natural direcionada à uma área úmida (existente na área urbana), de característica semelhantes a descrita acima, e alimentada pela vazão do rio de Itacarambi. Este trecho da calha do rio já apresenta ocupação antiga, com população de baixo poder aquisitivo e não atendida por esgotamento sanitário, ocorrendo assim o despejo dos efluentes sanitários nesta porção do curso de água bem como a utilização do rio para lavagem de utensílios domésticos, roupas e para fins recreativos. Tais usos contrastam com a condição dos despejos sanitários a montante do local da figura 5.101 e da 5.100.

O uso em excesso de fertilizantes e agrotóxicos na agricultura pode causar danos ambientais devido ao seu potencial poluidor dos recursos hídricos. Em geral, a produção agrícola dos pequenos produtores caracteriza-se por ser quase toda ela de subsistência e dependente do período chuvoso. A produção agrícola de pequeno porte apresenta potencial de contaminação dos recursos hídricos reduzido em relação as áreas de cultivo intensivo e de grande porte como os empreendimentos agrícolas atendidos pela irrigação e maior disponibilidade de recursos financeiros para aplicação de defensivos agrícolas e nutrientes, conforme a figura 5.99.

Uma vez que os fertilizantes e agrotóxicos são adicionados ao solo, o incremento dos mesmos aos ambientes aquáticos é dependente da existência de lavouras nas margens dos rios, juntamente com o processo de absorção destes nutrientes pelas culturas onde estes são aplicados. O uso mal calculado e sem controle dos defensivos agrícolas resulta na disponibilização dos seus excedentes aos recursos hídricos por processos de escoamento superficial, lixiviação, erosão e volatilização.

### Fontes Pontuais

As cargas poluidoras concentradas têm por principal propriedade a sua localização constante, por isso também se denominam pontuais, e podem apresentar variações significativas de carga ao longo do tempo.

Para a identificação e caracterização das fontes poluidoras de carácter pontual, procedeu-se ao levantamento no campo de todas as atividades de dimensão significativa passíveis de contribuir para a descarga de águas residuais no meio hídrico.

A origem das cargas concentradas situa-se em plantas fabris, efluentes de estações de tratamento de esgotos sanitários, chorume de aterro sanitários, lodos de estação de tratamento de água e ainda outras, desde que tenham por propriedade a perenidade e uma localização física.

Dentre as fontes pontuais, potencialmente poluidoras dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, para a área de estudo são listadas as seguintes fontes identificadas em campo:

- Cemitérios de Itacarambi e Rancharia: Os cemitérios podem ser fontes geradoras de impactos ambientais. A localização e operação inadequadas de cemitérios em meios urbanos podem provocar a contaminação de mananciais hídricos por microrganismos que proliferam no processo de decomposição dos corpos. Se o aquífero freático for contaminado na área interna do cemitério, esta contaminação poderá fluir para regiões próximas, aumentando o risco de saúde nas pessoas que venham a utilizar desta água captada através de poços rasos (PACHECO & MATOS, 2009). Os cemitérios identificados estão localizados próximos a zonas de ocupação urbana, e com presença no entorno de poços de captação de água, conforme espacialização apresentada na
- Postos de gasolina em Itacarambi e São João das Missões: o armazenamento subterrâneo de produtos químicos como os combustíveis podem, também, provocar a contaminação das águas, em decorrência de vazamentos que percolando através do solo, ao longo dos anos, freqüentemente atingem o aquífero freático e por vezes os próprios cursos de água superficiais (figura 5.103 e figura 5.104). O controle do risco associado deve ser realizado por meio do monitoramento da qualidade da água subterrânea, boas praticas na operação de uso e abastecimento do estabelecimento, bem como da instalação de equipamentos de separação das águas pluviais dos óleos e combustíveis.





**Figura 5.103: Posto Serriema em trecho não pavimentado da BR-135, Itacarambi.**



**Figura 5.104: Auto Posto Missões, São João das Missões.**

- Aterros e Depósitos de Resíduos nos municípios de Itacarambi, São João das Missões, Manga e no distrito de Rancharia: a infiltração de fluidos provenientes dos aterros de disposição de lixo são as formas responsáveis pela contaminação do solo e lençóis freáticos nestes locais. Os métodos de disposição dos resíduos e os dispositivos construtivos adotados podem conter a percolação dos contaminantes ao solo natural e às águas subterrâneas. Entretanto, a configuração dos locais de disposição dos resíduos visitados constituem áreas planas com disposição dos resíduos em valas, somente com a cobertura dos resíduos por solo natural, sem a existência de impermeabilização da base, com a presença de catadores e sem qualquer isolamento no entorno das áreas. Devido as características apresentadas os locais de disposição dos resíduos podem ser considerados como lixões.



**Figura 5.105: Aterro na cidade de Manga.**



**Figura 5.106: Área de disposição de resíduos em Itacarambi.**

A espacialização das fontes difusas e pontuais, potenciais poluidoras dos recursos hídricos, é apresentada na Carta Imagem de Pontos de Poluição Difusa e Pontual conforme a figura 5.107 No mapa são identificadas as fontes descritas acima, bem como a espacialização das sedes municipais e da hidrografia correspondente.

Em resumo, as fontes de poluição consideradas críticas configuram-se pelo lançamento dos esgotos nos cursos de água, em especial condição em relação a cidade de São João das Missões. As contribuições dos nutrientes e defensivos agrícolas, bem como do assoreamento do rio de Itacarambi ao longo de sua margem configuram este corpo de água como o de principal atenção devido a sua importância e característica perene.

A disposição inadequada dos resíduos urbanos em áreas não estruturadas configura-se como fator de risco à contaminação dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

Ambas situações encontradas são consideradas as mais críticas para a alteração da qualidade das águas ao longo do trecho da BR-135.

Com base no levantamento das possíveis fontes poluidoras dos recursos hídricos aqui descritos, apresenta-se a seguir a avaliação qualitativa das águas superficiais a partir das amostragens realizadas em campo.





**Figura 5.107 Carta Imagem – Pontos de poluição difusa e pontual**



### 5.1.11 Qualidade da Água

A preocupação com a disponibilidade de água com qualidade aceitável para o consumo humano vem se tornando uma preocupação mundial, considerando o aumento da população, sua concentração em zonas urbanas e perimetrais, além dos processos de produção agropecuária e industrial cada vez mais intensos, para suprir as demandas sociais e econômicas.

A percepção do homem nas alterações da qualidade da água através de seus sentidos dá-se pelas características físicas, químicas e organolépticas da água, pois se espera que esta seja transparente, sem cor e sem cheiro.

As características físicas e a composição química das águas naturais são influenciadas por fatores geológicos, climáticos, hidrológicos e biológicos.

A qualidade das águas está diretamente relacionada ao aporte de materiais que podem receber dos ecossistemas adjacentes. Sedimentos, detritos vegetais e dejetos de animais silvestres, aquáticos e terrestres aumentam naturalmente o nível de aporte alóctone dos cursos de água. Entretanto, a maior parte da contaminação resulta de atividades agrícolas, urbanas e industriais em grande escala.

O estudo da qualidade da água tem por objetivo estabelecer a condição atual, ou seja, a classificação do nível de qualidade apresentado por um segmento de curso de água, num determinado momento, em termos de usos possíveis, com segurança adequada, possibilitando assim detectar futuras interferências visando a adoção de medidas preventivas ou corretivas, caso necessário, no sentido de minimizar os impactos negativos e manter controle da qualidade da mesma durante a execução das obras do empreendimento.

A determinação da qualidade atual dos recursos hídricos situados na AID é realizada através da análise de alguns parâmetros de qualidade, cujo padrão de ocorrência é definido em legislação, em função dos usos preponderantes aos quais os cursos de água podem atender.

#### Metodologia

A seleção dos parâmetros de investigação ou controle de um determinado compartimento ambiental (água, solo, ar, etc.), assim como a metodologia de coleta, a frequência e a escolha dos pontos de amostragem devem levar em consideração os usos propostos para o meio avaliado, o conhecimento dos riscos à saúde das populações, os danos aos ecossistemas e a toxicidade das substâncias investigadas. Em vista disso, estes aspectos foram considerados neste estudo, pois se desconsiderados, qualquer programa para avaliar a qualidade das águas pode gerar dados distorcidos sobre a real situação, levando a decisões equivocadas.

Para a realização do diagnóstico e avaliação das características físicas, químicas e biológicas das águas dos cursos fluviais da área de influência do empreendimento foram realizadas amostragens das águas superficiais de dois corpos hídricos perenes que cruzam o trecho do presente estudo. O primeiro ponto amostrado (AS-01) foi um arroio localizado nas proximidades da cidade de Itacarambi e o segundo (AS-02) correspondente ao curso inferior do rio de Itacarambi, localizado na cidade de São João das Missões a jusante da ponte sobre a BR-135 que cruza o curso do rio.

A identificação e descrição dos pontos de amostragens dos corpos hídricos estão apresentadas no quadro 5.27.

**Quadro 5.27**  
**Descrição dos pontos de amostragens das águas superficiais.**

Amostras	Localização	Data da coleta	Hora da coleta
AS-01	Amostra coletada em arroio à montante do trecho da rodovia.	13/11/2009	09:00 hrs
	Coordenada UTM 598.170E - 8.334.987 S		
AS-02	Amostra coletada no Rio de Itacarambi, à jusante da ponte existente em São João das Missões.	13/11/2009	10:00 hrs.
	Coordenada UTM 598.750 E - 8.354.829 S		

A localização dos pontos de amostragem de água superficial pode ser visualizada no Mapa de Localização das Amostras de Água Superficial (figura 5.108).

Os parâmetros a serem analisados estão apresentados a seguir e visam enquadrar os corpos hídricos amostrados conforme os parâmetros básicos da Resolução CONAMA nº 357/2005, para qualidade das águas doces superficiais.

- Parâmetro físico: temperatura da água, turbidez;
- Parâmetros químicos: pH, condutividade, salinidade, nitrogênio Kjeldahl total, nitrato, oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), materiais flutuantes, sólidos totais suspensos (STS), sólidos totais dissolvidos (STD), nitrogênio amoniacal, óleos e graxas e fósforo;
- Parâmetro biológico: coliformes fecais (termotolerantes).

O uso desta legislação se justifica em função do enquadramento dos corpos de água superficial, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Tais disposições regulam o padrão da qualidade das águas quaisquer que sejam os usos e ocupações do solo no entorno do empreendimento no futuro, estabelecendo metas ou objetivos de qualidade da água (classe) a ser, obrigatoriamente, alcançado ou mantido em um segmento de corpo da água, de acordo com os usos preponderantes pretendidos, ao longo do tempo.

A Resolução estabelece classes de qualidade, conjunto de condições e padrões de qualidade de água necessários ao atendimento dos usos preponderantes, atuais ou futuros, para as águas doces, salobras e salinas, num total de 13 classes. As águas doces são classificadas em:

- Classe Especial: águas destinadas para abastecimento humano, com desinfecção, à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas, e à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral;
- Classe 1: águas que podem ser destinadas ao abastecimento humano após tratamento simplificado, à proteção das comunidades aquáticas, à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película e à proteção de comunidades aquáticas em Terras Indígenas;
- Classe 2: águas que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional, à proteção das comunidades aquáticas, à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; à aquicultura e à atividade de pesca;
- Classe 3: águas que podem ser destinadas ao abastecimento humano, após tratamento convencional ou avançado, à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras, à pesca amadora, à recreação de contato secundário e à dessedentação de animais;
- Classe 4: águas que podem ser destinadas à navegação e à harmonia paisagística.

Os limites de classificação dos parâmetros listados na Resolução CONAMA nº 357/2005 são apresentados no quadro 5.28. Para a presente análise considerou-se os seguintes parâmetros: pH, condutividade, salinidade, nitrogênio total, nitrato, nitrito, turbidez, sólidos totais suspensos, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO) e materiais flutuantes.

**Figura 5.108: Mapa de localização das amostras de água superficial**



**Quadro 5.28**  
**Limites de concentração dos parâmetros da Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas doces.**

Resolução CONAMA nº 357/05	Parâmetros	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
		pH	6 a 9	6 a 9	6 a 9
	Condutividade (µs/cm)	-	-	-	-
	Salinidade	Igual ou inferior a 0,5‰.			
	Nitrogênio Kjeldahl Total (mg/L)				
	Coliformes termotolerantes (NMP/100mL)	200	1000	4000	-
	DBO (mg/IO <sub>2</sub> )	3	5	10	-
	DQO (mg/IO <sub>2</sub> )	-	-	-	-
	Materiais Flutuantes	Virtualmente ausentes			
	Nitrogênio amoniacal (mg/L) - para pH ≤ 7,5 - para 7,5 < pH ≤ 8 - para 8 < pH ≤ 8,5 - para pH > 8,5	3,7	3,7	13,3	-
		2,0	2,0	5,6	
		1,0	1,0	2,2	
		0,5	0,5	1,0	
	Oxigênio dissolvido (mg/L)	6	5	4	2
	Sulfato (mg/LSO <sub>4</sub> )	250	250	250	-
	Nitrato (mg/L N)	10	10	10	-
	Nitrito (mg/L N)	1,0	1,0	1,0	-
	Fósforo total, ambiente lêntico (mg/L P)	0,020	0,03	0,05	-
	Turbidez (NTU)	40	100	100	-
	Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	500	500	500	-
	Sólidos Totais Suspensos (mg/L)	-	-	-	-
	Óleos e Graxas (mg/L)	Virtualmente ausentes	Virtualmente ausentes	Virtualmente ausentes	Toleram-se iridescências
	Fósforo (mg/L)	0,1	0,050	0,15	-

#### Procedimentos de Coleta das Amostras e Análise

As amostras dos pontos descritos no quadro 5.26 foram coletadas em 01 (uma) campanha de amostragem realizada no dia 13 de novembro de 2009, que corresponde ao período de maior precipitação na região, ou seja, corresponde ao período de maior disponibilidade hídrica regional, sendo o mês de novembro o período de início da estação das chuvas.

As coletas foram feitas em frascos esterilizados fornecidos pelo laboratório e as amostras foram preservadas até o início das análises sob refrigeração em gelo, conforme normas técnicas.

As amostras foram enviadas para o laboratório *CorpLab Environmental Analytical Services*, preservadas em gelo e verificadas no recebimento conforme consta no anexo 2 relativo ao laudos das análises de água superficial emitido pelo laboratório. Os métodos de análise utilizados estão de acordo com os métodos de referência das análises inclusos no anexo 2. Os resultados das análises AS-01 e AS-02 são apresentados no quadro 5.29.

**Quadro 5.29**  
**Resultados das análises físico-químicas e biológicas das águas superficiais.**

Parâmetro	AS-01	AS-02
pH	7,38	7,57
Condutividade (µS/cm)	254	526
Salinidade	0,10	0,22
Nitrogênio Kjeldahl Total (mg/L)	2,0	1,7
Nitrato como N (mg/L)	0,08	0,51
Nitrito como N (mg/L)	<0,006	0,011
Turbidez (NTU)	22	3,0



Parâmetro	AS-01	AS-02
Sólidos Totais Suspensos (mg/L)	18	15
DBO (mg/IO <sub>2</sub> )	3	17
DQO (mg/L)	25	50
Materiais Flutuantes	Presença	Presença
Coliformes termotolerantes (NMP/100mL)	<3,0	<3,0
Sólidos Totais Dissolvidos (mg/L)	115	336
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	<0,19	<0,19
Óleos e Graxas (mg/L)	<5,0	<5,0
Fósforo (µg/L)	108	71
Temperatura da amostra (°C)	25	25

(<0,006 ) = resultado menor que o limite de detecção.

## Resultados das Análises

### **PARÂMETRO FÍSICO:**

#### Temperatura

Ao realizarmos investigações hidrológicas ou químicas em uma massa de água qualquer, a análise de fatores físicos é indispensável e a temperatura certamente é um dos fatores de maior importância entre essas variáveis, pois exerce influência sobre as propriedades físicas e químicas da água.

Além disso, a temperatura da água tem estreita relação com determinados parâmetros de qualidade da água como a alcalinidade, a salinidade, o pH, a concentração de oxigênio dissolvido e a toxicidade de elementos ou substâncias. Este parâmetro físico influencia a cinética das reações químicas e bioquímicas e exerce forte influência sobre a flora e a fauna, especialmente no que tange à riqueza da biota.

A temperatura da água depende da presença de mata ciliar ao longo dos canais e do fornecimento hídrico subterrâneo ou superficial.

Em sistemas lóticos, como no caso em estudo, temperaturas extremas provocam uma diminuição da biodiversidade. Sabe-se que uma elevação de 5°C na temperatura pode alterar 50% os efeitos tóxicos de certas substâncias e reduzir o tempo de sobrevivência de peixes, rãs e crustáceos.

As amostras de água superficial apresentaram temperatura de 25°C para ambos os pontos. Assim verificou-se, a partir da temperatura média mensal do mês de novembro é de 25°C sua relação com o valor de temperatura das águas superficiais amostradas.

### **PARÂMETROS QUÍMICOS:**

#### pH

As medidas de pH são de extrema importância, pois fornecem várias informações a respeito da qualidade das águas. As águas superficiais possuem um pH entre 4 e 9, e as subterrâneas normalmente entre 5 e 8,5. Às vezes, ambas são ligeiramente alcalinas devido à presença de carbonatos e bicarbonatos. Naturalmente, nesses casos, o pH reflete a litologia por onde a água percorre, e no caso da água subterrânea, apresenta uma reação linear e direta com o gás carbônico dissolvido e a alcalinidade. Mudanças bruscas no valor deste parâmetro são comumente observadas em casos de poluição (ESTEVES, 1998) uma vez que um pH muito ácido ou muito alcalino está associado aos despejos industriais. No caso de águas residuais, valores de pH afastados da neutralidade tendem a afetar as taxas de crescimento dos microorganismos.

A influência do pH sobre os ecossistemas naturais dá-se diretamente devido aos seus efeitos sobre a fisiologia das diversas espécies. Também o efeito indireto é muito importante. Determinadas condições de pH podem contribuir para a precipitação de elementos químicos tóxicos como metais pesados; outras condições podem exercer efeitos sobre as solubilidades de nutrientes.

A amostra coletada denominada de AS-01 apresentou valor de pH 7,38 e a AS-02, de 7,57. Mostraram-se dentro dos valores determinados pela Resolução CONAMA nº 357/2005 e enquadram-se na Classe 1 das águas doces.

### DBO e DQO

Tanto a DQO quanto a  $DBO_5$  representam a quantidade de oxigênio necessária para a oxidação da matéria orgânica através de um agente químico. Uma das limitações do parâmetro DQO é o fato de que o teste não diferencia matéria orgânica biodegradável de matéria orgânica não degradável. Assim, a matéria orgânica biodegradável é determinada pelo teste de  $DBO_5$ . Os valores da DQO normalmente são maiores que os da  $DBO_5$ , sendo o teste da DQO realizado num prazo menor e em primeiro lugar, servindo os resultados de orientação para o teste da  $DBO_5$ .

O aumento da concentração de DQO num corpo de água se deve principalmente aos despejos de origem industrial.

Os valores de  $DBO_5$  e DQO da AS-01 foram de  $3\text{mg O}_2/\text{L}$  e  $25\text{mg O}_2/\text{L}$ , respectivamente. Na AS-02, estes mesmos apresentaram demandas respectivas de  $17\text{mg O}_2/\text{L}$  e  $50\text{mg O}_2/\text{L}$ .

Conforme consta na Resolução CONAMA nº 357/2005 o valor  $DBO_5$  encontrado para a amostra do ponto AS-01 assume o valor limite para o enquadramento na Classe 1 de águas doces. Já a concentração de  $DBO_5$  da amostra AS-02 ( $17\text{mg O}_2/\text{L}$ ) não atinge os limites para classificação do corpo hídrico excedendo os limites definidos para a Classe 3. Assim o valor de  $DBO_5$  da amostra AS-02 mostrou-se superior às da amostra AS-01, enquadrando-se em valores da Classe 4.

Sabe-se que os maiores aumentos em termos de  $DBO_5$  num corpo de água são provocados por despejos de origem predominantemente orgânica. A presença de um alto teor de matéria orgânica pode induzir à completa extinção do oxigênio na água, provocando o desaparecimento de peixes e outras formas de vida aquática. Água não poluída deve ter menos de  $5\text{mg/L}$  de DBO.

### Nitrogênio (amoniacal, orgânico e total)

O nitrogênio está presente nos ambientes aquáticos sob várias formas, por exemplo: nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ), amônia ( $\text{NH}_3$ ), nitrogênio molecular ( $\text{N}_2$ ), nitrogênio orgânico dissolvido, entre outros (ESTEVES, 1998).

São diversas as fontes de nitrogênio nas águas naturais. As atividades antrópicas tem uma grande parcela de contribuição, dentre estas destacam-se esgotos domésticos, escoamento das águas pluviais pelos solos fertilizados com produtos ricos em amônia, águas residuárias oriundas da degradação do lixo urbano (lixiviado de aterro) (PIVELI; KATO, 2006 apud DA SILVA, 2009). Alguns efluentes industriais também concorrem para as descargas de nitrogênio orgânico e amoniacal nas águas, como algumas indústrias químicas, petroquímicas, siderúrgicas, farmacêuticas, de conservas alimentícias, matadouros, frigoríficos e curtumes.

A atmosfera também representa uma importante fonte de nitrogênio, devido a diversos mecanismos: fixação biológica desempenhada por bactérias e algas que incorporam o nitrogênio atmosférico em seus tecidos, contribuindo para a presença de nitrogênio orgânico nas águas, a fixação química, reação que depende da presença de luz, concorre para a presença de amônia e nitratos nas águas, as lavagens da atmosfera poluída pelas águas pluviais concorrem para as presenças de partículas contendo nitrogênio orgânico bem como para a dissolução de amônia e nitratos.

Pela legislação federal em vigor, a Resolução CONAMA nº 357/2005 do, o nitrogênio amoniacal, o nitrito e o nitrato são padrões de classificação das águas naturais.

Os nitratos são tóxicos causando uma doença chamada metahemoglobinemia que é letal para crianças (o nitrato se reduz à nitrito na corrente sanguínea competindo com o oxigênio livre, tornando o sangue azul). Por isso o nitrato é padrão de potabilidade, sendo  $10\text{mg/L}$  o valor máximo permitido pela Portaria nº 518/04 do Ministério da Saúde (MS).

Dentre as amostras coletadas, ambas apresentam valores abaixo do limite de detecção da amostra ( $<0,19\text{mg/L}$ ) e assim, se enquadram na Classe 1.

## PARÂMETRO BIOLÓGICO:

### Coliformes Termotolerantes

Os rios são habitados, normalmente, por muitos tipos de bactérias, assim como por várias espécies de algas e de peixes. Estas bactérias assumem relevância uma vez que se alimentam de matéria orgânica, consomem toda a carga poluidora que lhe é lançada, exercendo a autodepuração dos corpos de água. Porém, quando o rio recebe esgotos, ele passa a conter outros tipos de bactérias que não são constituintes naturais da água e que podem causar doenças aos consumidores desta água. A detecção de agentes patogênicos, principalmente bactérias, protozoários e vírus, em uma amostra de água é extremamente difícil, em razão das suas baixas concentrações. A determinação da potencialidade de uma água transmitir doenças pode ser efetuada de forma indireta através de organismos indicadores de contaminação fecal, pertencentes principalmente ao grupo dos coliformes.

Os organismos indicadores de contaminação fecal não são patogênicos, mas dão uma satisfatória indicação de quando uma água apresenta contaminação por fezes humanas ou de animais, e, por conseguinte, a sua potencialidade para transmitir doenças. De acordo com a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), 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 gêneros *Klebsiella*, *Escherichia*, *Serratia*, *Erwenia* e *Enterobactéria*.

A determinação da concentração dos coliformes assume importância como parâmetro indicador da possibilidade da existência de microorganismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica, tais como febre tifóide, febre paratífóide, desintéria bacilar e cólera (CETESB, 2009).

A Resolução CONAMA nº 357/2005 preconiza que para uso de recreação de contato primário em águas doces deverão ser obedecidos os padrões de qualidade de balneabilidade, previstos na Resolução CONAMA nº 274/2000. Para os demais usos não deverá ser excedido um limite de 200NMP/100ml, no caso de águas de Classe 1; de 1000NMP/100ml para águas de Classe 2 e, de 4000NMP/100ml, para águas de Classe 3.

A Portaria nº 518/04 do MS ao estabelecer os padrões de potabilidade para consumo humano define que em 100ml as águas, superficiais ou subterrâneas, devem estar ausentes de coliformes termotolerantes ou de *E. Coli*.

Ainda com relação a Portaria nº 518/04 esta, em seu Art. 11, §9, estabelece que “em amostras individuais procedentes de poços, fontes, nascentes e outras formas de abastecimento sem distribuição canalizada, tolera-se a presença de coliformes totais, na ausência de *E. coli* e/ou coliformes termotolerantes, nesta situação devendo ser investigada a origem da ocorrência, tomadas as providências imediatas de caráter corretivo e preventivo.”

Neste estudo, nas amostra AS-01 e AS-02 não se verificou a presença de coliformes termotolerantes devido aos resultados menores do que 3NMP/100mL, em valores menores aos limites de detecção da amostras.

### Avaliação dos Resultados com Base na Resolução CONAMA Nº 357/2005.

Dentre os parâmetros analisados, aqueles que possuem limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 estão classificados dentro das Classes propostas pela Resolução conforme o quadro 5.29. Ainda de acordo com os resultados e classificação dos diversos parâmetros analisados é identificada uma baixa variabilidade de classes no que se refere ao enquadramento dos parâmetros estabelecidos pela Resolução CONAMA Nº 357/2005, mantendo em ambos os pontos, AS-01 e AS-02, a predominância dos parâmetros de enquadramento de Classe 1 para os corpos hídricos analisados.

O parâmetro fósforo, no ponto AS-01 (0,108mg/L) excedeu os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para as Classes 1 e 2 (0,1mg/L) respectivamente, enquadrando-se na Classe 3, com valores máximos estabelecidos de 0,15mg/L.

O incremento de fósforo e sedimentos dos ambientes aquáticos são alterados pelo aumento de lavouras na margem dos rios. A presença de fósforo muitas vezes é associada aos fertilizantes agrícolas. Uma vez aplicado o fertilizante ao solo, o fósforo pode ser absorvido pela planta ou indisponibilizado gerando perdas por processos de escoamento superficial, lixiviação, erosão e volatilização. Assim tais concentrações deverão ser avaliadas em campanhas futuras, para determinação da persistência deste parâmetro.

Os parâmetros DBO e DQO apresentaram resultados distintos nos pontos amostrados, onde a amostra AS-02 teve concentrações superiores destes parâmetros em comparação a coleta realizada no AS-01.

Ambas as amostras (AS-01 e AS-02) apresentaram concentrações de coliformes termotolerantes (<3 NMP/100ml) que as enquadram na Classe 1 para estes parâmetros.

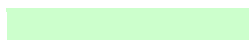




O quadro 5.30 apresenta o resumo do enquadramento de Classe para os resultados dos parâmetros amostrados listados na Resolução nº 357/2005 do CONAMA.

**Quadro 5.30**  
**Parâmetros de qualidade de água segundo classificação da Resolução nº 357/2005 do CONAMA.**

Parâmetro	AS-01	AS-02
pH	7,38	7,57
Nitrato como N (mg/L)	0,08	0,51
Nitrito como N (mg/L)	<0,006	0,011
Turbidez (NTU)	22	3
DBO (mg/IO <sub>2</sub> )	3	17
Materiais Flutuantes	Presença	Presença
Coliformes termotolerantes (NMP/100mL)	<3	<3
Nitrogênio amoniacal (mg/L)	<0,19	<0,19
Óleos e Graxas(mg/L)	<5	<5
Fósforo (mg/L)	0,108	0,071

<3 = menor que o limite de detecção do método.

Legenda do quadro:

	Classe 1
	Classe 2
	Classe 3
	Classe 4
	Não se enquadra

Todavia as concentrações de cada parâmetro possibilitem uma avaliação da qualidade ambiental dos recursos hídricos nas proximidades do empreendimento, a partir do déficit de informações sugere-se a adoção de um programa de monitoramento que permita acompanhar as características de cada parâmetro estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 nas etapas construtivas de melhorias e pavimentação da BR-135. Este programa de monitoramento servirá para prevenção da degradação do ambiente, resultante das atividades que, direta ou indiretamente prejudiquem a saúde, segurança e o bem estar das populações; criem condições adversas às atividades sociais e econômicas; afetem desfavoravelmente a biota e as condições sanitárias do meio ambiente e lancem matéria em desacordo com os padrões de qualidade ambiental estabelecidos.

### 5.1.12 Usos da Água

A concessão do direito de uso dos recursos hídricos no estado de Minas Gerais compete ao Instituto Mineiro de Gestão das Águas (Igam). Além da concessão da outorga este órgão também é responsável pelo planejamento e administração de todas as ações voltadas para a preservação da quantidade e da qualidade de águas no Estado. Coordena, orienta e incentiva a criação dos comitês de bacias hidrográficas, entidades que, de forma descentralizada, integrada e participativa, gerenciam o desenvolvimento sustentável da região onde atuam.

Conforme referido em itens anteriores do presente EIA, a AII do empreendimento, formada pela drenagem que compõe o rio de Itacarambi, situa-se sobre a Unidade de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos (UPGRH) SF9 (Pandeiros e Calindó/Afluentes Mineiros do Médio São Francisco), cujo Comitê de Bacia foi instituído pelo Decreto Estadual 44.956/2008.

O principal uso da água na bacia hidrográfica do rio São Francisco, onde está situada a AII é a irrigação seguida pela geração de energia, abastecimento de água, navegação e pesca. A região de influência do empreendimento contribui significativamente com o uso pela irrigação cuja fonte hídrica é o rio São Francisco. Inserida neste contexto de uso das águas da bacia do rio de Itacarambi, se encontra também a Barragem de Itacarambi, construída pela CODEVASF, já ilustrada anteriormente na figura 5.79.

Salienta-se que nos municípios do empreendimento (BR-135) o uso das águas do rio de Itacarambi é bastante inexpressivo. Verificou-se em campo a utilização das águas deste rio para manutenção de atividades básicas, como lavagem de roupas e de louças, realizadas diretamente no curso fluvial. A não



observação em campo do lançamento direto de esgotos domiciliares no rio de Itacarambi e, ou no rio São Francisco, não isenta a não ocorrência, uma vez que estimativas do Igam (2009) indicaram 3 pontos de lançamentos de efluentes em Itacarambi e 8, em Manga.

Conforme o Relatório de Planejamento de Cadastro dos Usuários de Recursos Hídricos da UPGRH-SF9, elaborado pelo Igam em 2009, os perímetros irrigados na Unidade SF9 são, seguramente, os grandes usuários das águas na região. Exemplo nesse sentido é o Projeto CODEVASF/Jaíba que é resultado da parceria entre o Governo Federal e o Governo do Estado de Minas Gerais, representados respectivamente pela CODEVASF e Ruralminas e efetivado operacionalmente desde o ano de 1988. Os perímetros irrigados deste Projeto situam-se nos municípios de Matias Cardoso, Jaíba e Itacarambi.

Os principais empreendedores que se utilizam dos recursos hídricos do rio São Francisco nos municípios de Manga e Itacarambi, e com outorga junto à Agência Nacional das Águas (ANA), no ano de 2008, são:

- Agropasto Agricultura e Pecuária;
- CODEVASF – Jaíba;
- Brasnica Frutas Tropicais Ltda. (Yamada Agro-Indústria)
- COPASA – Abastecimento público;
- Junco Agronegócios Ltda.;
- Colônia Agropecuária Ltda.; e
- Colonial Agropecuária Ltda.

Nestes perímetros são utilizadas técnicas de microaspersão, aspersão e pivô central e, basicamente são irrigadas culturas de banana, feijão, milho, soja, sorgo e pastagens. Conjuntamente com o turismo é a atividade mais importante e estratégica para a redução da pobreza e promoção do desenvolvimento regional (Comitê da Bacia Hidrográfica do rio São Francisco, 2004). A irrigação representa na bacia hidrográfica do rio São Francisco um importante segmento na renda interna gerada à economia local, destacando-se a fruticultura.

De acordo com o Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (Comitê da Bacia do rio São Francisco, 2004), no norte de Minas Gerais estão presentes as áreas de maior prática da irrigação. Destacam-se os perímetros Gorotuba, Pirapora, Janaúba e, o já citado, Jaíba, situado na região do empreendimento objeto do presente estudo. Nos perímetros irrigados ocorrem culturas dotadas de valor econômico e maior resposta ao insumo água, representados pelos grãos, café, olerícolas e pela fruticultura. É através desta última que se deu o incremento da participação do Brasil no mercado internacional de frutas.

A figura 5.109 ilustra parte de um perímetro irrigado presente às margens da BR-135, no município de Manga, efetuado pela Itacarambi Indústria e Comércio Ltda (ICIL Ltda) cuja captação é feita no rio São Francisco. Nos perímetros da ICIL Ltda., com exceção das culturas de banana que é irrigada por microaspersão, as demais (milho, feijão, pastos) se dão por pivôs centrais.



**Figura 5.109: Irrigação de milho por pivô central – ICIL Ltda  
Município de Manga.**

A geração de energia não é um uso ocorrente nos municípios do empreendimento, pois inexistem hidrelétricas nestes territórios. No entanto, as hidrelétricas em operação na bacia do rio São Francisco são fundamentais para o atendimento do subsistema Nordeste, um dos 4 que integram o Sistema Interligado Nacional (SIN). São elas: Três Marias, Queimado, Sobradinho, Itaparica, Moxotó e Xingó, sendo a primeira, a principal em todo o contexto.

Os recursos hídricos destinados ao abastecimento público são captados no rio São Francisco pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais (Copasa) e distribuídas aos domicílios de Manga e Itacarambi. Também é expressivo o uso de poços para abastecimento, sobretudo pela população rural.

Tendo em vista a potencialidade fluvial legitimada pela presença do rio São Francisco, a navegação é também um tipo de uso exercido na bacia do rio São Francisco, embora atualmente exista deficiências de calado. Em Manga e em Itacarambi a navegação ocorre por meio de balsas, com pequeno embarcadouro, de instalações simples, porém de importância capital para os municípios uma vez que transportam, principalmente, os trabalhadores ao Projeto Jaíba (figura 5.110). Este trecho fluvial faz parte da Hidrovia do São Francisco, administrada pela Administração da Hidrovia do São Francisco (AHSFRA).



**Figura 5.110: Navegação fluvial sobre o rio São Francisco  
Município de Manga.**

Nos municípios do empreendimento (Manga, Itacarambi e São João das Missões) não existe Estação de Tratamento de Esgotos (ETE), porém estimativas do Igam (2009) apontaram para a ocorrência de possíveis lançadores de efluentes nos cursos fluviais de Itacarambi, Manga e São João das Missões. Estas estimativas foram de, respectivamente, 3, 8 e 1.

No que diz respeito ao uso pela pesca, de acordo com o Módulo I do Plano de Recursos Hídricos da bacia do rio São Francisco, outrora o espaço físico da bacia já fora bastante piscosa, tanto na região do alto como do baixo curso. Porém a pesca artesanal, considerada fonte de alimento e sustento para as populações de pescadores da bacia, tem sofrido declínio expressivo nas últimas décadas. Apesar disso, o potencial pesqueiro na bacia como um todo é expressivo, e a superfície do espelho de água disponível para o desenvolvimento da pesca é de 600.000ha (Comitê da Bacia Hidrográfica do rio São Francisco, 2004). Nos municípios do empreendimento essa atividade é incipiente, e praticada de forma comercial sobre o rio São Francisco.

Além dos usos dos recursos hídricos explicitados ocorrem outros usos, a saber:

- Recreação de contato primário;
- Harmonia paisagística;
- Preservação do equilíbrio de comunidades aquáticas, a exemplo das lagoas do Parque Estadual da Mata Seca; e,
- Pesca comercial.

## 5.2 Níveis de Ruído

A avaliação dos níveis de ruído visa caracterizar a condição acústica existente (*background*) nas ocupações urbanas que se encontram junto ao trecho da BR-135, de forma a subsidiar a aplicação de metodologias preventivas e corretivas na implantação da pavimentação rodoviária, garantindo níveis aceitáveis para o conforto acústico da população residente na área de influência do empreendimento.

O estudo de ruído de tráfego contribui no controle da poluição sonora e assim na melhoria da qualidade de vida da população através do seu controle e mitigação.

### 5.2.1 Definição de Som e Ruído

O som é causado pela variação da pressão ou da velocidade de moléculas em um meio fluido e é uma forma de energia que é transmitida pela colisão destas moléculas (GERGES, 1992 apud Nunes, 1999). É composto por um conjunto de freqüências de ondas, as quais são audíveis pelos ouvidos humanos somente em determinada freqüências.

Já o ruído pode ser denominado como a percepção de som que se torna desagradável ou indesejável ao receptor (ouvinte). Assim, a diferença entre som e ruído depende de cada indivíduo, sua formação sociocultural e seu estado emocional.

O decibel (dB) é a unidade logarítmica que expressa a razão da medida do nível de pressão sonora em relação a um nível padrão.

Os decibelímetros são os equipamentos de medição de nível de pressão sonora capazes de filtrar as freqüências de interesse à percepção humana.

A medição dos ruídos em uma rodovia deve considerar a escala de medição de pressão sonora aproximada da resposta de freqüência percebida pelo ouvido humano, a qual é representada pela medida na escala de compensação A, em decibels, de forma usual abreviado por dB(A).

O nível de ruído equivalente,  $Leq$ , é a medida representativa do ruído ambiental, de característica contínua (estacionário) em dB(A), cuja energia num certo período é igual à energia total de uma sucessão de ruídos discretos ocorridos no mesmo período e com o mesmo potencial de lesão auditiva durante o período analisado.

Ainda referindo-se as características do som, é sabido que o mesmo tem sua pressão sonora reduzida em função da distância da fonte emissora.

#### 5.2.1.1 Descrição Acústica do Empreendimento

A descrição acústica do empreendimento é diferenciada para as fases de implantação e operação, devido as diferenças entre as atividades e equipamentos operantes no eixo rodoviário durante estas fases.

Os níveis de ruído de tráfego em rodovias são relacionados com quatro fatores:

- o volume de tráfego existente;
- a velocidade dos veículos;
- a presença de caminhões e motocicletas (veículos com maiores níveis de geração de ruído) e;
- o tipo de pavimento de rolagem.

Estes fatores interagem de forma a aumentarem os níveis de ruídos gerados, de acordo com o incremento dos valores dos volumes de tráfego de veículos, da velocidade, porte dos veículos e pelas características do pavimento, capazes de produzir ruído pela rolagem e atrito da superfície de rolagem com os pneus. A existência de aclives e declives em pontos da estrada junto com a variação da aceleração dos motores também é um fator contribuinte para o incremento dos níveis de pressão sonora. Outro fator, relacionado com o estado físico dos silenciadores (surdinas) também deve ser considerado devido à capacidade de incrementar os valores dos níveis de ruídos produzidos pelos veículos automotores.

#### 5.2.1.2 Fase de Implantação

Durante a implantação do empreendimento o cenário acústico será composto pelo tráfego local das localidades (Itacarambi, São João das Missões, Rancharia e Manga) do trecho em questão, pelo trânsito entre as localidades, bem como pelo trânsito de veículos que necessitam da rodovia como rota para outros municípios além dos limites do trecho da BR-135, ou seja, conforme o uso atual da rodovia.



Em acréscimo aos ruídos existentes da situação atual estarão contribuindo para o incremento dos níveis de ruído as operações realizadas pelos equipamentos (caminhões e máquinas) envolvidos na construção e pavimentação da rodovia. O incremento nos níveis de ruído serão variáveis de acordo com as características e manutenção dos equipamentos, bem como da sua forma de operação conforme descrito anteriormente, no Item 5.2.1.1.

As operações dos equipamentos deverão impactar os locais junto às frentes de trabalho na rodovia bem como ao longo do trajeto de movimentação dos caminhões e maquinário de obra incluindo as áreas de empréstimo e bota-fora. Os horários de incremento dos níveis de ruído serão representativos durante o período e turnos de trabalho na rodovia.

### **5.2.1.3 Fase de Operação**

Nesta fase é esperado que o cenário acústico da rodovia seja composto pela movimentação dos veículos em trânsito local, entre as localidades atendidas pela reestruturação da BR-135, e composto pelos veículos que passam pelo trecho com destino a outras localidades. Devido à melhoria da condição de tráfego, proveniente da implantação do projeto de reestruturação da rodovia, é esperado um incremento no volume de veículos usuários da via e por conseqüência nos níveis de ruído.

## **5.2.2 Percepção e Controle dos Ruídos**

Atualmente grande parte das pessoas são afetadas pelos problemas relacionados com o ruído proveniente dos meios de transporte. Estes problemas afetam a habilidade de prosseguir em conversações, de concentrar-se no trabalho e nas escolas, e durante o sono. As pessoas residentes nos centros urbanos são as mais afetadas, entretanto, é um problema que cada vez mais é expandido para as comunidades suburbanas e rurais (Fleming et al, 1995).

Os controles adotados para a mitigação dos problemas relacionados ao ruído do tráfego envolvem de forma clássica o controle do ruído na fonte, o controle efetivo no planejamento do uso de áreas urbanas, e a mitigação durante o projeto executivo das estradas (Fleming et al, 1995).

O controle na fonte é a alternativa mais desejável de mitigação dos ruídos, considerando de forma especial, que os principais pontos críticos de degradação da qualidade de vida da população são os locais com proximidade a pontos de rodovias movimentadas e com velocidades acima de 80 km/h, onde a melhor compreensão do ruído gerado na interface dos pneus e do pavimento é essencial. Neste sentido o projeto dos pavimentos pode contribuir na melhoria das condições ambientais relacionadas ao ruído com possíveis melhorias de até 10 dB. Entretanto, apesar deste valor representar uma substancial melhoria, é uma medida acompanhada de custos consideráveis que ainda necessita ser acompanhada de mudanças na cultura do projeto e construção de rodovias (Fleming et al, 1995).

O planejamento do zoneamento urbano constitui um importante componente de sucesso na redução do problema de ruído rodoviário. Os departamentos de estradas devem expandir seus esforços para estimular as administrações municipais a definirem padrões de conformidade ambiental e de zoneamento urbano, referentes a compatibilidades de uso do solo em locais adjacentes as estradas.

### **5.2.3 Uso e Ocupação do Solo na Área de Influência Acústica**

O Uso e Ocupação do Solo são definidos em função das normas relativas à densificação, regime de atividades, dispositivos de controle das edificações e parcelamento do solo, que configuram o regime urbanístico.

A definição da área de influência acústica diz respeito a toda faixa de entorno da rodovia, em especial às áreas urbanizadas e áreas rurais com residências, que possam vir a ser afetadas.

A relação entre o uso e ocupação do solo e a influência acústica causada pela passagem de veículos é um fator primordial na definição do uso do solo. Deve-se evitar a existência de grandes densificações populacionais de uso residencial bem como a existência de escolas e hospitais em áreas sujeitas aos ruídos.

### **5.2.4 Identificação das Principais Fontes Sonoras Existentes no Local**

Em um meio urbano, as principais fontes de poluição acústica são: os transportes terrestres, tráfego aéreo, obras de construção civil, atividades industriais, aparelhos eletrodomésticos, setor de diversões públicas e o próprio comportamento humano.

Durante os trabalhos de campo foi possível a identificação de algumas fontes sonoras causadoras de perturbações ao ambiente, as quais incluem os veículos motorizados (carros, caminhões e motos), bem como pela utilização de carros dotados de equipamento de som, utilizados no comércio de produtos diversos e nos anúncios de eventos e festas nas comunidades.

Também foi verificada a existência de residências junto à rodovia, que utilizam aparelhos de som em volume alto com finalidade recreativa. Ainda, de acordo com uma conversa com o morador “Seu Marcino”, residente na localidade Rancharia, durante algumas noites ocorre a reunião de pessoas na proximidade da praça deste local onde promovem festas com a utilização de equipamentos de som de automóveis, causando transtornos ao sono da população.

Conforme relatado em conversas informais com os moradores, o horário de maior movimentação de veículos na BR-135 ocorre entre as 10:00 às 13:00 horas, sendo conseqüentemente o período onde espera-se a maior geração de ruídos gerados pelo tráfego.

Devido às características atuais da rodovia, sem a pavimentação adequada ao tráfego de veículos, o volume de veículos é reduzido devido às dificuldades impostas pela qualidade do pavimento existente, com a progressiva diminuição do número de veículos em trânsito a partir do final da tarde.

As fontes de ruído observadas nas medições realizadas compreenderam o tráfego de veículos na rodovia, incluindo tráfego urbano e atividades antrópicas no entorno dos pontos de medição e conforme o caso, decorrentes de ruídos naturais, como insetos e pássaros. Nos dias das medições os fatores ambientais observados foram a temperatura, que variou de 26°C a 34°C, e ventos fracos provenientes do quadrante sul. Não foram realizadas medições durante eventos de chuva.

### **5.2.5 O Ruído e a População**

Em relatórios recentes da Comissão Européia elaborados pela Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico - OCDE e OMS indicam que a exposição continuada a níveis de ruído entre 55 e 65 decibéis provoca irritação e prejuízos à comunicação e ao aprendizado. Acima desta faixa, são também produzidos graves danos à saúde (Álvares, 2001).

No aspecto fisiológico a poluição sonora é capaz de desencadear muitas alterações orgânicas no organismo: stress (causado pela contração muscular prolongada), alterações no padrão do sono, insônia, perdas de habilidade mental e motora, perda de memória, dores de cabeça, náuseas, perdas auditivas temporárias e definitivas, zumbido no ouvido e distúrbios nos sistemas circulatório, respiratório e imunológico (Álvares, 2001).

### **5.2.6 Considerações sobre o ruído gerado no tráfego**

As diretrizes do planejamento viário devem ser vinculadas com as necessidades de proteção contra o ruído de tráfego nos espaços lindeiros, adotando quando necessário as medidas mitigadoras. As obras de implantação, pavimentação e melhorias da BR-135 resolvem uma série de questões econômicas e de mobilidade local e regional, mas deve ser implantado de uma forma consciente para não gerar impactos negativos capazes de prejudicar a saúde humana, como é o caso da poluição sonora.

### **5.2.7 Caracterização do Nível de Ruído Ambiente e Determinação dos Níveis de Critério de Avaliação (NCA)**

A caracterização dos níveis de ruído ambiente foi realizada como parâmetro de verificação da condição atual dos níveis de ruído existentes, propiciando futuras avaliações destes durante a fase de implantação da pavimentação e melhorias estruturais, onde se espera uma grande movimentação de veículos de apoio a obra, assim como durante a fase operacional da rodovia já pavimentada.

A Resolução nº 01 de 8 de março de 1990 do CONAMA em alguns de seus artigos preconiza que:

- Art. II - São prejudiciais à saúde e ao sossego público os 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.
- Art. III - Na execução dos projetos de construção ou de reformas de edificações para atividades heterogêneas, o nível de som produzido por uma delas não poderá ultrapassar os níveis estabelecidos pela NBR-10.152 – Níveis de Ruído para conforto acústico, da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT.
- Art. VI - Para os efeitos desta Resolução, as medições deverão ser efetuadas de acordo com a NBR-10.151 - Avaliação do Ruído em Áreas Habitadas visando o conforto da comunidade, da ABNT.

A NBR 10.151/2000 fixa as condições exigíveis para aceitabilidade do ruído em comunidades. Ela especifica o método para medição do ruído, a aplicação de correções nos níveis medidos e uma comparação dos níveis corrigidos, com um critério que leva em conta os vários fatores ambientais.

Os níveis de ruído foram verificados em 04 (quatro) pontos inseridos nas localidades de Itacarambi (R-01), Rancharia (R-02), São João das Missões (R-03) e Manga (R-04). A amostragem foi realizada nas faixas de período diurno, das 06:00 às 20:00 h, e noturno, das 20:00 às 06:00 h, em período mínimo de amostragem de 20 minutos, em faixa de ponderação A, de acordo com a NBR 10.151. As medições foram realizadas adotando-se o tempo de resposta lento.

A adoção do período de amostragem de 20 minutos levou em consideração a necessidade de repetição do ciclo das variações do ruído, permitindo, por exemplo, a repetição da passagem de veículos em uma mesma medição.

As condições das medições, realizadas em ambiente externo, respeitaram a distância mínima do solo de 1,2 metros e de 1,5 metros de distância de paredes e superfícies refletoras. Ainda tomou-se o cuidado de evitar a influência, no resultado, de sons indesejados como os ruídos de vento, interferências elétricas e de fontes estranhas.

A NBR 10.152/2000 fixa os níveis de ruído compatíveis com o conforto acústico em ambientes diversos.

De acordo com as variações existentes no ambiente devido às alterações dos níveis de pressão sonora, as medidas dos níveis de pressão sonora variam ao longo do tempo sendo assumidas as medições de nível sonoro equivalente (Leq), o qual é calculado conforme cita a NBR 10152:

$$Leq = 10 \cdot \log_{10} \left( \sum t_i \cdot 10^{Li/10} \right) / 10$$

Onde:

Li = nível de pressão sonora correspondente ao ponto médio da classe i, em dB(A).

t<sub>i</sub> = intervalo de tempo (expresso em percentagem do período de tempo relevante ou representativo escolhido) para o qual o nível sonoro permanece dentro dos limites da classe i.

Os pontos de amostragem na área de influência do empreendimento, bem como os resultados encontrados nos mesmos são apresentados no quadro 5.31, cuja espacialização encontra-se na figura 5.111.

**Quadro 5.31**  
**Medições dos Níveis de Pressão Sonora**

Localidade	Dia/Hora Amostragem	LAeq	Lmáx	Lmín	L90	L10	
Itacarambi	R1 Diurno	11/11/09 -09:07	66,0	83,9	39,8	43,0	65,5
	R1 Noturno	12/11/09 -00:58	53,2	61,8	40,7	50,5	55,0
Rancharia	R2 Diurno	11/11/09 -10:35	56,9	78,5	42,4	45,5	55,2
	R2 Noturno	12/11/09 -00:12	49,9	70,5	35,7	36,0	50,0
São João das Missões	R3 Diurno	11/11/09 -12:11	61,6	79,2	46,3	51,5	62,9
	R3 Noturno	11/11/09 -23:33	48,6	69,8	37,8	38,7	47,1
Manga	R4 Diurno	11/11/09 -13:16	57,6	76,2	38,1	41,1	57,1
	R4 Noturno	11/11/09 -22:43	56,3	74,2	38,0	39,3	56,8

O Nível Corrigido L<sub>c</sub> para ruído sem caráter impulsivo e sem componentes tonais é determinado pelo Nível de Pressão Sonora Equivalente, LA<sub>eq</sub>. Assim, devido a ausência de componentes tonais e de ruídos de caráter impulsivo, o valor de LA<sub>eq</sub> medido corresponde ao valor de L<sub>c</sub> para este estudo.

O método de avaliação do ruído baseia-se numa comparação entre o Nível de Pressão Sonora Corrigido LC em Leq (quadro 5.31) com o Nível Critério de Avaliação NCA, estabelecido conforme quadro 5.32.



**Figura 5.111: Mapa de localização das amostras dos níveis de ruído**



**Quadro 5.32**  
**Níveis de Critério de Avaliação para Ambientes Externos.**

: Tipos de áreas	Diurno	Noturno
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

Fonte: NBR10151/98.

A definição dos tipos de áreas representativas aos pontos de amostragem, foi definida de acordo com as observações do uso e ocupação do solo mais coerente com as características dos locais verificados pela equipe de estudo. Esta metodologia de classificação foi adotada devido a ausência de uma delimitação das áreas de uso e ocupação do solo em plano diretor municipal das localidades onde ocorreram as medições.

O seguintes equipamentos foram utilizados na avaliação e análise de dados:

- Medidor de nível de pressão sonora integrador/analizador, modelo *SoundPro SP SE-2-1/1*, marca *Quest Technologies*, com microfone BK4936 número de série BBI090001, atende especificação de equipamento tipo 1, IEC 61672-1(2003), ANSI S1.11-2004, ANSI S1.4-1983 (R2001), ANSI S 1.43-1997 (R2002), IEC60651 e IEC 60804;
- Calibrador Acústico QC-10 marca *Quest Technologies* (atende especificação de equipamento tipo 1, IEC 651 e IEC 804), número de série QIH100152. Equipamento sob Certificado de Calibração número 3235-2009 pela Almont Brasil.
- Protetor de microfone contra ação de ventos (wind-screen) *WS-7* marca *Quest Technologies*;
- Programa de computador para transferência e análise de dados *QuestSuite Professional II*.

Os certificados de calibração dos equipamentos de medição dos ruídos são apresentados no anexo 3.

De acordo com os dados amostrados é realizada a verificação dos níveis de critério de avaliação de acordo com a classificação adotada para os tipos de áreas das localidades.

Os resultados obtidos estão apresentados no quadro 5.33.

Verifica-se a partir dos dados amostrados o atendimento aos Níveis de Critério de Avaliação adotados para os pontos R1, R3 e R4 referentes aos municípios de Itacarambi, São João das Missões e Manga respectivamente, com exceção à localidade de Rancharia (ponto R2). Tal fato se deve a distinção na classificação do tipo de área estritamente residencial urbana, a qual assume valores mais restritivos em relação aos valores de NC para áreas mistas.

Os níveis de ruído deverão ser verificados anualmente com a intenção de acompanhar os valores dos níveis de ruído ambiente (Lra), como forma de verificar o atendimento aos valores do NCA estabelecido de forma a subsidiar a tomada de decisões quanto às alterações necessárias para a manutenção de níveis adequados a ocupação humana no entorno da rodovia.

**Quadro 5.33**  
**Avaliação dos Níveis de Ruído amostrados.**

: Localidade		Dia/Hora Amostragem	Leq	Tipo de Áreas	NC	Excede NC (Sim/Não)
Itacarambi	R1 - Diurno	11/11/09 -09:07	66,0	Área mista até 40 m ao longo das laterais de um corredor de trânsito	70	Não
	R1 - Noturno	12/11/09 -00:58	53,2		55	Não
Rancharia	R2 - Diurno	11/11/09 -10:35	56,9	Área estritamente residencial urbana	50	Sim
	R2 - Noturno	12/11/09 -00:12	49,9		45	Sim
São João das Missões	R3 - Diurno	11/11/09 -12:11	61,6	Área mista até 40 m ao longo das laterais de um corredor de trânsito	70	Não
	R3 - Noturno	11/11/09 -23:33	48,6		55	Não
Manga	R4 - Diurno	11/11/09 -13:16	57,6	Área mista até 40 m ao longo das laterais de um corredor de trânsito	70	Não
	R4 - Noturno	11/11/09 -22:43	56,3		55	Não





## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10.151: Avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade. Rio de Janeiro: ABNT, 1987.

\_\_\_\_\_. NBR 13.068: Ruídos interno e externo em carro metropolitano. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

\_\_\_\_\_. NBR 13.412: Material particulado em suspensão na atmosfera - Determinação da concentração de partículas inaláveis pelo método do amostrador de grande volume acoplado a um separador inércia de partículas - Método de ensaio. Rio de Janeiro: 1995.

\_\_\_\_\_. NBR 9.547: Material Particulado em suspensão no ar ambiente - determinação da concentração total pelo método do amostrador de grande volume. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

\_\_\_\_\_. NBR 14.313: Barreiras acústicas para vias de tráfego – Características construtivas. Rio de Janeiro: ABNT, 1999.

\_\_\_\_\_. NBR 10.152: Níveis de ruído para conforto acústico. Rio de Janeiro: ABNT, 2000.

ÁLVARES Jr., O. de M. **O Desafio do Controle do Ruído em Rodovias**. Associação Nacional de Biossegurança – AnBio, 3p. 2001. Disponível em: <<http://www.anbio.org.br/artigos/art04.htm>>. Acesso em: 19/11/2009.

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. Projeto de Gerenciamento Integrado das Atividades Desenvolvidas em Terras na Bacia do São Francisco. Estudo **Técnico de Apoio ao PBHSF Nº10 – Controle de Cheias**. Abril de 2004. Disponível em: <<http://www.integracao.gov.br>>

BARBOSA, S. E. S. et al . **Geração de modelos de regionalização de vazões máximas, médias de longo período e mínimas de sete dias para a bacia do rio do Carmo, Minas Gerais**. Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, v.10, n.1, Mar. 2005. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-41522005000100008&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522005000100008&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 01 de julho de julho de 2011.

BATISTA, R. C. **Estudo da Massa de Material Particulado na Atmosfera de Goiânia – Goiás**. Anais do I Congresso Goiano de Educação Ambiental. Centro Federal de Educação Tecnológica de Goiás - CEFET-GO, 7p. 2008. Disponível em: <[http://www.iesa.ufg.br/congea/cong/hupeat\\_TRAB/id000000000000154r0.pdf](http://www.iesa.ufg.br/congea/cong/hupeat_TRAB/id000000000000154r0.pdf)>. Acesso em: 23/11/2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Normais Climatológicas (1961-1990)**. 89p. Brasília: 1992.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Grupo de Trabalho Interministerial para Redelimitação do Semi-Árido Nordestino e do Polígono das Secas. Relatório Final**. Brasília: 2005. 118p.

BRAUN, O.P.G. Contribuição à Geomorfologia do Brasil Central. **Revista Brasileira de Geografia**. Rio de Janeiro, 32(3):39. 1971.

CHICHINELLI, G. & AIDAR, F. H. **Ruído Barrado**. Revista Técnica, ed 126, 5p: 2009. Disponível em: <<http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/126/artigo62001-1.asp>>. Acessado em 19/11/2009.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO. **Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do rio São Francisco**. Módulo I. Resumo Executivo. Salvador, 2004.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DOS VALES DO SÃO FRANCISCO E PARNAÍBA - CODEVASF. Biblioteca Geraldo Rocha. **Informações Técnicas da Bacia do rio de Itacarambi**. [s.a].

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DOS VALES DO SÃO FRANCISCO E PARNAÍBA- CODEVASF. Disponível em: <<http://www.codevasf.gov.br/noticias/2006/barragens-recuperadas-em-minas-gerais>>. Acessado em 17/12/2009.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. CETESB. **Ar, Qualidade do Ar**. Secretaria do Estado do Meio Ambiente. Disponível em: <[http://www.cetesb.sp.gov.br/Ar/ar\\_saude.asp](http://www.cetesb.sp.gov.br/Ar/ar_saude.asp)>. Acesso em: 24/11/2009.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 001, de 08 de março de 1990**. Estabelece padrões para a emissão de ruídos no território nacional. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 1990.

\_\_\_\_\_. **Resolução CONAMA nº 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, e dá outras providências.

\_\_\_\_\_. **Resolução CONAMA nº 274, de 29 de novembro de 2000.** Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras.

\_\_\_\_\_. **Resolução CONAMA nº 03, de 28 de junho de 1990.** Dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previstos no PRONAR.

\_\_\_\_\_. **Resolução CONAMA nº 315, de 29 de outubro de 2002.** Dispõe sobre novas etapas para o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores – Proconve, para serem atendidas nas homologações dos veículos automotores novos, nacionais e importados, leves e pesados, destinados exclusivamente ao mercado interno brasileiro.

CUPOLILLO, F. et al. **Aspectos Dinâmicos na América do Sul Associados a Espacialização das Chuvas no Estado de Minas Gerais, em Janeiro de 1996.** 5p., 1996.

DA SILVA, D. D. **Remoção Biológica do Nitrogênio pela Via Curta de Lixiviado de Aterro Sanitário Operando um Reator em Bateladas Sequenciais (SBR).** Dissertação de Mestrado – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Ed.rev, São Paulo. 164p.: 2009.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM – DER. **Projeto de Dispositivos de Segurança.** Secretaria de Transportes, São Paulo, 9p. 2005. Disponível em: <ftp://ftp.sp.gov.br/ftpder/normas/IP-DE-L00-003\_A.pdf>. Acesso em: 21/11/2009.

DNIT. Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes. **Elaboração de Estudo de Impacto Ambiental – EIA e o respectivo Relatório de Impacto Ambiental – RIMA, apresenta instrumentos que subsidiarão o licenciamento ambiental das obras da BR-163/PA, Trecho: Divisa MT/PA – Rurópolis, Extensão: 784,0 km e Rodovia BR-230/PA, Trecho: Entroncamento BR-163/PA (B) – Miritituba, Extensão: 32,2 km.** Vol.2. 237p. Porto Alegre: 2002.

\_\_\_\_\_. **Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem.** Diretoria de Planejamento e Pesquisa, 2ªed. 133p., Rio de Janeiro: 2005.

DNIT. Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes. **Manual Para Atividades Ambientais Rodoviárias.** (IPR. Publ. 730). Rio de Janeiro. 2006. 473p.

\_\_\_\_\_. **Glossário de termos técnicos rodoviários.** Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico. Divisão de Capacitação Tecnológica. Rio de Janeiro. Ed.: IPR. 296p. 1997.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Brasília: EMBRAPA Produção de Informação. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 1999. 412p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Terras para Irrigação: Enfoque na Região Semi-Árida /** Fernando Cezar Saraiva do Amaral (Ed.). – Rio de Janeiro : Embrapa Solos, 2005. 220p.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia.** 2 ed. Rio de Janeiro: Interciência. 1998.

FLEMING, G. G. et al. **Transportation Related Noise in the United States.** National Academy of Sciences Transportation Research Board Committee on Transportation-Related Noise and Vibration. 9p. 1995. Disponível em: <http://www.trb.org/publications/millennium/00134.pdf>. Acesso em: 07/11/2009.

FREITAS et al. **Emissões de queimadas em ecossistemas da América do Sul.** Estudos avançados vol.19 nº 53 19p., São Paulo, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\_arttext&pid=S0103-40142005000100011>

GUERRA, A. J. T. Encostas e a questão ambiental. In: CUNHA, S. B. e GUERRA, A. J. T. **A questão ambiental: diferentes abordagens.** 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. **Levantamento de Recursos Naturais Volume 29. Folha SD. 23 Brasília.** Rio de Janeiro: IBGE, 1982. 655p.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. IGAM. **Relatório de Planejamento de Cadastro dos Usuários de Recursos Hídricos da UPGRH-SF9.** Agosto de 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. IBAMA. **Plano de Manejo do Parque Nacional Cavernas do Peruaçu – MG, Introdução, Considerações Sobre a AER, Climatologia, Geologia, Geomorfologia, Hidrogeologia e Recursos Hídricos.** Volume I, São Paulo, 299 p., 2003.

KING, L.C. 1956. A Geomorfologia do Brasil Oriental. **Revista Brasileira de Geografia.** v.18,n.2.

KOHLER, H.C. Geomorfologia Cárstica. In: Guerra, A.J.T.; Cunha, S.B. da. (Orgs.). **Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos.** 5ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. p. 309-334.

KRUSCHE, N.; SARAIVA, J. B.; REBOITA, M. S. **Normais climatológicas provisórias de 1991 a 2000 para Rio Grande/RS**. 2002. 104pp.

LIMA, W. P. **Princípios de hidrologia florestal para o manejo de bacias hidrográficas**. Piracicaba, SP: ESALQ, 1986. 242 p. Texto básico para a disciplina “Manejo de Bacias Hidrográficas”.

MCT/INPE/CPTEC, **INFOCLIMA - Boletim de Informações Climáticas**. Ano 15, nº3 3p. São José dos Campos, 2008. Disponível em: <[http://infoclima.cptec.inpe.br/~rinfo/pdf\\_infoclima/200803.pdf](http://infoclima.cptec.inpe.br/~rinfo/pdf_infoclima/200803.pdf)>

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Caderno da Região Hidrográfica do São Francisco**. Brasília: MMA, 2006. 148p.

MELLO, C. R. et al. **Erosividade mensal e anual da chuva no Estado de Minas Gerais**. Pesquisa. Agropecuária Brasileira n.4, 9p. 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v42n4/12.pdf>>.

MOURA, M. T. T. 1997. **A Evolução do Sítio Arqueológico Lapa do Boquete na Paisagem Cárstica do Vale do rio Peruaçu: Januária (MG)**. Dissertação de Mestrado. Departamento de Geografia. Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas. Universidade de São Paulo.

NUNES, M. F. de O. **Poluição Sonora em Centros Urbanos: O Ruído de Tráfego Veicular**. In: ENGEPE. 11p. 1999.

OLIVEIRA, J. A. et al. **Comportamento Espacial de Chuvas de Verão no Estado de Minas Gerais**. Publicado no 11 ° Simpósio de Estatística Aplicada a Experimentação Agronômica (SEAGRO). Londrina, 2005. Disponível em: <<http://www.posgraduacao.ufla.br/gauss/congresso/11seagro/conteudo/arquivos/80.pdf>>.

PACHECO, A. & MATOS, B.A. **Cemitérios e o Meio Ambiente**. Universidade de São Paulo. Instituto de Geociências. Departamento de Geologia Sedimentar e Ambiental. São Paulo-SP, 2009. Disponível em: <<http://www.igc.usp.br/subsites/cemiterios/cemit.php>> Acessado em: 21/12/2009.

PILÓ,L.B. **A morfologia cárstica do baixo curso do Rio Peruaçu, Januária – Itacarambi, MG.**, Belo Horizonte. Depto. De Geografia – UFMG, 1989.

RAMALHO FILHO, A., BEEK, K. J. **Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras**. 3ed. Ver. - Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1995. 65p.

ROSS, J. L. S. Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados. In: **Revista do Departamento de Geografia**. FFLCH-USP. Nº 8. p. 63-74. São Paulo.

SIQUEIRA, H. R. et al. **Comportamento da Precipitação Pluviométrica Mensal do Estado de Minas Gerais: Análise Espacial e Temporal**. FAMAT/UFU, Uberlândia. 21p., 2003.

TORRES, FILIPE T. P. & MARTINS, LUIS A. **Fatores que Influenciam na Concentração do Material Particulado Inalável na Cidade de Juiz de Fora (MG)**. Instituto de Geografia UFU, Programa de Pós Graduação em Geografia, 17p. 2005. Disponível em: <[http://www.ig.ufu.br/revista/volume16/artigo4\\_vol16.pdf](http://www.ig.ufu.br/revista/volume16/artigo4_vol16.pdf)>. Acesso em: 07/11/2009.

THORNTHWAITE, C.W. An approach toward a rational classification of climate. **Geographical Review**, v.38, p.55-94, 1948.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. The water balance. **Publications in Climatology**. New Jersey: Drexel Institute of Technology, 104p. 1955.

TUCCI, C.E.M.; COLLISCHONN, W. Previsão de Vazão. In: TUCCI, C.E.M.; BRAGA, B. (Orgs.) **Clima e Recursos Hídricos no Brasil**. Porto Alegre: ABRH, p.281-348, nov. 2003.

TUCCI, C.E.M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 1ª Ed. Porto Alegre: Editora da Universidade: ABRH: EDUSP, 1993.

VALERIANO, M. de M. **Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil**. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/topodata/>>. Acesso em: 16 de novembro de 2009.

VEN TE CHOW. **Hydrologic Determination of Waterway Áreas for the design of Drainage Structures in Small Drainage Basis**. Engineering Experiment Station Bulletin nº462 – University of Illinois, 1962.

VIANELLO, R. L. & MAIA, L. F. P. G. **Estudo Preliminar da Climatologia Dinâmica do Estado de Minas Gerais**. Anais do I Congresso. Internacional de Meteorologia e IV Congresso Brasileiro de Meteorologia. 10p. 1986.



**ANEXO 1**  
**LAUDOS DAS AMOSTRAGENS DE AR E CERTIFICADOS DE CALIBRAÇÃO**





**ANEXO 2**  
**LAUDOS DAS AMOSTRAGENS DE ÁGUA SUPERFICIAL**



**ANEXO 3**

**CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE AMOSTRAGEM DE RUÍDO**

