

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL

Implantação do Sistema Integrado de Contenção de Enchentes Contemplando os Diques 1, 2, 3, 4 e 5

VOLUME II

Elaborado para:

PREFEITURA MUNICIPAL DE POUSO ALEGRE

Pouso Alegre - MG

Elaborado por:

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ (UNIFEI)

Itajubá-MG

Itajubá, abril de 2010

SUMÁRIO GERAL

| Volume | | Página |
|------------|---|-----------|
| | Lista de Siglas | i |
| | Lista de Tabelas | iv |
| | Lista de Figuras | viii |
| | Lista de Desenhos | xvii |
| | Apresentação | 1 |
| I | 1. IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDIMENTO E EMPREENDEDOR | 3 |
| | 2. CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO | 4 |
| | 3. ANÁLISE DE ALTERNATIVAS | 28 |
| | 4. ÁREAS DE INFLUÊNCIA DO EMPREENDIMENTO | 32 |
| | 5. LEGISLAÇÃO AMBIENTAL | 38 |
| | Bibliografia | 54 |
| | | |
| II | 6. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DO MEIO FÍSICO | 1 |
| | 6.1. Estudos climatológicos e hidrológicos | 1 |
| | 6.2. Geomorfologia | 42 |
| | 6.3. Aspectos geológicos e geotécnicos | 49 |
| | 6.4. Solos e capacidade de uso | 62 |
| | 6.5. Qualidade da água: aspectos físicos, químicos e biológicos | 104 |
| | Bibliografia | 138 |
| | Anexos | 141 |
| | | |
| III | 7. DIAGNÓSTICO DO MEIO BIÓTICO | 1 |
| | 7.1. Flora | 1 |
| | 7.2. Fauna | 17 |
| | 7.3. Áreas de preservação permanente | 54 |
| | Bibliografia | 63 |
| | Anexos | 69 |
| | | |
| IV | 8. DIAGNÓSTICO SOCIOECONÔMICO E CULTURAL | 1 |
| | 8.1. Metodologia | 1 |
| | 8.2. Diagnóstico socioeconômico e cultural | 4 |
| | 8.3. Caracterização dos bairros afetados pelas inundações: São Geraldo, Árvore Grande, Shangri-lá, Jardim Yara e Faisqueira | 23 |
| | 8.4. Diagnóstico Rápido Participativo - DRP | 36 |
| | 8.5. Cadastro Socioeconômico e Fundiário (CSEF) | 54 |
| | Bibliografia | 88 |
| | Anexos | 89 |
| | | |
| V | 9. SÍNTESE DA QUALIDADE AMBIENTAL | 1 |
| | 9.1. Análise integrada | 1 |
| | 9.2. Análise da área inundável: situação atual e com a implantação do sistema de diques | 5 |
| | 9.3. Qualidade ambiental | 9 |
| | 10. IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS - MEDIDAS MITIGADORAS E COMPENSATÓRIAS | 12 |
| | 10.1. Metodologia | 13 |
| | 10.2. Descrição das atividades transformadoras | 16 |
| | 10.3. Descrição dos impactos ambientais | 18 |
| | 10.4. Matriz de impactos | 45 |

| Volume | | Página |
|---------------|--|---------------|
| | 11. PROGRAMAS AMBIENTAIS | 52 |
| | 11.1. Programa de monitoramento limnológico e de qualidade da água | 52 |
| | 11.2. Programa de arborização | 54 |
| | 11.3. Plano de manutenção do sistema de contenção de cheias | 56 |
| | 11.4. Plano de conscientização ambiental | 60 |
| | 11.5. Plano de recuperação de áreas | 64 |
| | 11.6. Plano de compensação social | 69 |
| | Bibliografia | 73 |
| | 12. CONCLUSÕES DO ESTUDO | 75 |
| | 13. EQUIPE TÉCNICA | 76 |

LISTA DE TABELAS

| Volume | Identificação das Tabelas | Página |
|---------------|--|---------------|
| II | TABELA 6.1. Estações de monitoramento para o controle climatológico e hidrológico | 2 |
| | TABELA 6.2. Locais de amostragem para o levantamento de descarga sólida em suspensão | 8 |
| | TABELA 6.3. Estados de gerenciamento de enchentes | 11 |
| | TABELA 6.4. Valores médios das grandezas hidráulicas nas seções de monitoramento (para níveis de vazante) | 28 |
| | TABELA 6.5. Valores médios das declividades e desníveis dos rios | 31 |
| | TABELA 6.6. Tempos de retorno clássicos para as estações de monitoramento | 35 |
| | TABELA 6.7. Áreas das Manchas de Inundação para as cheias ocorridas em 2000, 2008 2009. | 42 |
| | TABELA 6.8. Resumo dos dados das sondagens a trado realizadas ao longo da área do dique 01. | 54 |
| | TABELA 6.9. Resumo dos dados das sondagens a trado realizadas ao longo do dique 02. | 57 |
| | TABELA 6.10. Resumo dos dados das sondagens a trado realizadas ao longo do dique 03. FIGURA 6.44. Perfil típico de alteração do dique 03 (furos 1A-3 e 3B-3), com seu respectivo coeficiente de condutividade (K). | 58 |
| | TABELA 6.11. Resumo dos dados das sondagens a trado realizadas ao longo do dique 04. | 59 |
| | TABELA 6.12. Resumo dos dados das sondagens a trado realizadas ao longo do dique 05. | 60 |
| | TABELA 6.13. As bandas do LANDSAT e suas faixas espectrais | 63 |
| | TABELA 6.14. Temas selecionados na confecção do mapa de Uso e Ocupação do Solo | 64 |
| | TABELA 6.15. Distribuição das zonas na área indiretamente afetada das implantações dos diques. | 90 |
| | TABELA 6.16. Distribuição do Uso e Ocupação do Solo por Zona do Macrozoneamento da área indiretamente afetada das implantações dos diques | 91 |
| | TABELA 6.17. Localização dos pontos de amostragem do Programa de Monitoramento Limnológico e da Qualidade da Água | 105 |
| | TABELA 6.18. Relação de parâmetros físicos, químicos e hidrobiológicos selecionados para avaliação e monitoramento da qualidade da água | 109 |
| | TABELA 6.19. Peso dos parâmetros | 112 |
| | TABELA 6.20. Nível de Qualidade | 113 |

| Volume | Identificação das Tabelas | Página |
|---------------|---|---------------|
| | TABELA 6.21. Parâmetros para enquadramento de corpos hídricos na classe 2 pela legislação Federal e Estadual (MG). | 116 |
| | TABELA 6.22. Resultados dos parâmetros físicos e químicos obtidos nos pontos de amostragem nos rios Sapucaí, Sapucaí-Mirim e Mandu – Pouso Alegre/MG | 124 |
| | TABELA 6.23. Parâmetros Microbiológicos obtidos em pontos de amostragem nos rios Sapucaí, Sapucaí-Mirim e Mandu – Pouso Alegre/MG, em 14 de outubro de 2009 | 129 |
| | TABELA 6.24. Relação coliformes fecais e estreptococos fecais nas estações de amostragem. | 130 |
| | TABELA 6.25. Riqueza e Diversidade de Shannon-Weaver em todos os pontos amostrados | 132 |
| | TABELA 6.26. Índice BMWP - <i>Biological Monitoring Working Party</i> | 133 |
| | TABELA 6.27. Índice BMWP em todos os pontos amostrados. | 133 |
| | TABELA 6.28. Parâmetros e respectivos pesos, para cálculo do IQA | 134 |
| | TABELA 6.29. Nível de Qualidade | 135 |
| | TABELA 6.30. Classificação do nível de Contaminação por Tóxicos | 135 |
| | TABELA 6.31. Critério de Classificação do IET - índice de estado trófico | 136 |
| | TABELA 6.32. Resultados do IET (índice de estado trófico) nas estações de amostragens. | 136 |

LISTA DE FIGURAS

| Volume | Identificação das Figuras | Página |
|---------------|--|---------------|
| II | FIGURA 6.1. Sistema de monitoramento de enchentes do Alto Sapucaí | 9 |
| | FIGURA 6.2. Estruturas para o Sistema de monitoramento de enchentes do Alto Sapucaí, nas localidades dos rios Mandu (acima) e Sapucaí-Mirim (abaixo) | 10 |
| | FIGURA 6.3. Fluxograma para elaboração de Mancha de Inundação. | 15 |
| | FIGURA 6.4. Áreas de influência das estações pluviométricas no contexto da bacia hidrográfica do Rio Sapucaí | 17 |
| | Figura 6.5. Precipitações médias mensais para a Bacia do Rio Sapucaí | 18 |
| | Figura 6.6. Precipitações mensais para o período 1998-2009 na Bacia do Rio Sapucaí | 18 |
| | FIGURA 6.7. Tempo de retorno para precipitações anuais na Bacia do Rio Sapucaí | 19 |
| | FIGURA 6.8. Tempo de retorno para precipitações mensais (Dezembro) na Bacia do Rio Sapucaí | 19 |
| | FIGURA 6.9. Tempo de retorno para precipitações mensais (Janeiro) na Bacia do Rio Sapucaí | 20 |
| | FIGURA 6.10. Tempo de retorno para precipitações mensais (Fevereiro) na Bacia do Rio Sapucaí | 20 |
| | FIGURA 6.11. Perfil topobatimétrico da seção em Santa Rita do Sapucaí | 21 |
| | FIGURA 6.12. Perfil topobatimétrico da seção no Chapadão | 22 |
| | FIGURA 6.13. Perfil topobatimétrico da seção no Rio Mandu | 22 |
| | FIGURA 6.14. Perfil topobatimétrico da seção na confluência dos rios Sapucaí e Sapucaí-Mirim | 23 |
| | FIGURA 6.15. Características hidráulicas da seção em Santa Rita do Sapucaí | 24 |
| | FIGURA 6.16. Características hidráulicas da seção no Chapadão | 25 |
| | FIGURA 6.17. Características hidráulicas da seção no Rio Mandu | 26 |
| | FIGURA 6.18. Características hidráulicas da seção na confluência dos rios Sapucaí e Sapucaí-Mirim | 27 |
| | FIGURA 6.19. Trechos estudados para a obtenção de declividades dos rios da região | 29 |
| | FIGURA 6.20. Perfil Longitudinal do Rio Sapucaí | 30 |
| | FIGURA 6.21. Perfil Longitudinal do Rio Sapucaí-Mirim | 30 |
| | FIGURA 6.22. Perfil Longitudinal do Rio Mandu | 31 |
| | FIGURA 6.23. Curva-chave da seção em Santa Rita do Sapucaí | 32 |

| Volume | Identificação das Figuras | Página |
|---------------|---|---------------|
| | FIGURA 6.24. Curva-chave da seção no Chapadão | 32 |
| | FIGURA 6.25. Curva-chave da seção no Mandu | 33 |
| | FIGURA 6.26. Curva-chave da seção na confluência dos rios Sapucaí e Sapucaí-Mirim | 33 |
| | FIGURA 6.27. Tempos de retorno, em função da vazão volumétrica, para a estação de monitoramento no Bairro Santa Rosa, Itajubá-MG | 34 |
| | FIGURA 6.28. Tempos de retorno para as estações de monitoramento | 35 |
| | FIGURA 6.29. Linha d'água para um remanso máximo na ponte do Rio Sapucaí Mirim | 36 |
| | FIGURA 6.30. Linha d'água para um remanso máximo na ponte do Rio Mandu | 37 |
| | FIGURA 6.31. Descarga sólida em suspensão para os cursos d'água da bacia do Alto Sapucaí | 37 |
| | FIGURA 6.32. Marcas de cheias (Ec) disponíveis em algumas edificações, no município de Pouso Alegre | 38 |
| | FIGURA 6.33. Mapa das Unidades Geomorfológicas para as áreas direta e indiretamente afetadas pela implantação dos diques. | 43 |
| | FIGURA 6.34. Foto contendo os Degraus Estruturais e Rebordos Erosivos na área indiretamente afetada dos diques para contenção de cheias no município de Pouso Alegre. | 44 |
| | FIGURA 6.35. Planície Fluvial periodicamente ocupada por água e ao fundo o Domínio Montanhoso. | 45 |
| | FIGURA 6.36. Domínio de Colinas Dissecadas e Morros Baixos na área indiretamente afetada dos futuros diques. | 46 |
| | FIGURA 6.37. Domínio de Morros e de Serras Baixas ao fundo da Área Indiretamente Afetada da implantação dos diques | 47 |
| | FIGURA 6.38. Planície Fluvial e ao fundo Domínio de Morros e Serras Baixas na área indiretamente afetada dos diques. | 48 |
| | FIGURA 6.39. Mapa Geológico Regional do Estado de Minas Gerais, com a situação da Área diretamente afetada, objeto da pesquisa | 51 |
| | FIGURA 6.40. Gnaisse cinza médio, com nítido bandamento composicional, inalterados e muito resistentes. | 53 |
| | FIGURA 6.41. Perfil típico de alteração do trecho dentro da grande planície aluvionar (do furo 2A-1 a 10B-1), com seus respectivos coeficientes de condutividade (K). | 55 |
| | FIGURA 6.42. Perfil típico de alteração do trecho a montante do dique 01 (furos 1B-1, 2B-1 e 3B-1), com seus respectivos coeficientes de condutividade (K). | 56 |

| Volume | Identificação das Figuras | Página |
|---------------|---|---------------|
| | FIGURA 6.43. Perfil típico de alteração do dique 02 (furos 1B-2, 2B-2, 3B-2, 4B-2 e 2A-2), com seu respectivo coeficiente de condutividade (K). | 57 |
| | FIGURA 6.44. Perfil típico de alteração do dique 03 (furos 1A-3 e 3B-3), com seu respectivo coeficiente de condutividade (K). | 58 |
| | FIGURA 6.45. Perfil típico de alteração do dique 04 (furos 1A-4 e 2B-4), com seus respectivos coeficientes de condutividade (K). | 59 |
| | FIGURA 6.46. Perfil típico de alteração do dique 05 (furos 1A-5 e 1B-5), com seus respectivos coeficientes de condutividade (K). | 61 |
| | FIGURA 6.47. Mapa Pedológico Regional do Estado de Minas Gerais, com a situação da Área diretamente afetada, objeto da pesquisa | 65 |
| | FIGURA 6.48. Mapa de classes de declividade para a Área Indiretamente Afetada onde serão instalados os diques para contenção de cheias, no município de Pouso Alegre/MG | 68 |
| | FIGURA 6.49. Mapa de classes de altitude para a Área Indiretamente Afetada pelos diques para contenção de cheias, no município de Pouso Alegre/MG. | 69 |
| | FIGURA 6.50. Mapa de solos da Área Indiretamente Afetada do projeto de implantação de diques para contenção de cheias, no município de Pouso Alegre/MG. | 70 |
| | FIGURA 6.51. Mapa de solos da Área Diretamente Afetada do projeto de implantação de diques, no município de Pouso Alegre/MG. | 71 |
| | FIGURA 6.52. Perfil de um Latossolo Vermelho no município de Pouso Alegre, MG | 72 |
| | FIGURA 6.53. Foto mostrando detalhes da cor, estrutura e porosidade de um Latossolo Vermelho no município de Pouso Alegre, MG. | 73 |
| | FIGURA 6.54. Foto mostrando erosão em sulcos em pastagens, no município de Pouso Alegre, MG | 73 |
| | FIGURA 6.55. Foto mostrando diferenças texturais das camadas estratificadas do perfil de um Neossolo Flúvico, no município de Pouso Alegre, MG | 74 |
| | FIGURA 6.56. Foto mostrando matas ciliares cobrindo os Neossolos Flúvicos no município de Pouso Alegre, MG | 75 |
| | FIGURA 6.57. Perfil de um Cambissolo Háplico Tb distrófico, no município de Pouso Alegre, MG | 76 |
| | FIGURA 6.58. Solos de Classe de Capacidade de Uso III cobertos por pastagem com sinais de degradação. Município de Pouso Alegre, MG | 77 |
| | FIGURA 6.59. Solos de classe III com plantio de mandioca no município de Pouso Alegre, MG | 78 |

| Volume | Identificação das Figuras | Página |
|---------------|---|---------------|
| | FIGURA 6.60. Solos de classe V em planície aluvial ocupada por pastagem. Ao fundo observa-se a mata ciliar. Município de Pouso Alegre, MG | 79 |
| | FIGURA 6.61. Neossolos flúvicos pertencentes a Classe V de Capacidade de Uso, cobertos por mata ciliar. Pouso Alegre, MG | 79 |
| | FIGURA 6.62. Solos de Classe de Capacidade de Uso VI cobertos por pastagem, no município de Pouso Alegre, MG | 80 |
| | FIGURA 6.63. Mapa de uso e ocupação do solo para a Área Indiretamente Afetada do projeto de implantação de diques para contenção de cheias, no município de Pouso Alegre/MG | 82 |
| | FIGURA 6.64. Mapa de uso e ocupação do solo na Área Diretamente Afetada do projeto de implantação de diques para contenção de cheias, no município de Pouso Alegre/MG | 83 |
| | FIGURA 6.65. Distribuição percentual do Uso e Ocupação da Área Indiretamente Afetada do empreendimento. | 84 |
| | FIGURA 6.66. Distribuição percentual do Uso e Ocupação da Área Diretamente Afetada do empreendimento. | 84 |
| | FIGURA 6.67. Imagem da Área Urbana do município de Pouso Alegre, MG. | 85 |
| | FIGURA 6.68. Imagem da Área de Pastagem no município de Pouso Alegre, MG | 86 |
| | FIGURA 6.69. Imagem de Áreas de Culturas Agrícolas em Pouso Alegre, MG | 86 |
| | FIGURA 6.70. Imagem da Área de Reflorestamento no município de Pouso Alegre, MG. | 87 |
| | FIGURA 6.71. Imagem da Área de Formações Naturais em Pouso Alegre, MG. | 88 |
| | FIGURA 6.72. Macrozoneamento sobreposto ao Uso e Ocupação do Solo no município de Pouso Alegre/MG. | 93 |
| | FIGURA 6.73. Representação da distribuição das áreas de empréstimo na área indiretamente afetada da implantação dos diques. | 94 |
| | FIGURA 6.74. Área de Empréstimo 01, ao lado do novo presídio de Pouso Alegre | 95 |
| | FIGURA 6.75. Perfil típico de Latossolo, na área de empréstimo 01. | 96 |
| | FIGURA 6.76. Área de Empréstimo 02, pastagem com intenso processo erosivo | 97 |
| | FIGURA 6.77. Latossolo na área de empréstimo 2 | 98 |
| | FIGURA 6.78. Representação da Área de Empréstimo 02, contendo linhas e torres de transmissão de energia elétrica | 99 |
| | FIGURA 6.79. Visão geral da área de empréstimo 02. | 100 |

| | Identificação das Figuras | Página |
|--|--|---------------|
| | FIGURA 6.80. Perfil de alteração da Área de Empréstimo 02 | 100 |
| | FIGURA 6.81. Imagem da área de Empréstimo 03. Área da prefeitura de Pouso Alegre intensamente explorada | 102 |
| | FIGURA 6.82. Área de Empréstimo 03, com grande quantidade de material removido. | 103 |
| | FIGURA 6.83. Perfil de alteração da Área de Empréstimo 03. | 103 |
| | FIGURA 6.84. Rede Hidrográfica com a localização dos pontos de coleta nos rios Sapucaí Mirim e Mandu, e demarcação das áreas direta (ADA) e indiretamente afetadas (AIA) pelo empreendimento | 106 |
| | FIGURA 6.85. Pontos selecionados para o programa de análise de monitoramento da qualidade da água | 107 |
| | FIGURA 6.86. Imagens referentes ao ponto SP-01 | 107 |
| | FIGURA 6.87. Ponto SP-03, após a junção do rio Mandu ao Sapucaí | 108 |
| | FIGURA 6.88. Ponto SP-04, caracterizando o final do empreendimento | 108 |
| | FIGURA 6.89. Ocorrência de coliformes termotolerantes no rio Sapucaí-Mirim (BG044) e (BG045), no período de 1997 a 2007. | 118 |
| | FIGURA 6.90. Valores de fósforo total no rio Sapucaí-Mirim (BG044) e (BG045), no período de 1997 a 2007. | 119 |

LISTA DE DESENHOS

| Volume | Identificação dos Desenhos | Página |
|---------------|-----------------------------------|---------------|
| II | DES II.01: Cheia 2000 | 39 |
| | DES II.02: Cheia 2008 | 40 |
| | DES II.03: Cheia 2009 | 41 |

6. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DO MEIO FÍSICO

6.1. ESTUDOS CLIMATOLÓGICOS E HIDROLÓGICOS

Foi considerada a região da bacia hidrográfica do Rio Sapucaí, à montante do município de Pouso Alegre, para os estudos climatológicos e hidrológicos, conforme apresentado nos **Capítulos 2 e 4 do Volume I**.

A área do projeto está situada sob influência dos rios Mandu e Sapucaí-Mirim, que são tributários do rio Sapucaí, integrantes da bacia do rio Grande. O rio Mandu é um rio de Minas Gerais, com nascente em Ouro Fino, no bairro Mandu. Seu leito passa por Ouro Fino, Borda da Mata e Pouso Alegre, com foz no Sapucaí-Mirim, em Pouso Alegre. Trata-se de um rio de grande importância em Borda da Mata. Já o Rio Sapucaí-Mirim é um rio de Minas Gerais que desagua no Rio Sapucaí, nasce na serra da Mantiqueira, passa pelas cidades de Pouso Alegre, Santo Antônio do Pinhal, São Bento do Sapucaí, no estado de São Paulo, e Sapucaí-Mirim, Paraisópolis, Conceição dos Ouros, Cachoeira de Minas e Pouso Alegre, no estado de Minas Gerais, Seus principais afluentes são o Rio Capivari, Itaim, Mandu e o Ribeirão dos Ouros. Ambos os rios constituem-se em cursos d'água de vital importância na área do empreendimento, devido ao uso múltiplo dos seus recursos, principalmente no que diz respeito ao abastecimento humano e industrial, irrigação, dessedentação de animais, diluição, afastamento de despejos e preservação de flora e fauna.

6.1.1. METODOLOGIA

Para os estudos climatológicos e hidrológicos, quatro estações de monitoramento foram estabelecidas nas seções transversais dos rios de toda a área da bacia, na região diretamente afetada. Um resumo informativo da localização dessas estações é apresentado na **Tabela 6.1**.

TABELA 6.1. Estações de monitoramento para o controle climatológico e hidrológico

| Estação | Rio | Latitude [km] | Longitude [km] | Altitude [m] | Área de drenagem [km ²] |
|-------------------------------------|---------------|---------------|----------------|--------------|-------------------------------------|
| Santa Rita | Sapucaí | 7.538.440,0 | 427.434,1 | 814,22 | 3.127 |
| Pouso Alegre-Chapadão | Sapucaí-Mirim | 7.537.353,9 | 405.385,9 | 821,63 | 2.202 |
| Pouso Alegre - Mandu | Mandu | 7.539.213,4 | 401.617,2 | 816,74 | 495 |
| Confluência – Sapucaí/Sapucaí-Mirim | Sapucaí | 7.545.200,0 | 409.600,0 | 813,62 | 5.812 |

Para essas estações foram estabelecidos as seguintes grandezas e procedimentos de diagnósticos e prognósticos:

6.1.1.1. Precipitação

No ciclo hidrológico, sob o ponto de vista de controle de enchentes, a necessidade de diagnósticos consistentes dos níveis de precipitação mensais e anuais na região estudada mostrou-se de evidente importância.

Essa grandeza hidrológica não foi mensurada diretamente, mas sim obtida indiretamente por meio do Método de Thiessen (RIGHETTO, 1998). Isso se deve ao fato de que, para a área diretamente afetada, não existem medições diretas dessa grandeza.

Tal metodologia utiliza postos de medição próximos à área de interesse, por meio da ponderação da influência desses na área delimitada como sendo de interesse de estudo de impactos ambientais diretos.

Os postos de medição próximos utilizados, todos da rede do INPE (Instituto de Pesquisas Espaciais), foram:

- Itajubá;
- Campos de Jordão;
- Machado e
- Monteiro Lobato.

A utilização dos postos do INPE, em detrimento de outros, deveu-se ao fato de que estes proporcionam a coleta de dados a cada três horas. Com os dados das estações próximas e a delimitação da área diretamente afetada, foi calculada a precipitação média sobre esta área, dada por:

$$P_m = \frac{P_1 A_1 + P_2 A_2 + P_3 A_3 + P_4 A_4}{A}$$

Onde: P_m é a precipitação média na área indiretamente afetada em [mm];

$P_1 \dots P_4$ representam as precipitações das estações próximas em [mm];

$A_1 \dots A_4$ representam as áreas de influência das estações próximas em [m²];

A é a área diretamente afetada [m²].

Essas precipitações médias foram estabelecidas para a base anual e também para bases mensais (de Janeiro a Dezembro).

Os tempos de recorrência anuais e mensais foram obtidos por meio das precipitações regionalizadas (obtidas pelo Método de Thiessen) para toda a área diretamente afetada. Esses tempos de retorno foram calculados por ajuste a uma Distribuição Normal (TUCCI, 1997), que é:

$$TR = \sqrt{2\pi\sigma e} \left[\frac{e_{m-\mu}^2}{2\sigma^2} \right]$$

Onde: TR_p é o tempo de retorno para precipitações em [anos] e [meses];

μ é média das precipitações médias (anuais ou mensais) em [mm];

σ é o desvio padrão das precipitações médias (anuais ou mensais) em [mm].

6.1.1.2. Vazão

Para o levantamento da grandeza hidráulica Vazão, de maneira inicial, foi considerado o nível de vazante em cada uma das estações de monitoramento. As vazões foram medidas por meio de dispositivo ultrassônico (*Qliner River Discharge Measurement System*). As características básicas desse equipamento são: faixa de medição de 0 a 8 metros de profundidade, máxima largura do curso d'água de 200 metros e frequência de operação de 2MHz.

O dispositivo forneceu, como dados de saída:

- Campos de velocidade para várias seções ao longo da seção transversal;
- Batimetria da seção hidráulica;
- Vazões unitárias (por unidade de largura);
- Vazão volumétrica, com erros estimativos;
- Valores médios de grandezas hidráulicas, para as seções transversais (velocidade, raio hidráulico, área, perímetro molhado);

Essa grandeza foi obtida por programa computacional próprio do equipamento, por meio da equação da continuidade:

$$Q = \int_A v dA$$

Onde: Q é a vazão volumétrica em $[m^3/s]$;

V representa o campo de velocidades em $[m/s]$;

A é a área da seção transversal do escoamento em $[m^2]$.

6.1.1.3. Declividade dos cursos d'água

O levantamento da declividade dos cursos d'água tornou-se essencial para:

- Estabelecimento das curvas-chave de cada seção das estações de monitoramento;
- Determinação das manchas de inundação para vários tempos de retorno de vazões.

Para esse levantamento, utilizaram-se como equipamentos de medição:

- Estações totais para levantamentos topográficos e
- Sistemas de posicionamento global diferenciais (DGPS).

O método utilizado consistia na:

- alocação georreferenciada de pontos na superfície da linha d'água, ao longo do talvegue;
- elaboração de gráficos que expressavam a relação entre cota altimétrica e distância horizontal entre os pontos coletados;
- utilização de regressão linear nos gráficos citados acima para a obtenção da declividade média do curso d'água no trecho estudado.

A declividade, que é uma relação entre distâncias verticais e horizontais, para cursos d'água, geralmente é expressa em cm/km.

6.1.1.4. Curvas-chave nas estações de monitoramento

Essas curvas são representações gráficas e/ou algébricas da relação entre nível d'água e vazão do escoamento em cada estação de monitoramento. Para facilitação e para que houvesse uma única referência geográfica, o nível d'água foi atrelado a uma cota altimétrica. Para cada estação de monitoramento foi alocado um marco georreferenciado.

As curvas-chave das estações de monitoramento foram traçadas por meio da Equação de Manning (BARBOSA & PIOLTINE, 2004), para essa fase inicial. O ideal seria que essas curvas fossem retratadas por meio da medição direta de nível e vazão; contudo, para que isso fosse feito e, conseqüentemente, houvesse uma calibração das curvas propostas neste trabalho, haveria a necessidade de monitoramento contínuo de grandezas hidrológicas no decorrer dos próximos 20 anos, no mínimo. No **Item 6.1.1.8**, Monitoramento climatológico e hidrológico, foram

abordadas as configurações mínimas para que esse acompanhamento se estabeleça no futuro.

A Equação de Manning pode ser dada como:

$$Q = A \frac{R_h^{2/3} d^{1/2}}{n}$$

Onde: Q é a vazão do escoamento no posto de controle em [m³/s];

A é a área da seção transversal do escoamento em [m²];

R_h é o raio hidráulico da seção em [m];

d é a declividade da linha d'água do escoamento;

n é o fator de atrito de Manning para o trecho da seção do escoamento.

O traçado de curvas-chave obedeceu a procedimento estabelecido por Barbosa & Matos (2004) e Matos (2007), no qual as áreas e os raios hidráulicos, para cada nível d'água, foram calculados por meio de métodos numéricos e programa computacional específico.

No procedimento citado, o fator de Manning foi considerado constante para todos os possíveis níveis em uma dada seção do escoamento, com uma diminuição do atrito à medida que o nível se eleva. O decaimento desse fator só ocorre no limiar de ocupação das calhas secundárias, tornando-se constante a partir desse nível.

6.1.1.5. Tempos de retorno para vazões máximas

Os tempos de retorno ou recorrência, para cada uma das estações de monitoramento, foram obtidos por meio da regionalização da curva de tempo de retorno da seção hidráulica situada no Rio Sapucaí, Bairro Santa Rosa, em Itajubá.

Os tempos de retorno para a seção Santa Rosa foram calculados pelo Ajuste de Gumbel (PINHEIRO, 2005):

$$TR = \frac{1}{1 - e^{-e^{\frac{Q - \mu + 0,45\sigma}{0,78\sigma}}}}$$

Onde: TR é o tempo de retorno para vazões máximas em [anos];

Q são as vazões para um período de 1874 a 2007 em [m³/s];

μ é média das vazões máximas para o período considerado em [m³/s];

σ é o desvio padrão das vazões máximas para o período em [m³/s].

Para a transformação dos tempos de retorno dessa seção, calculada para as quatro estações de monitoramento mencionadas na **Tabela 6.1**, foi utilizada a seguinte relação:

$$TR_n = f\left(\frac{A_{\text{drenagem } n}}{A_{\text{drenagem Santa Rosa}}}, TR_{\text{Santa Rosa}}\right)$$

Onde: TR_n é o tempo de retorno para cada um dos estações de monitoramento em [anos];

$TR_{\text{Santa Rosa}}$ é o tempo de retorno para a seção Santa Rosa em [anos];

A_n é a área de drenagem para cada uma das estações de monitoramento em [km^2];

$A_{\text{Santa Rosa}}$ é a área de drenagem para a seção Santa Rosa, igual a 868 km^2 ;

A funcionalidade expressa na equação acima se deu pela correção das vazões máximas obtidas para a estação da Santa Rosa por meio da relação entre as áreas de drenagem dessa estação e cada uma das quatro estações de monitoramento da área diretamente afetada. O tempo de retorno para cada vazão máxima de Santa Rosa foi considerado o mesmo para a nova vazão máxima das estações retratadas.

6.1.1.6. Efeitos de remanso

Os efeitos de remanso poderiam ser significativos para os casos de obstruções; sendo que, para o estudo realizado, as preponderantes são as pontes. Essas estruturas geralmente pouco representam em termos de resistência ao escoamento, principalmente se os maiores níveis d'água só atingem os barramentos de sustentação em casos esporádicos. Ainda assim, o efeito de diminuição da carga cinética do escoamento foi estudado por meio da Equação da linha d'água para escoamentos gradualmente variados (CHOW, 1959; CHOW et al., 1988), que é:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{S - S_f}{1 - Fr^2}$$

Onde: y é a profundidade do escoamento para uma posição longitudinal x , em [m];

S é a declividade da linha de energia do escoamento;

S_f é a declividade do fundo do canal;

Fr é o número de Froude do escoamento, para uma posição longitudinal.

Para o cálculo da profundidade da linha d'água foi considerado que toda a carga cinemática do escoamento seja nula junto às pontes. Com isso, o cálculo teve como ponto de partida a seção na qual se encontrava a obstrução e, nela, toda a energia, em relação ao fundo do canal, seria apenas de carga piezométrica (a velocidade, por conseguinte, nula).

$$E_c = \alpha \frac{\bar{V}^2}{2g}$$

Onde: E_c é a carga cinemática (ou energia cinética do escoamento em [J/kg]);

α é o coeficiente de Coriolis na seção do escoamento;

\bar{V} é a velocidade média na seção transversal em estudo, em [m/s];

g é a aceleração da gravidade em [m/s²],

A Equação da linha d'água foi resolvida, para as pontes do Rio Sapucaí Mirim e Mandu, utilizando o método de diferenças finitas com definição das coordenadas x-y na direção à montante da obstrução.

6.1.1.7. Sólidos em suspensão

A análise do fluxo de sólidos em suspensão, para todas as estações de monitoramento da bacia do Rio Sapucaí mostradas na **Tabela 6.2**, deu-se por meio do seguinte procedimento:

- para cada posto de controle foram coletadas, ao longo da seção transversal, 6 amostras de 600 mL de água. Essas amostragens foram realizadas ao longo de verticais (igualmente espaçadas) na seção transversal;
- de cada amostra de 600 mL de água foram retiradas 3 sub-amostras contendo 50 mL cada;
- essas amostras de menor volume submeteram-se a processos de evaporação em fornos mufla;
- o resultado da evaporação total da água de cada sub-amostra foi identificado como sendo sólidos em suspensão totais – o termo totais significa a presença de sólidos orgânicos e inorgânicos. A fração resultante da evaporação seria expressa em miligramas por litro de sólidos totais, ou seja: $S = S_i + S_o$.
- ainda no forno mufla, a parcela orgânica foi levada à combustão, resultando daí, somente sólidos inorgânicos, novamente expressos em mg/L;
- o fluxo de sólidos (sua vazão mássica), tanto orgânicos quanto inorgânicos, foi obtido por:

$$\dot{m} = 0,001QS$$

Onde: \dot{m} é a vazão mássica de sólidos em suspensão em [kg/s];

Q é vazão volumétrica de água em [m³/s];

S é fração específica de sólidos em suspensão em [mg/L].

TABELA 6.2. Locais de amostragem para o levantamento de descarga sólida em suspensão

| Rio | Logradouro | Leste [m] | Norte [m] |
|----------------|--------------------------------------|-----------|-----------|
| Anhumas | Nascente | 453.856 | 7.512.124 |
| Anhumas | Confluência com Sapucaí | 451.926 | 7.520.004 |
| Bicas | Bairro Santana | 460.738 | 7.511.087 |
| José Pereira | Nascente | 461.245 | 7.520.000 |
| José Pereira | Igreja São Francisco | 456.460 | 7.521.500 |
| José Pereira | Bairro Pinheirinho | 453.100 | 7.520.250 |
| Lourenço Velho | Bairro da Barra | 473.465 | 7.525.455 |
| Lourenço Velho | Bairro do Rio Manso | 466.330 | 7.526.260 |
| Lourenço Velho | Bairro Ano Bom | 459.640 | 7.525.050 |
| Piranguçu | Nascente | 440.100 | 7.503.600 |
| Piranguçu | Confluência com Sapucaí | 449.289 | 7.520.720 |
| Santo Antônio | Delfim Moreira | 470.589 | 7.510.778 |
| Santo Antônio | Confluência com Sapucaí | 460.397 | 7.514.064 |
| Santo Antônio | Bairro Água Limpa | 462.194 | 7.515.253 |
| Santo Antônio | Delfim Moreira | 470.607 | 7.510.781 |
| Sapucaí | Bairro dos Borges | 453.005 | 7.504.212 |
| Sapucaí | Antes confluência com Santo Antônio | 460.322 | 7.513.526 |
| Sapucaí | Depois confluência com Santo Antônio | 460.145 | 7.514.150 |
| Sapucaí | Bairro Santa Rosa – COPASA | 456.038 | 7.518.044 |
| Sapucaí | Bairro Pessegueiro | 449.124 | 7.521.698 |
| Sapucaí | Olegário Maciel | 440.001 | 7.531.175 |
| Sapucaí | Bairro dos Borges | 452.764 | 7.503.851 |
| Sapucaí | Bairro Cantagalo | 459.694 | 7.514.377 |
| Sapucaí | Bairro Santa Rosa | 456.368 | 7.517.783 |
| Vargem Grande | Brasópolis - COPASA | 436.060 | 7.513.139 |
| Vargem Grande | Antes do Córrego do Teodoro | 436.847 | 7.523.223 |
| Vargem Grande | Depois do Córrego do Teodoro | 436.811 | 7.523.184 |
| Vargem Grande | Confluência | 431.587 | 7.535.709 |

6.1.1.8. Monitoramento climatológico e hidrológico

O monitoramento climatológico e hidrológico fará parte de um sistema mais amplo, a partir de convênio a ser firmado entre a UNIFEI, a Prefeitura Municipal de Pouso Alegre e/ou COPASA. Esse sistema, cujas instalações são em número de 19 unidades, pode ser visualizado na **Figura 6.1**.

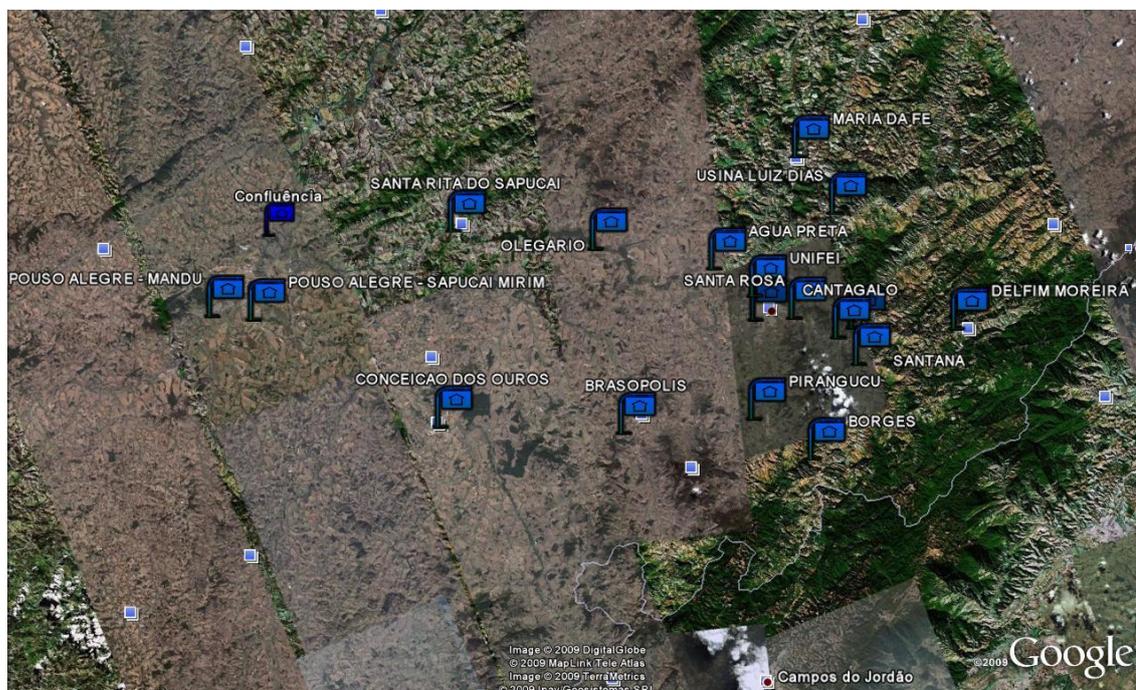


FIGURA 6.1. Sistema de monitoramento de enchentes do Alto Sapucaí

O sistema foi originalmente proposto para o monitoramento de enchentes para o vale do Alto Sapucaí e tem todas as partes estruturais montadas (exceção feita à estação de monitoramento na confluência dos rios Sapucaí-mirim e Sapucaí). Ainda em fase de implantação das partes de medição e telemetria (MATTOS, 2004), já consta com 6 unidades em pleno funcionamento, à montante da cidade de Itajubá.

As quatro estações de monitoramento propostas no presente estudo constam desse sistema global. Na **Figura 6.2** mostram-se as estações de monitoramento a serem usadas como instrumentos de suporte ao sistema de contenção de cheias em Pouso Alegre.



FIGURA 6.2. Estruturas para o Sistema de monitoramento de enchentes do Alto Sapucaí, nas localidades dos rios Mandu (acima) e Sapucaí-mirim (abaixo)

Nas estações de monitoramento serão acompanhadas as seguintes grandezas:

- Nível dos rios (e, por conseguinte, vazão);
- Precipitação;
- Sistema multiparâmetros para qualidade da água, com medição contínua de:
 - pH;
 - oxigênio dissolvido;
 - condutividade;
 - sólidos totais dissolvidos;
 - temperatura;
 - turbidez;
 - potencial redox.

As estações de monitoramento servirão para o estabelecimento de estados de gerenciamento de enchentes, conforme a **Tabela 6.3**.

TABELA 6.3. Estados de gerenciamento de enchentes

| Estado | Caracterização | Ação |
|---------------|--|--|
| ATENÇÃO | Configurado pela consistência e duração das chuvas, com a conseguinte mobilização de medição contínua nas estações de monitoramento | <ul style="list-style-type: none"> • Aviso à Defesa Civil • Comunicação à imprensa (se permitido pela Defesa Civil) • Deslocamento para as estações de monitoramento |
| ALERTA | Estabelecido se houver a grande probabilidade de qualquer extravazão dos rios Sapucaí, Sapucaí-Mirim e Mandu nos bairros mais baixos | <ul style="list-style-type: none"> • Mobilização total do Corpo de bombeiros e Exército • Comunicação à imprensa (se permitido pela Defesa Civil) • Notificação à população atingida • Preparação dos portos secos/UBS |
| EMERGÊNCIA | Para o caso de uma cheia generalizada na cidade | <ul style="list-style-type: none"> • Mesmas que o estado de ALERTA • Sugestão de decretação de calamidade pública |

6.1.1.9. Manchas de inundação

Segundo Silva (2006), o programa computacional utilizado para a elaboração de manchas de inundação foi o SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas). Ele é um SIG com funções de processamento de imagens, análise espacial, modelagem numérica de terreno e consulta a banco de dados espaciais

De acordo com o Manual SPRING Básico (<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/manuais.html>), disponibilizado na Internet pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, o produto SPRING é um banco de dados geográficos de segunda geração, para ambientes UNIX e Windows, com as seguintes funções:

- Opera como um banco de dados geográficos sem fronteiras e suporta grande volume de dados (sem limitações de escala, projeção e fuso), mantendo a identidade dos objetos geográficos ao longo de todo banco;
- Administra tanto dados vetoriais como dados matriciais (*raster*) e realiza a integração de dados de Sensoriamento Remoto em um SIG;
- Provê um ambiente de trabalho amigável e poderoso, através da combinação de menus e janelas com uma linguagem espacial facilmente programável (LEGAL - Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico);
- Consegue escalonabilidade completa, ou seja, é capaz de operar com toda sua funcionalidade em ambientes que variam desde microcomputadores a estações de trabalho RISC de alto desempenho.

O SPRING é baseado em um modelo de dados orientado a objetos, do qual são derivadas sua interface de menus e a linguagem espacial LEGAL. Algoritmos inovadores, como os utilizados para indexação espacial, segmentação de imagens e geração de grades triangulares, garantem o desempenho adequado para as mais variadas aplicações. Projetado para a plataforma RISC e interface gráfica padrão OSF Motif, o SPRING apresenta interface altamente interativa e amigável, além de documentação on-line, ambas escritas em português, facilitando extremamente sua utilização e suporte.

Baseado nessas características, o SPRING tem se mostrado uma opção altamente atrativa na área de geoprocessamento, pois passa a ser considerado um *software* de domínio público, podendo ser adquirido pela Internet.

Entre as diversas possibilidades oferecidas pelo SPRING, a modelagem numérica é uma ferramenta robusta que permite a manipulação de mapas contendo amostras (isolinhas e pontos cotados). Permite a importação dessas isolinhas e pontos cotados que se encontram em formato DXF, além da geração de grades e elaboração de diversos produtos, como mapas altimétricos.

Dentre as muitas funções oferecidas pelo SPRING, uma delas permite delimitar uma região que pode ser inundada sob determinadas condições, ou seja, permite a elaboração de Manchas de Inundação.

As informações utilizadas para a elaboração das manchas foram:

- Altimetria da área de estudo estruturada em uma grade regular retangular. A partir de mapas altimétricos da área a ser analisada, foram gerados modelos numéricos de terreno – MNT, de grade regular retangular. Quanto menor os espaçamentos entre as células, melhor o resultado e maior o tempo de processamento.
- Rede Hidrográfica: Cada rio foi representado por uma única linha que era um objeto cadastral no SPRING. Esse objeto teve um atributo que continha o nome do rio, informação necessária para vincular cada rio ao conjunto correspondente de cotas de inundação arquivado em arquivo próprio.
- Cotas de Inundação: Os valores relativos às cotas de inundação foram gerados a partir de dados históricos de cheias, declividade dos cursos d'água e das curvas-chave dos rios Sapucaí-Mirim e Mandu. O arquivo gerado é composto de três colunas assim discriminadas: nome do rio, valor da cota de inundação, considerando o valor da altimetria do local, e a posição das cotas de inundação, sobre os rios (distância do ponto mais a jusante).

A ideia básica utilizada na delimitação da mancha de inundação é a expansão da mancha a partir das cotas de inundação. O método proposto utiliza um processo simples de interpolação, por vizinho mais próximo. Para cada posição do terreno, o método busca a cota de inundação mais próxima e compara o valor da cota com o valor de altimetria daquela posição. Caso a altimetria tenha valor menor ou igual ao valor da cota, naquela posição haverá inundação. Os passos listados a seguir mostram como é realizado este procedimento.

1. Uniformização da representação vetorial dos rios;
2. Determinação da posição de cada cota de inundação na representação vetorial do rio correspondente;
3. Interpolação de novas cotas de inundação;
4. Delimitação da mancha de inundação a partir das cotas de inundação originais e interpoladas.

O primeiro resultado é a grade de inundação gerada diretamente pelo processo de expansão descrito anteriormente. Outro resultado é a criação de um plano de informação temático que permite ao especialista visualizar o resultado de forma mais amigável, em relação à grade de inundação.

Outra forma de mostrar o resultado é por meio de um fatiamento que cria um plano de informação temático com mais de uma classe. Dessa forma, pode-se

melhorar a análise visual em termos do crescimento da mancha de inundação e não somente em relação à área por ela abrangida.

Para se elaborar uma mancha de inundação usando os programas AutoCad e SPRING pode-se seguir o esquema apresentado na **Figura 6.3**. O tempo de processamento consumido na geração das manchas é variável, considerando a quantidade de dados, o computador utilizado, o tipo de dados e a metodologia empregada.

Os arquivos com as curvas de nível tinham entre 70 a 250 MB. Neste trabalho foram usados três computadores com configurações diferentes. Os programas foram executados em todos eles, sendo a principal diferença o tempo de processamento de algumas tarefas, variando de 5 minutos a 5 horas na geração de grades.

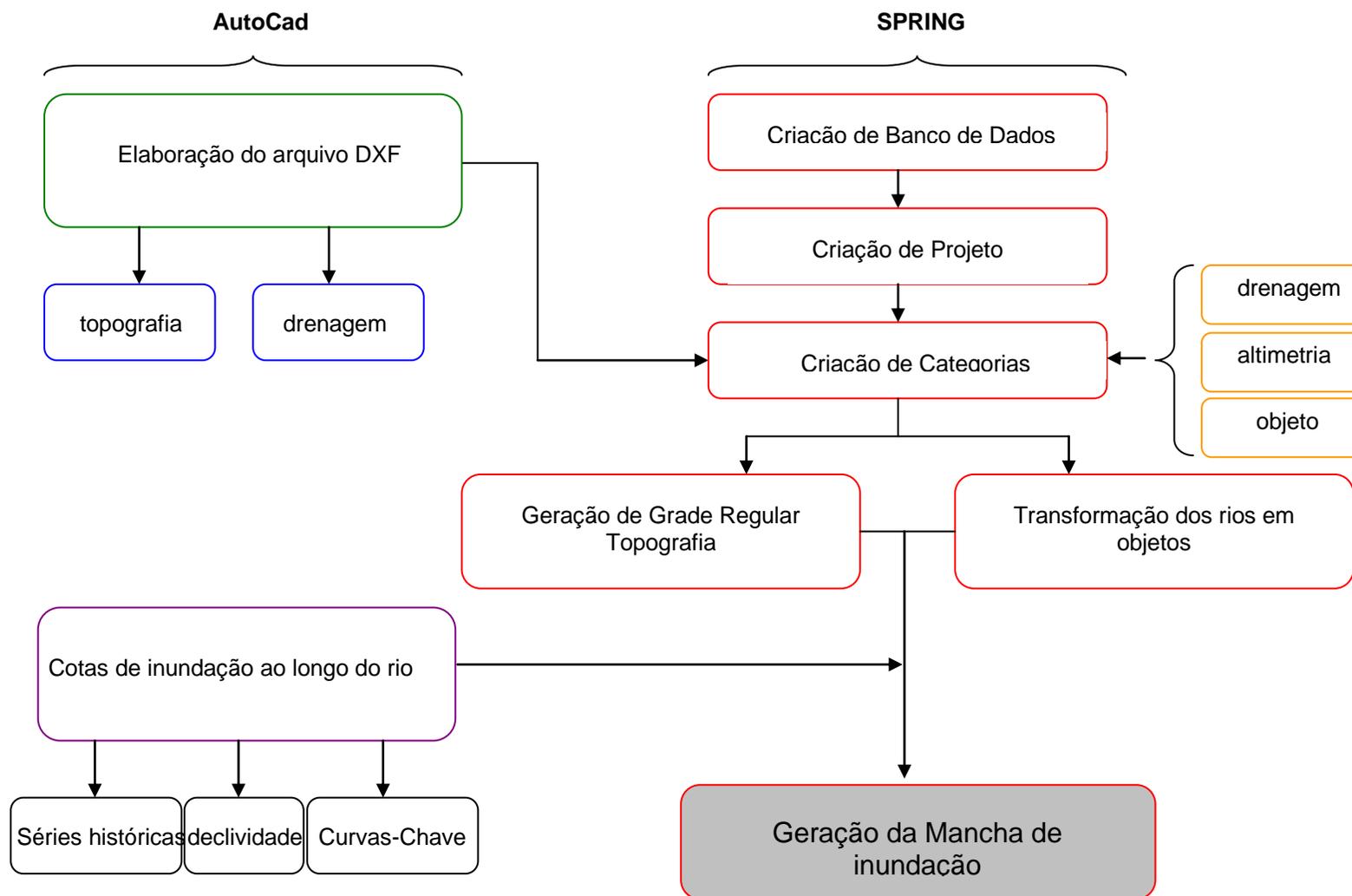


FIGURA 6.3. Fluxograma para elaboração de Mancha de Inundação.

Fonte: Silva (2006)

6.1.2. DIAGNÓSTICOS HIDROLÓGICOS E CLIMATOLÓGICOS

Para a região indiretamente afetada foram medidas e calculadas as seguintes grandezas:

6.1.2.1. Precipitação

Na **Figura 6.4** foi apresentada a divisão da área indiretamente afetada pelo projeto com as respectivas influências das medições de pluviometria nas estações de Itajubá, Campos do Jordão, Guaratinguetá e Monteiro Lobato. Na **Figura 6.5** retrataram-se os valores médios mensais de precipitação na Bacia Hidrográfica do rio Sapucaí; e na **Figura 6.6** foram apresentados, para o período de 1998 a 2009, os valores regionalizados de precipitação para cada mês do ano.

A caracterização do regime de chuvas na região segue um padrão esperado: um período chuvoso – de Outubro a Março – e outro mais seco – de Abril a Setembro.

O tratamento estatístico sobre as precipitações na região poderão apresentar resultados mais consistentes a partir do momento em que novas estações de monitoramento forem implantadas.

Ademais, uma boa correlação entre altos valores de precipitação - principalmente nos meses de Dezembro, Janeiro e Fevereiro – e possíveis cheias provenientes desse excesso de chuvas, poderá advir com a implantação de sistemas de monitoramento confiáveis.

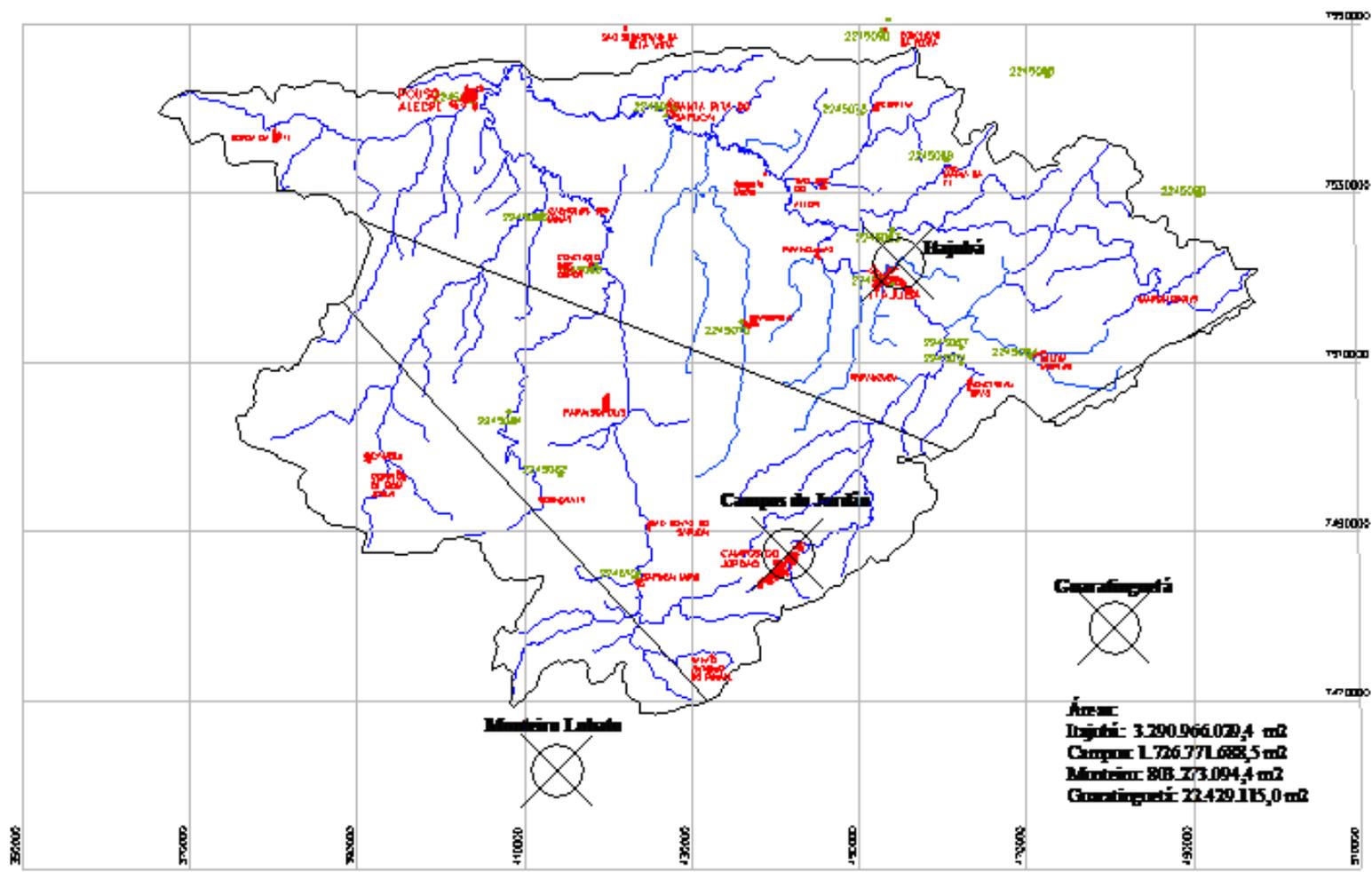


FIGURA 6.4. Áreas de influência das estações pluviométricas no contexto da bacia hidrográfica do Rio Sapucaí

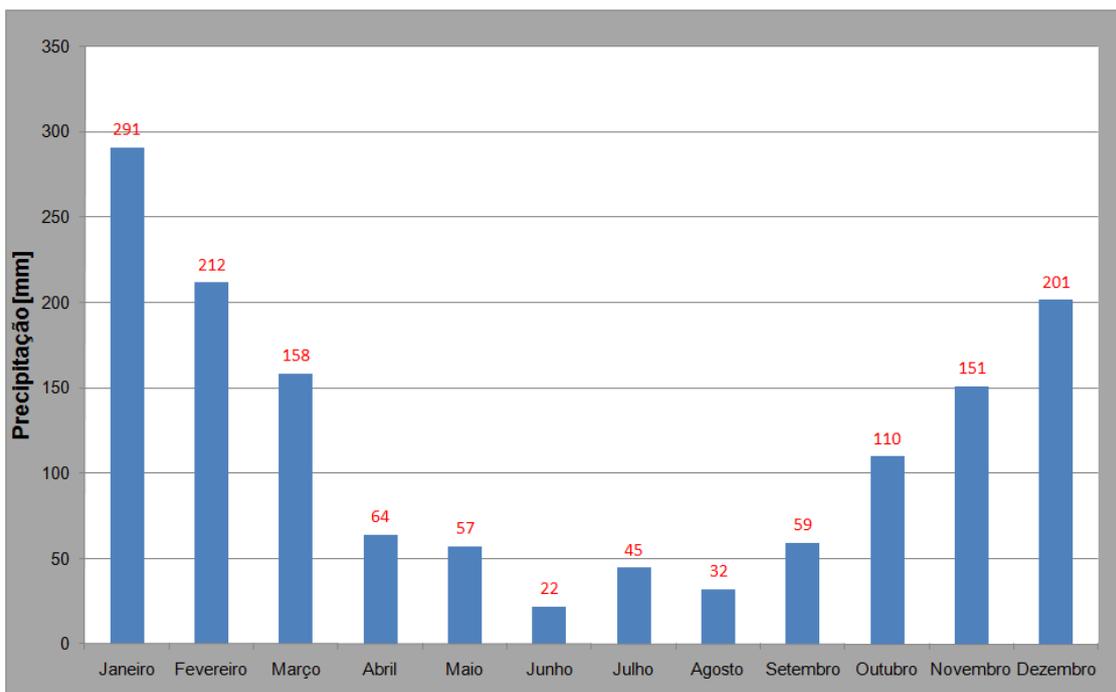


Figura 6.5. Precipitações médias mensais para a Bacia do Rio Sapucaí

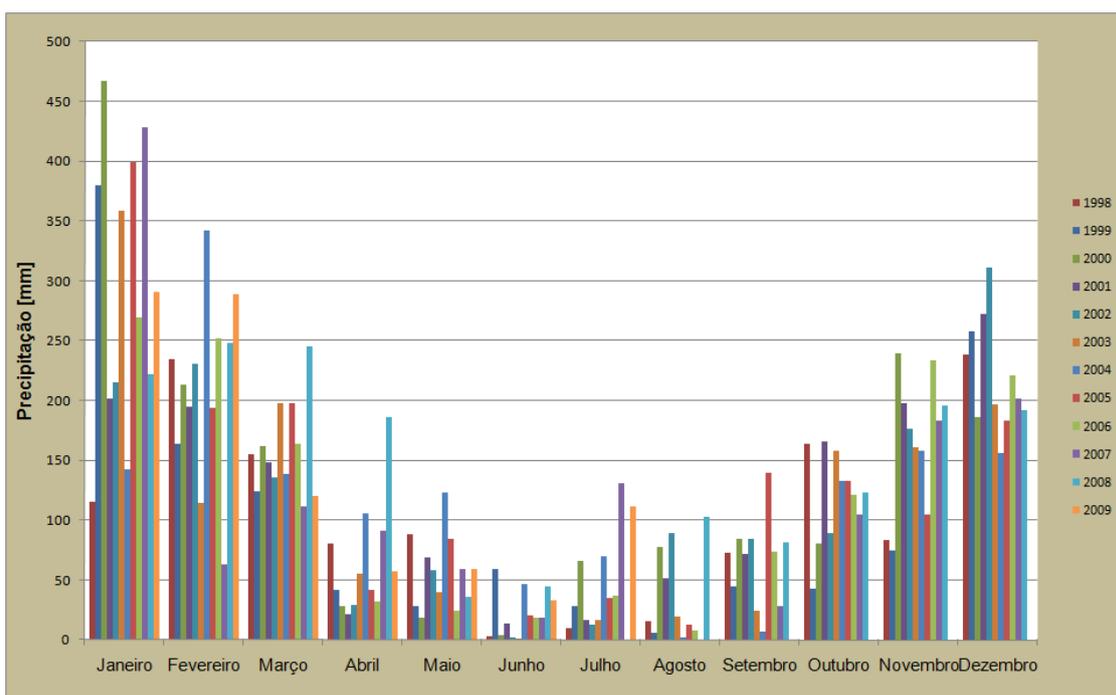


Figura 6.6. Precipitações mensais para o período 1998-2009 na Bacia do Rio Sapucaí

Os tempos de retorno anuais e mensais foram apresentados nas **Figuras 6.7, 6.8, 6.9 e 6.10.**

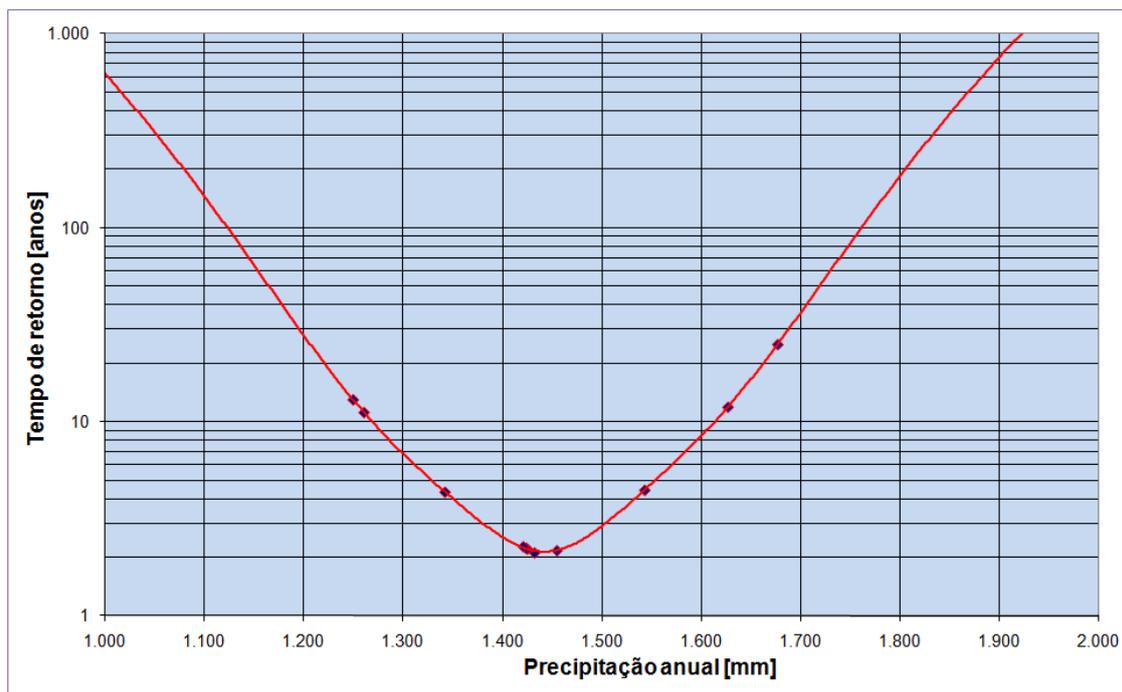


FIGURA 6.7. Tempo de retorno para precipitações anuais na Bacia do Rio Sapucaí

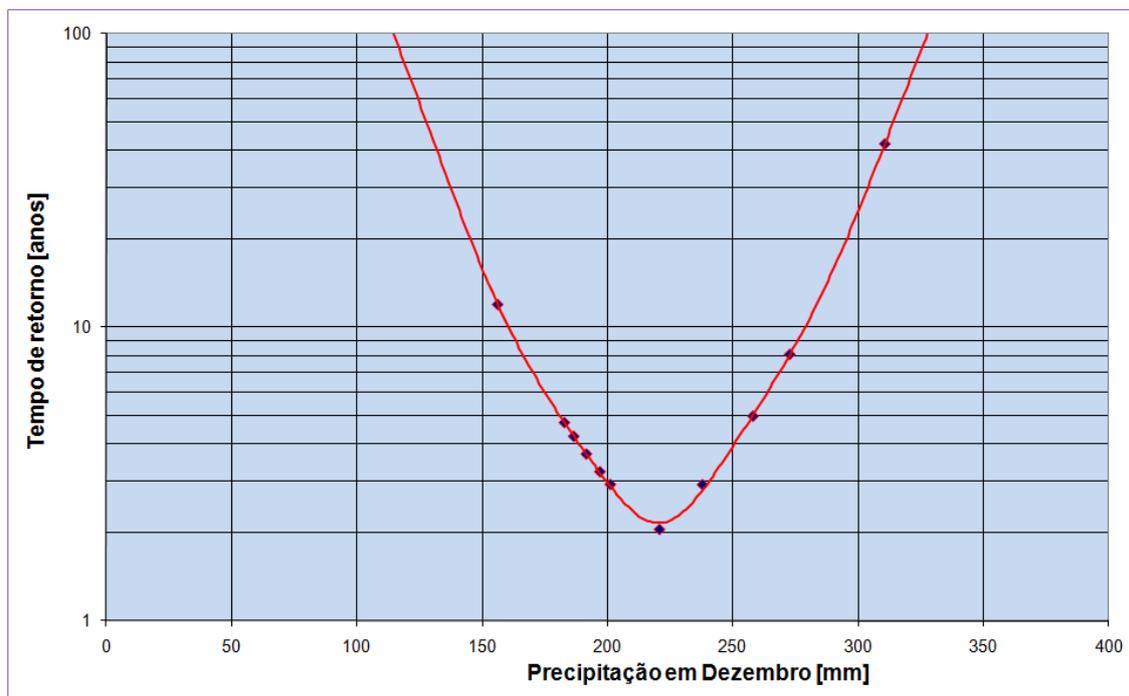


FIGURA 6.8. Tempo de retorno para precipitações mensais (Dezembro) na Bacia do Rio Sapucaí

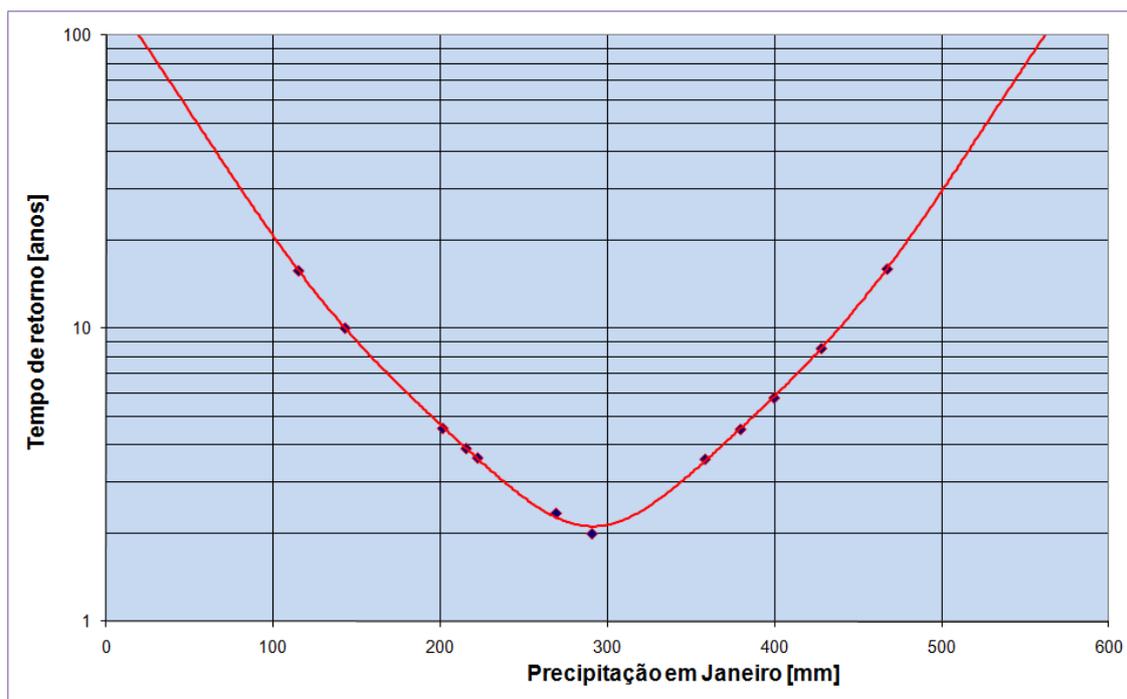


FIGURA 6.9. Tempo de retorno para precipitações mensais (Janeiro) na Bacia do Rio Sapucaí

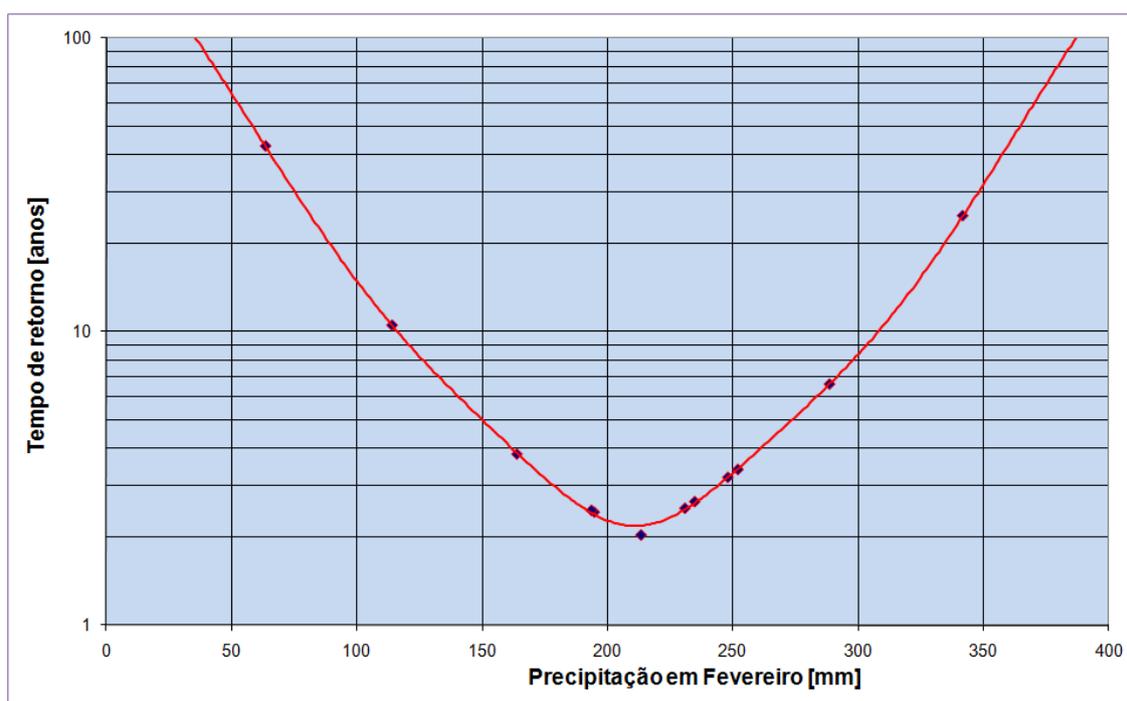


FIGURA 6.10. Tempo de retorno para precipitações mensais (Fevereiro) na Bacia do Rio Sapucaí

Percebeu-se, pelos gráficos referentes aos meses de Dezembro, Janeiro e Fevereiro que há uma forte correlação entre chuvas (ou secas) mais intensas nos meses de Janeiro e Fevereiro do que no mês de Dezembro: a curva de tempo de retorno para

esse último mês do ano é mais “fechada” que as outras duas, indicando que para eventos mais severos há a necessidade de se ter maiores tempos de recorrência para eles.

6.1.2.2. Vazão

Anteriormente à apresentação dos valores de vazões nas seções transversais, foram apresentados os perfis topobatimétricos dessas seções, pois o cálculo de descarga depende diretamente desses dados topográficos. Nas **Figuras 6.11, 6.12, 6.13 e 6.14** são mostrados estes perfis para as quatro estações de monitoramento.

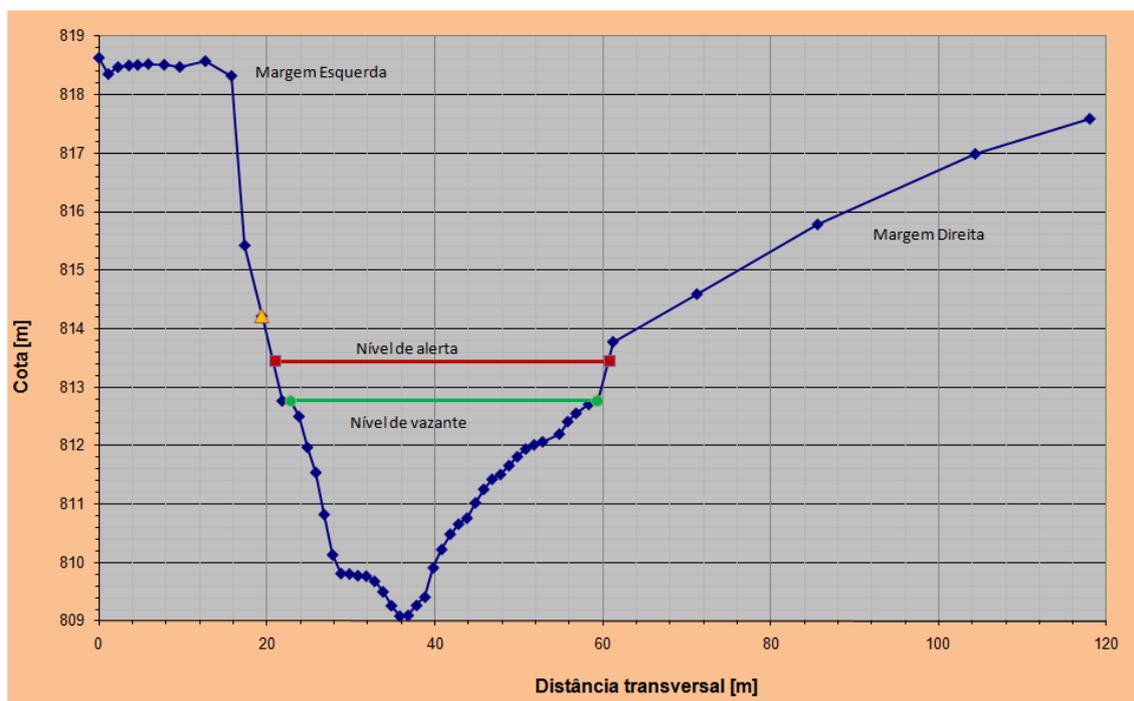


FIGURA 6.11. Perfil topobatimétrico da seção em Santa Rita do Sapucaí

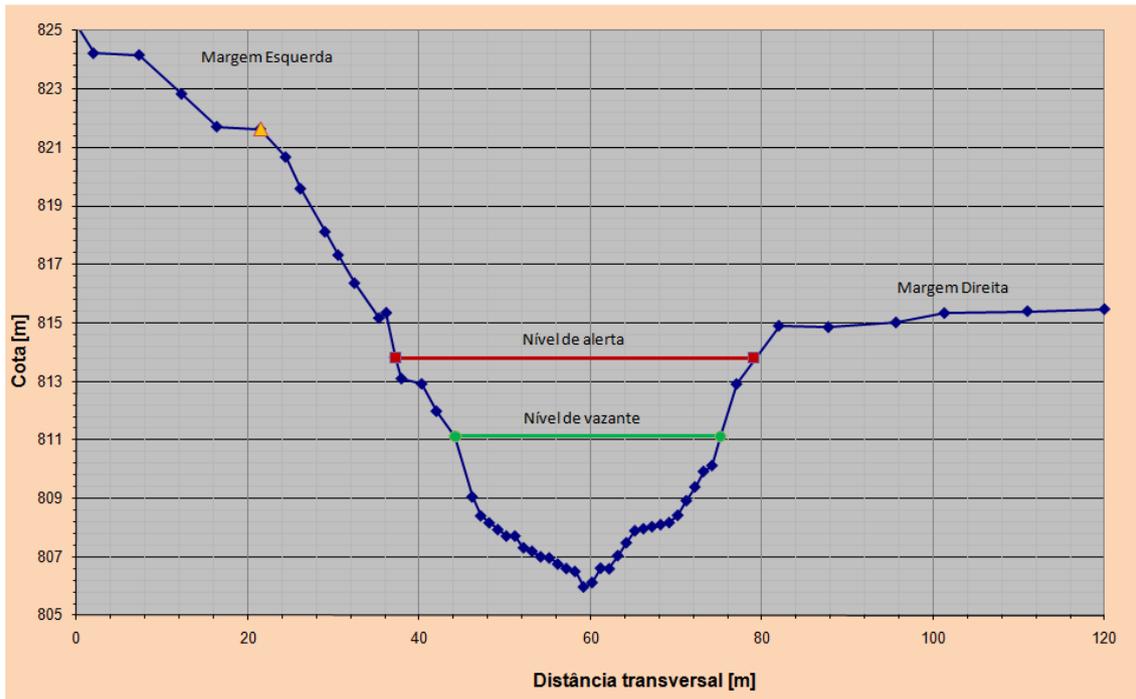


FIGURA 6.12. Perfil topobatimétrico da seção no Chapadão

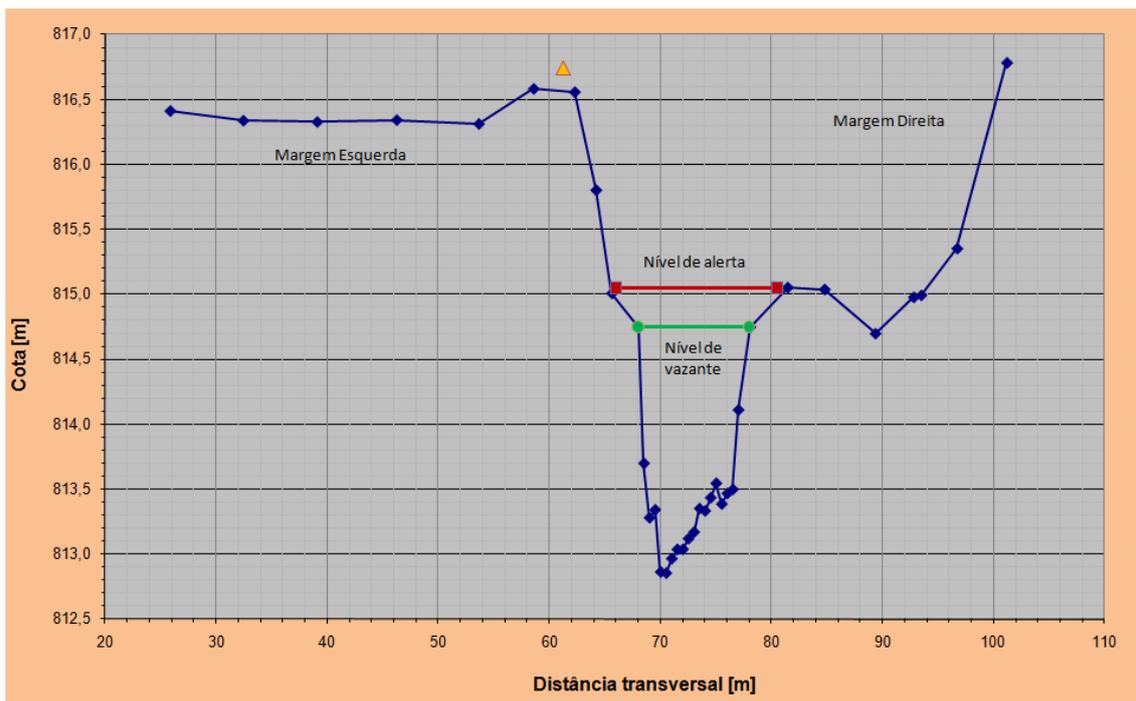


FIGURA 6.13. Perfil topobatimétrico da seção no Rio Mandu

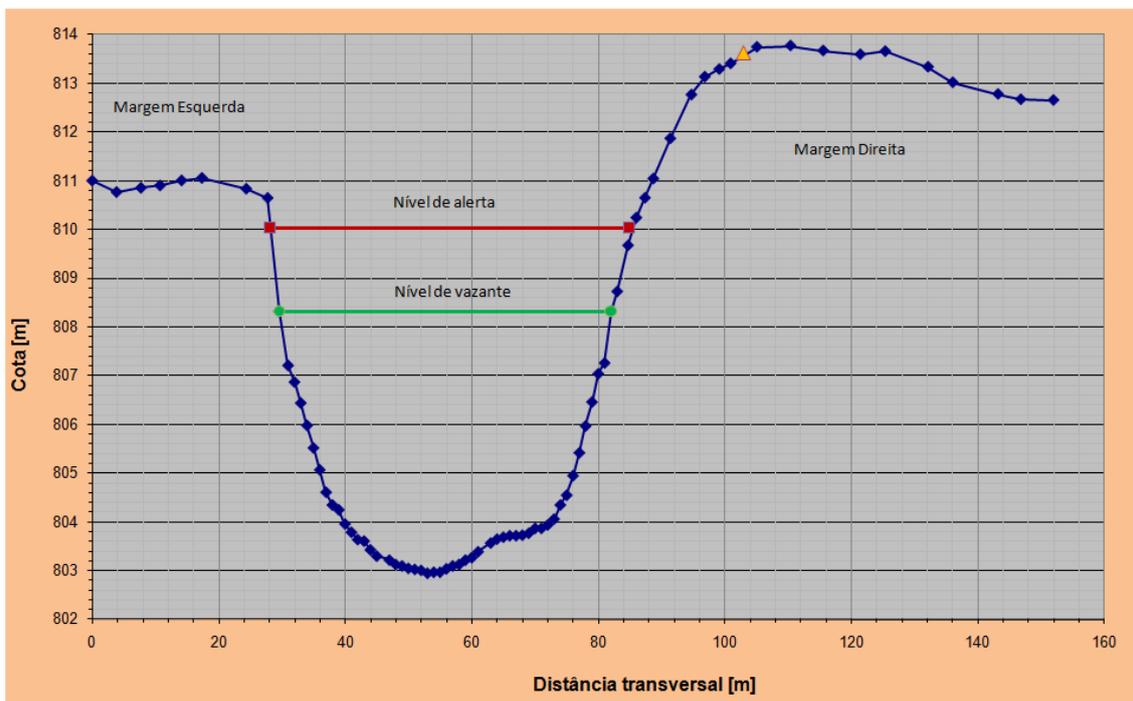


FIGURA 6.14. Perfil topobatimétrico da seção na confluência dos rios Sapucaí e Sapucaí-Mirim

Nas Figuras 6.15, 6.16, 6.17 e 6.18 evidenciaram-se as saídas gráficas do equipamento Qliner (para obtenção de vazões para os níveis de vazante). Essas saídas foram: velocidades médias, vazões unitárias (por unidade de largura), vazões por segmento da seção transversal e batimetria da seção.

Site: : THALES SRS
 Operator: : amc
 Date/Time : 21-07-2009 12:15:23 -> 13:11:53
 Discharge(m^3/s) : 35.457 +/- 0.29
 Width(m) : 35.00 Mean Velocity(m/s) : 0.413
 Area(m^2) : 85.910 Mean depth(m) : 2.45
 Gauge Start: : 0.00 End: : 0.00
 Section method: : MID Measure method: : Powerlaw
 Surface Factor: : -- Ice Factor: : --

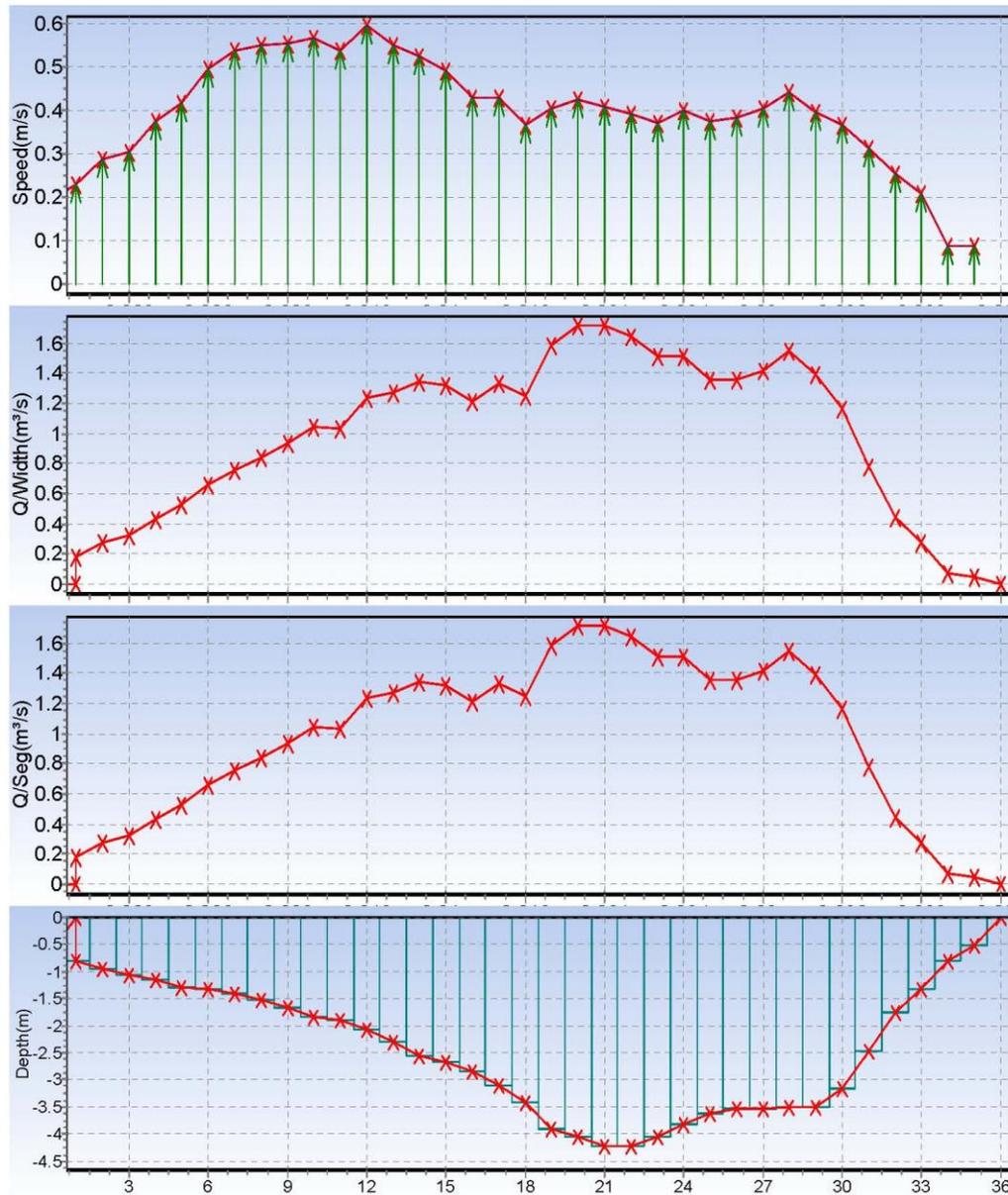


FIGURA 6.15. Características hidráulicas da seção em Santa Rita do Sapucaí

Site: : CHAPADAO
 Operator: : amc
 Date/Time : 28-07-2009 11:35:01 -> 12:19:07
 Discharge (m³/s) : 41.774 +/- 0.34
 Width (m) : 31.00 Mean Velocity (m/s) : 0.418
 Area (m²) : 99.960 Mean depth (m) : 3.22
 Gauge Start: : 0.00 End: : 0.00
 Section method: : MID Measure method: : Powerlaw
 Surface Factor: : -- Ice Factor: : --

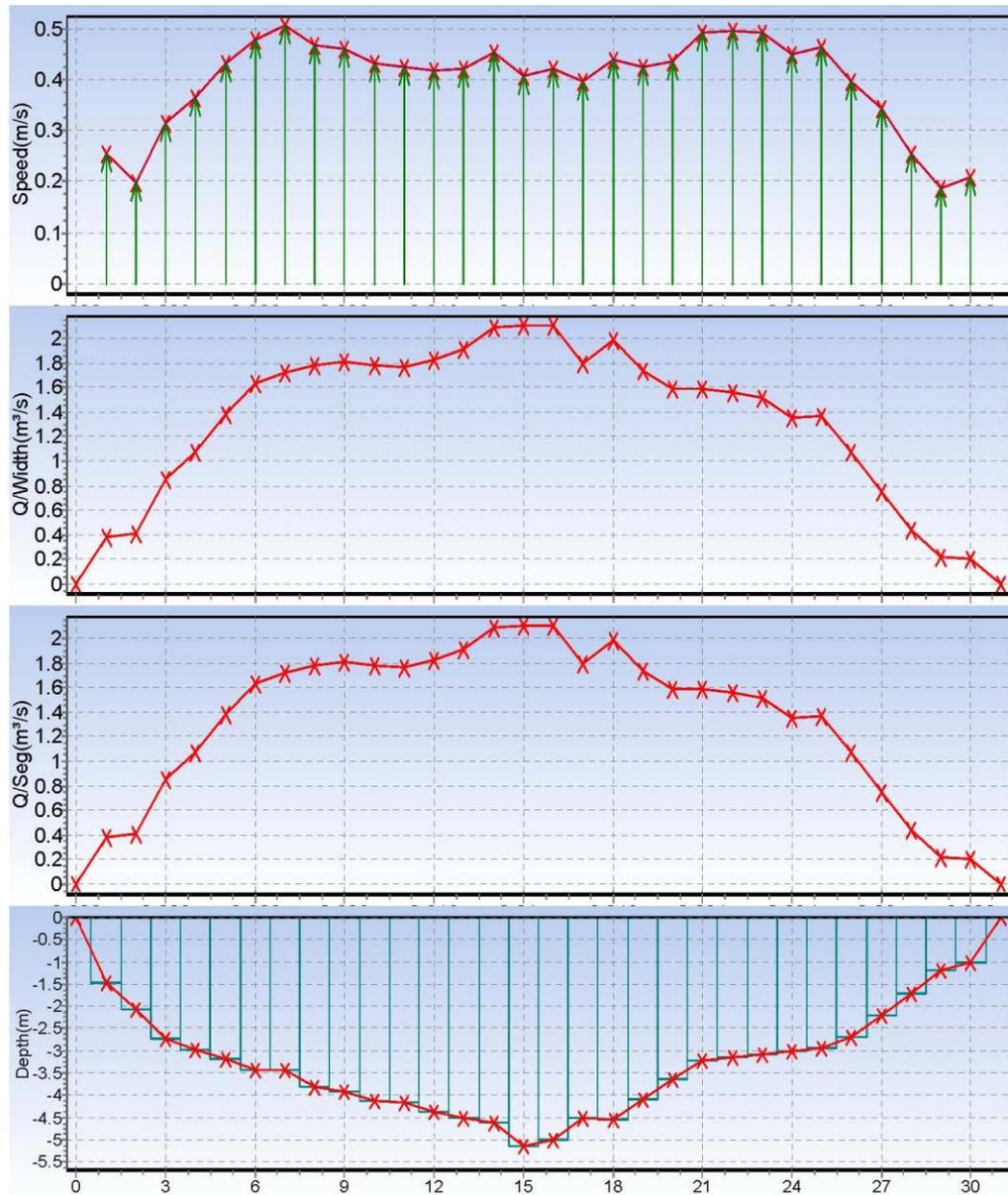


FIGURA 6.16. Características hidráulicas da seção no Chapadão

Site: : MANDU
 Operator: : AMC
 Date/Time : 28-07-2009 14:17:23 -> 14:44:38
 Discharge(m³/s) : 5.183 +/- 0.06
 Width(m) : 10.00 Mean Velocity(m/s) : 0.391
 Area(m²) : 13.255 Mean depth(m) : 1.33
 Gauge Start: : 0.00 End: : 0.00
 Section method: : MID Measure method: : Powerlaw
 Surface Factor: : -- Ice Factor: : --

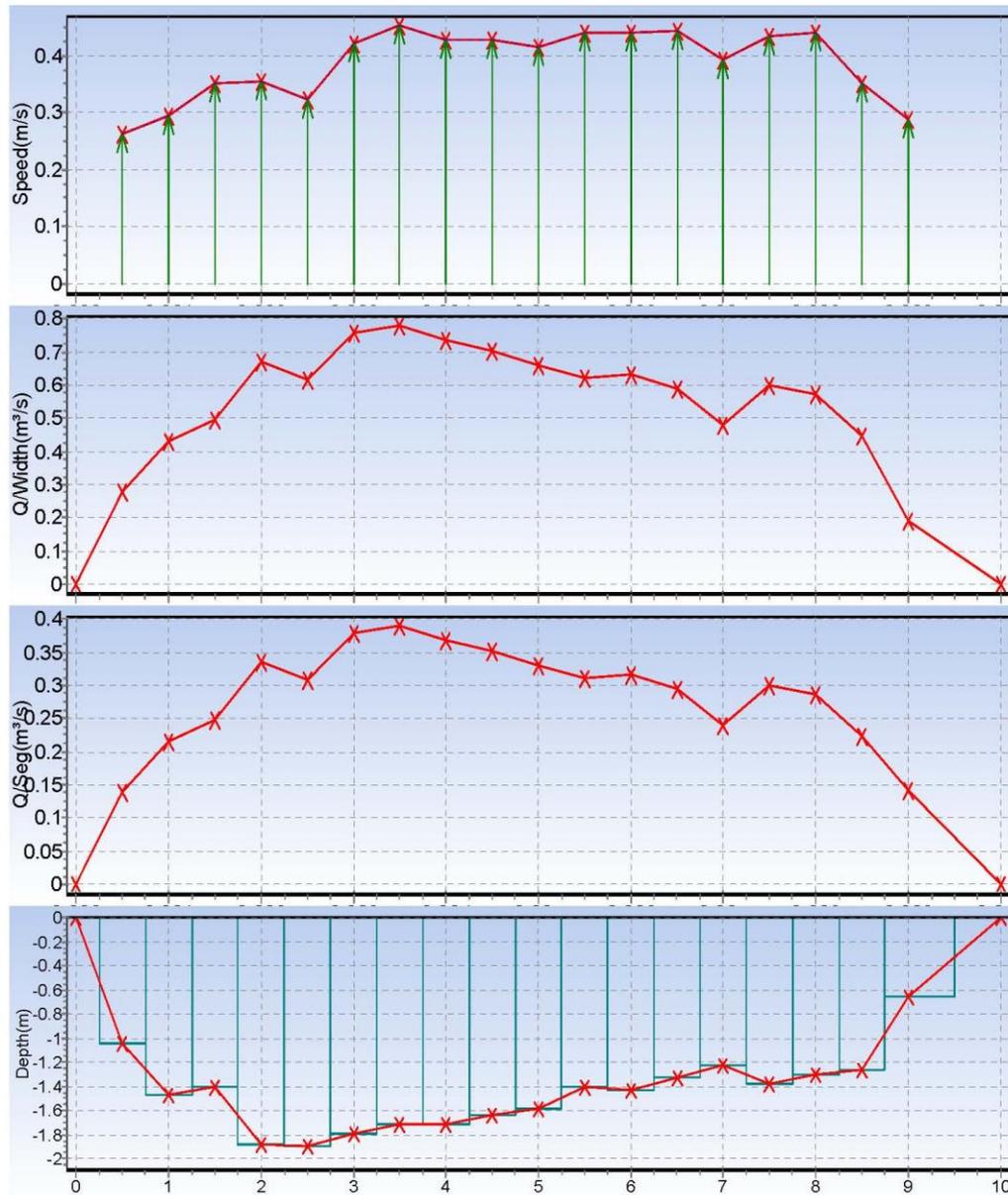


FIGURA .6.17. Características hidráulicas da seção no Rio Mandu

Site: : SAPUCAI
 Operator: : amc
 Date/Time : 22-08-2009 10:44:48 -> 12:39:17
 Discharge(m³/s) : 113.972 +/- 0.63
 Width(m) : 52.50 Mean Velocity(m/s) : 0.539
 Area(m²) : 211.637 Mean depth(m) : 4.03
 Gauge Start: : 0.00 End: : 0.00
 Section method: : MID Measure method: : Powerlaw
 Surface Factor: : -- Ice Factor: : --

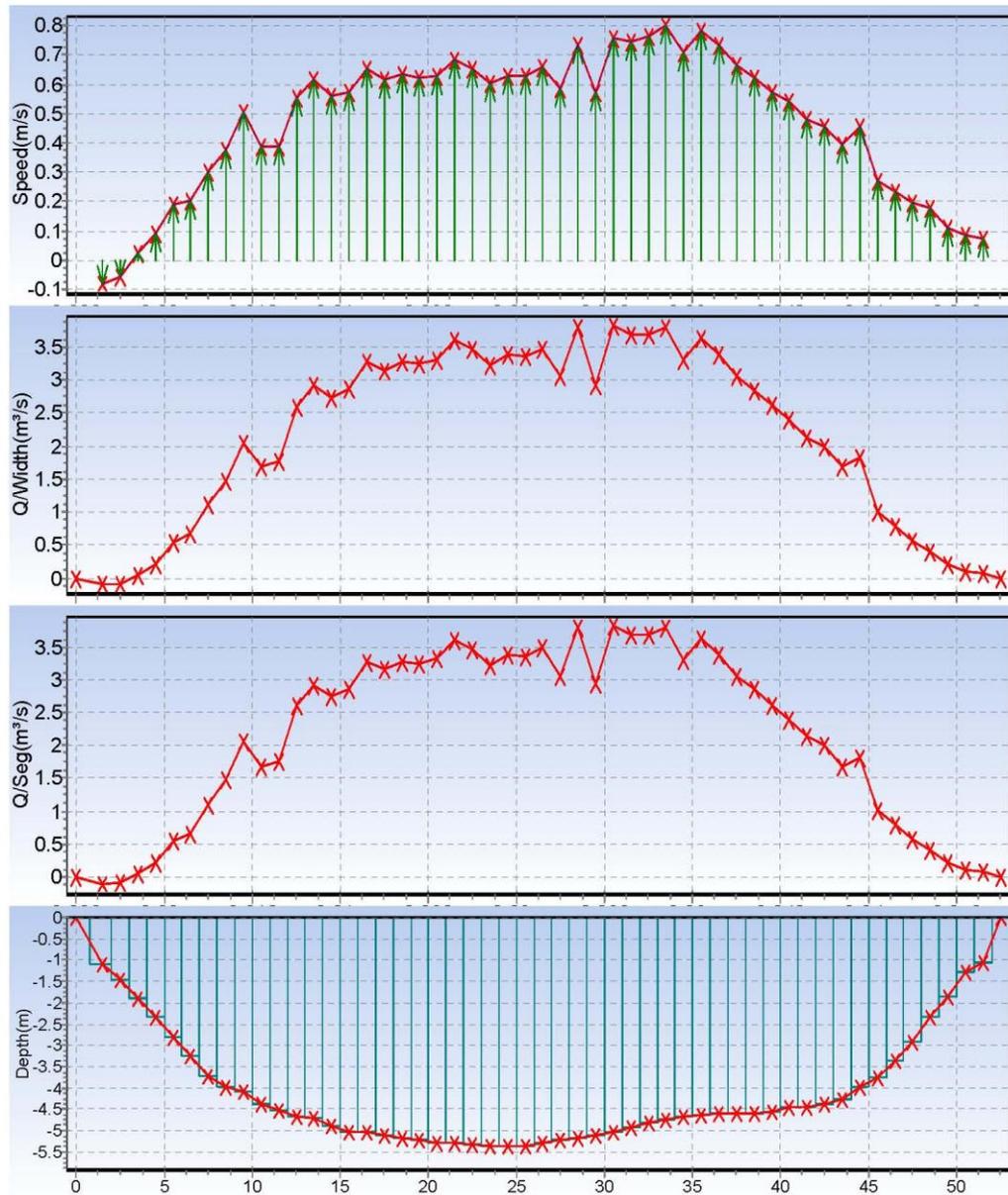


FIGURA 6.18. Características hidráulicas da seção na confluência dos rios Sapucaí e Sapucaí-Mirim

Na **Tabela 6.4** foram sistematizados os valores médios das grandezas hidráulicas nas seções de monitoramento.

TABELA 6.4. Valores médios das grandezas hidráulicas nas seções de monitoramento (para níveis de vazante)

| | Santa Rita do Sapucaí | Chapadão | Mandu | Confluência |
|--------------------------------------|-----------------------|------------|-----------|-------------|
| Vazão [m ³ /s] | 35,5 ± 0,3 | 41,8 ± 0,3 | 5,2 ± 0,1 | 114,0 ± 0,6 |
| Velocidade [m/s] | 0,41 | 0,42 | 0,40 | 0,54 |
| Área do escoamento [m ²] | 86 | 100 | 13 | 212 |
| Largura de topo do escoamento [m] | 35 | 31 | 10 | 52 |
| Profundidade [m] | 2,4 | 3,2 | 1,3 | 4,0 |

6.1.2.3. Declividade dos cursos d'água

Os trechos, para a obtenção das declividades dos rios podem ser visualizados por meio da **Figura 6.19**.

Esses trechos são:

- Para o Rio Sapucaí: do cruzamento desse rio com a Rodovia Fernão Dias (410.558,3L – 7.543.497,3S) até a confluência com o Rio Sapucaí-Mirim (409.598,6L – 7.544.241,8S);
- Para o Rio Sapucaí-Mirim: do cruzamento desse rio com a Rodovia Fernão Dias (407.369,5L – 7.534.777,8S) até a confluência com o Rio Sapucaí (409.754,7L – 7.544.851,8S);
- Para o Rio Mandu: da seção defronte ao Posto (399.351,8L – 7.538.921,3S) até a confluência com o Sapucaí-Mirim (405.318,1L – 7.540.932,3S).

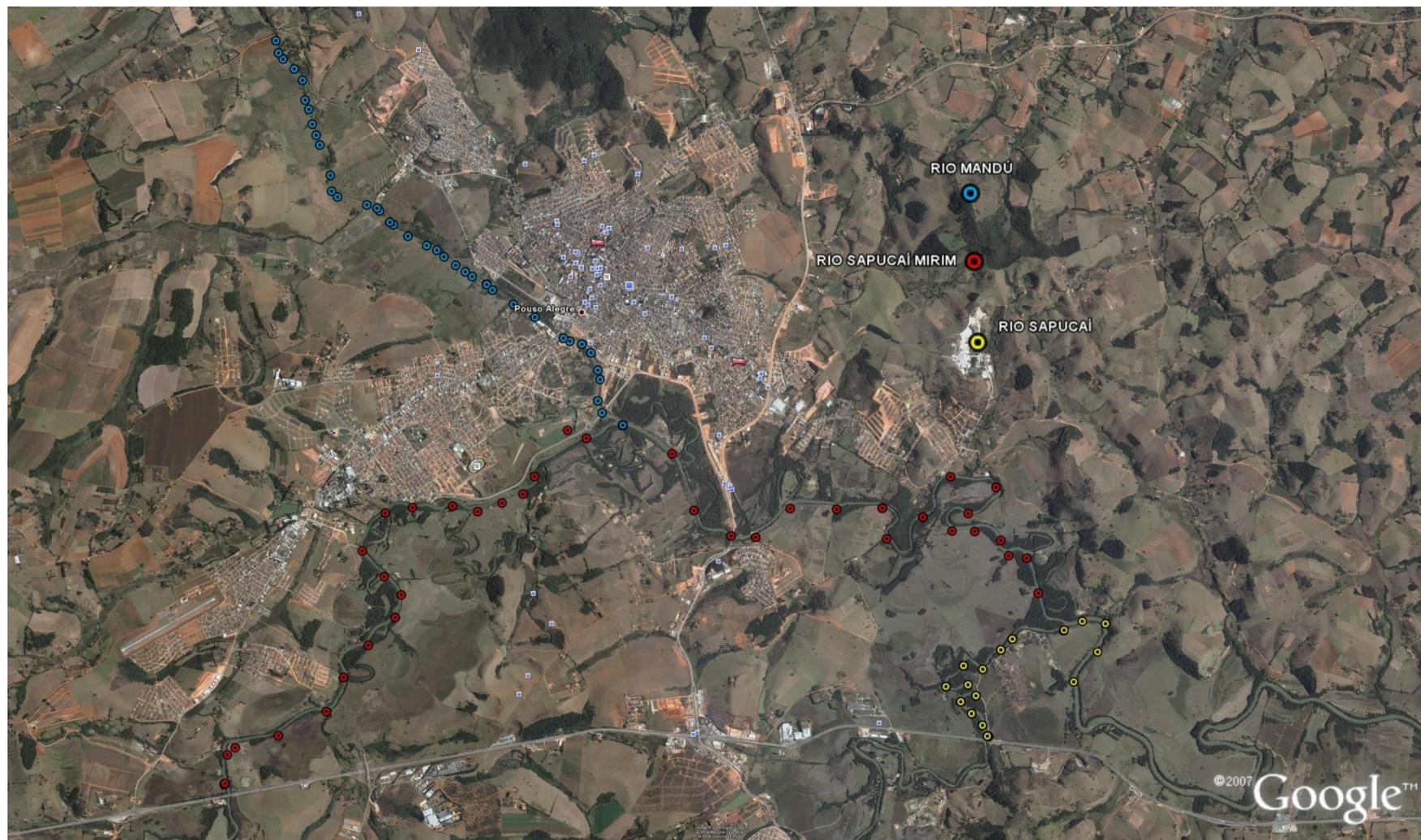


FIGURA 6.19. Trechos estudados para a obtenção de declividades dos rios da região

Nas **Figuras 6.20, 6.21 e 6.22** são mostrados os perfis longitudinais de três trechos dos Rios Sapucaí, Sapucaí-Mirim e Mandu.

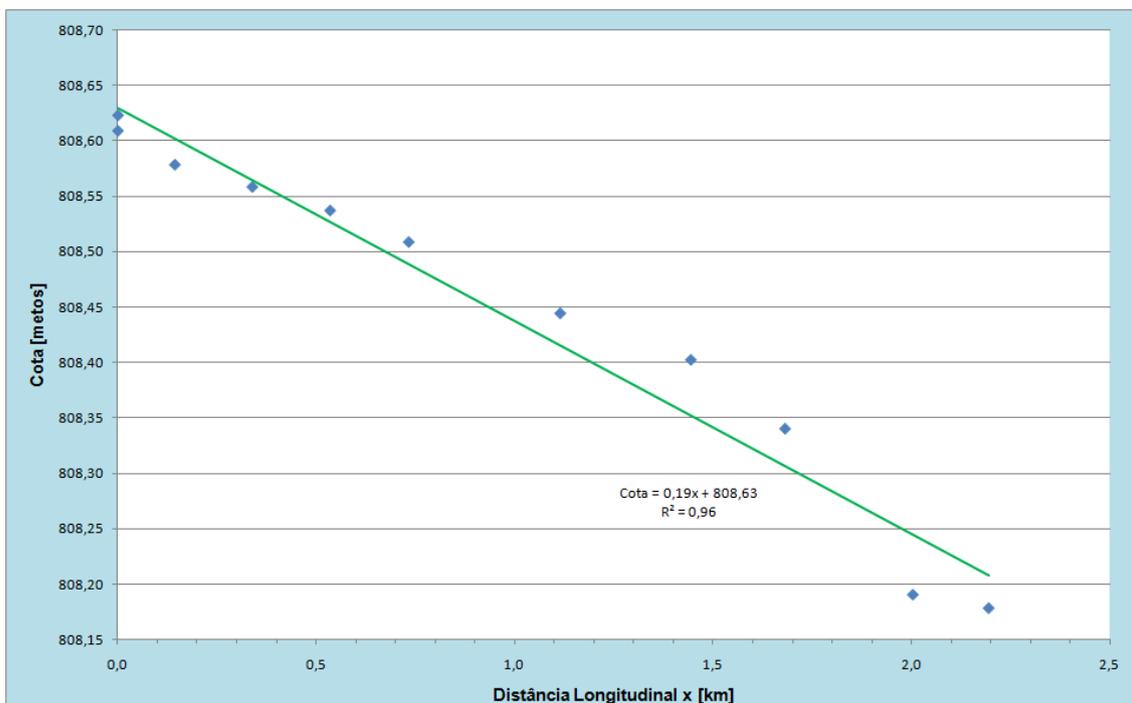


FIGURA 6.20. Perfil Longitudinal do Rio Sapucaí

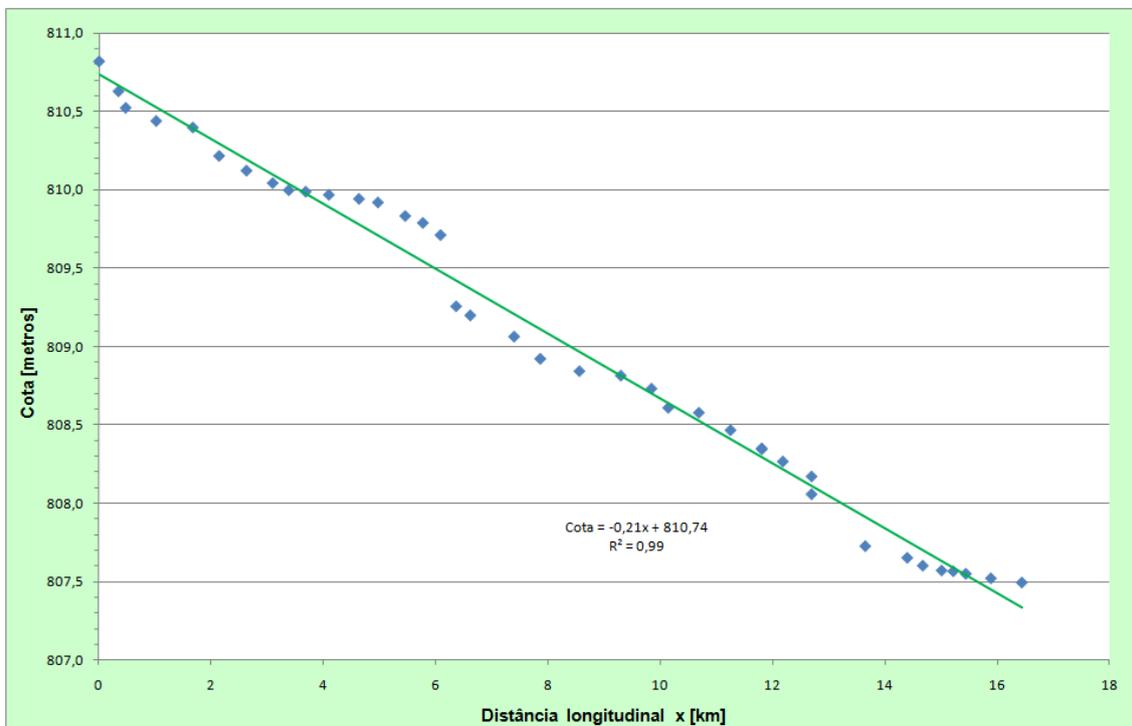


FIGURA 6.21. Perfil Longitudinal do Rio Sapucaí-Mirim

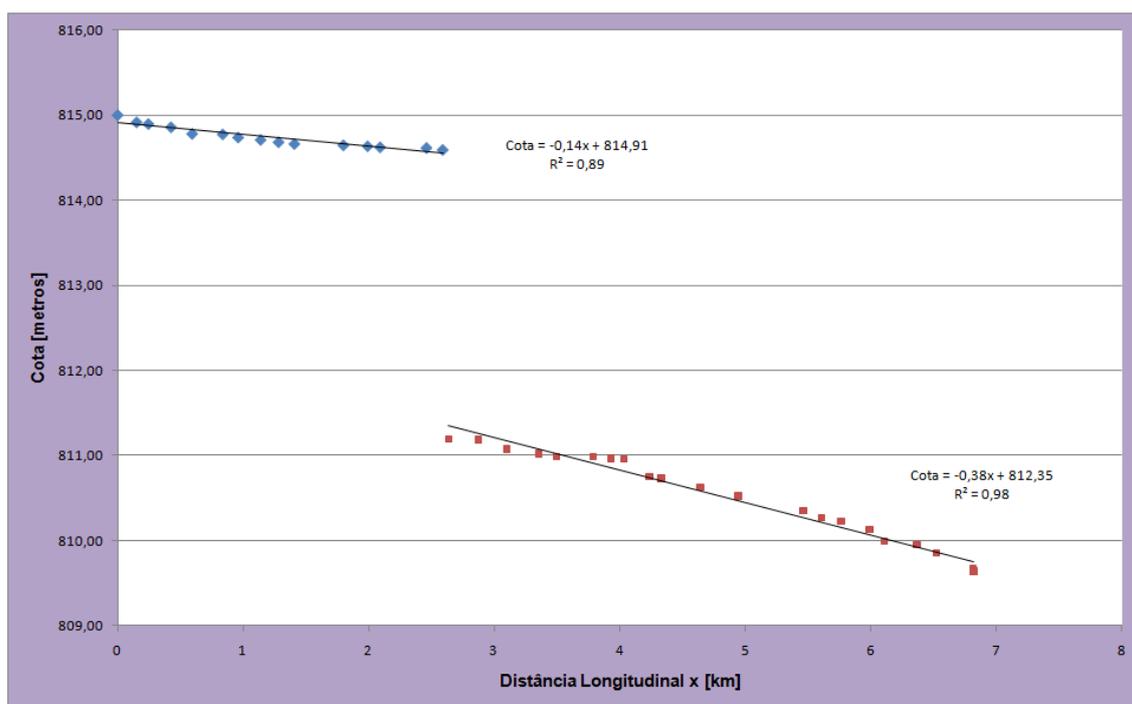


FIGURA 6.22. Perfil Longitudinal do Rio Mandu

Percebeu-se que o rio Mandu apresentou dois valores de declividade média pelo fato de existir um represamento na seção de captação de água da COPASA (no mesmo local da estação de monitoramento).

Na **Tabela 6.5** foram sistematizados os valores médios das declividades longitudinais e desníveis totais dos rios Sapucaí, Sapucaí-Mirim e Mandu.

TABELA 6.5. Valores médios das declividades e desníveis dos rios

| | Sapucaí | Sapucaí-Mirim | Mandu |
|---------------------|---------|---------------|-----------|
| Declividade [cm/km] | 19,4 | 21,0 | 14,0/38,2 |

6.1.2.4. Curvas-chave nas estações de monitoramento

As curvas-chave, para as quatro seções hidráulicas das estações de monitoramento podem ser visualizadas por meio das **Figuras 6.23, 6.24, 6.25 e 6.26**.

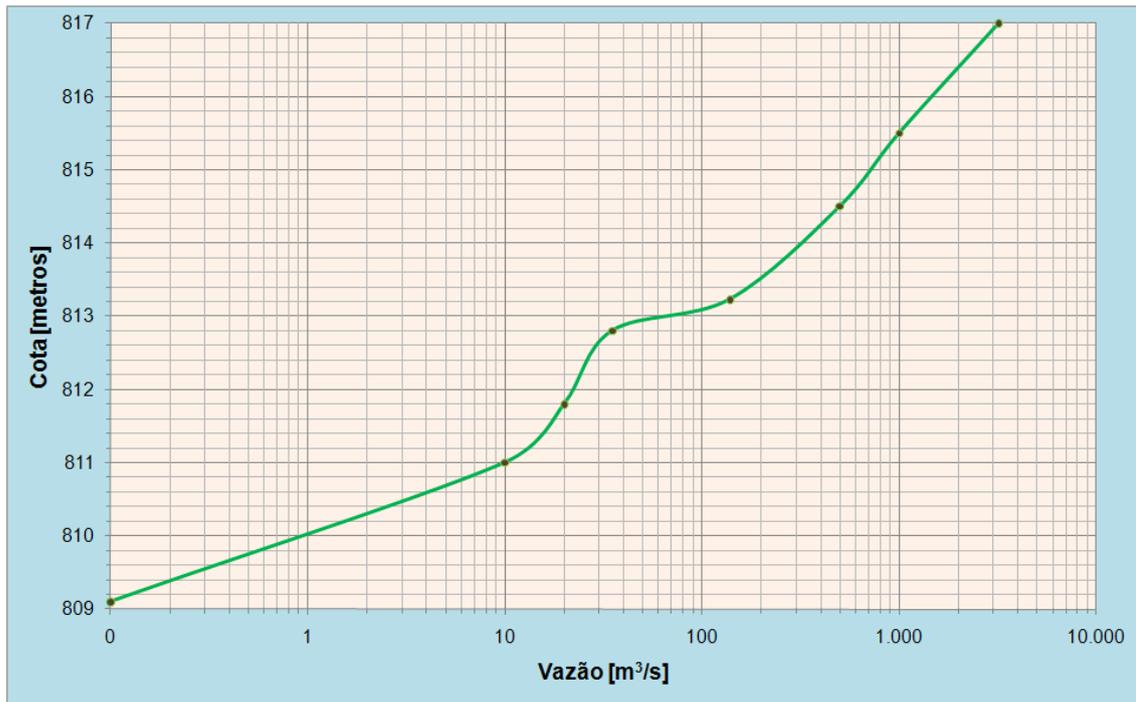


FIGURA 6.23. Curva-chave da seção em Santa Rita do Sapucaí

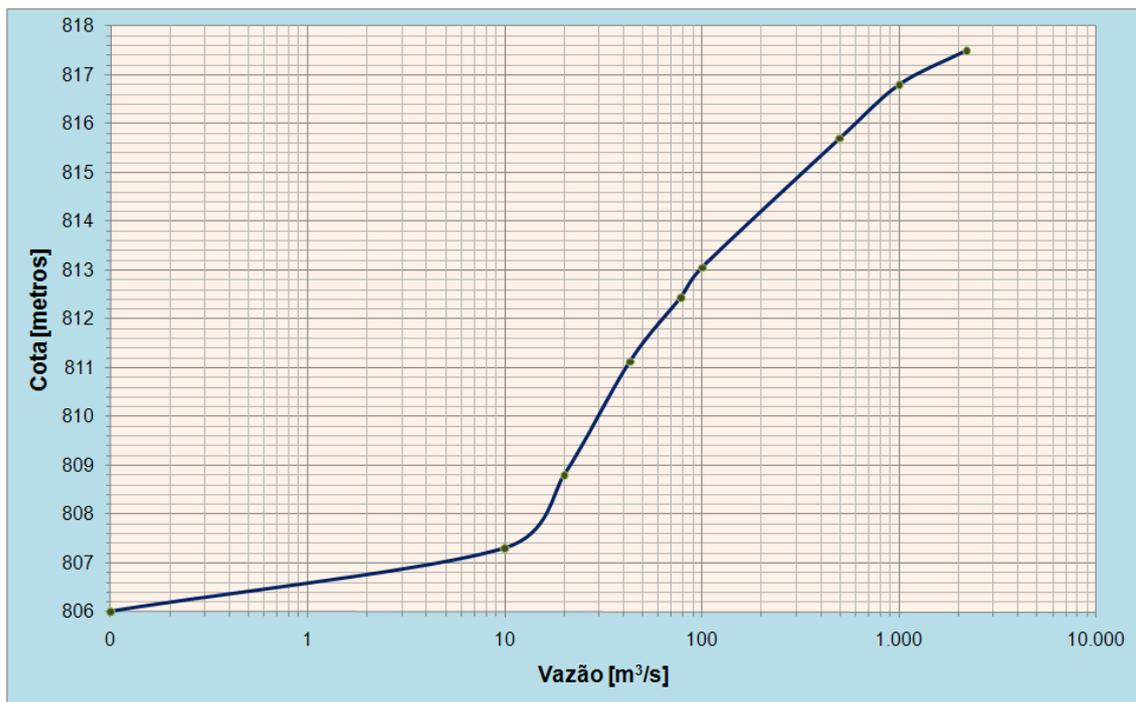


FIGURA 6.24. Curva-chave da seção no Chapadão

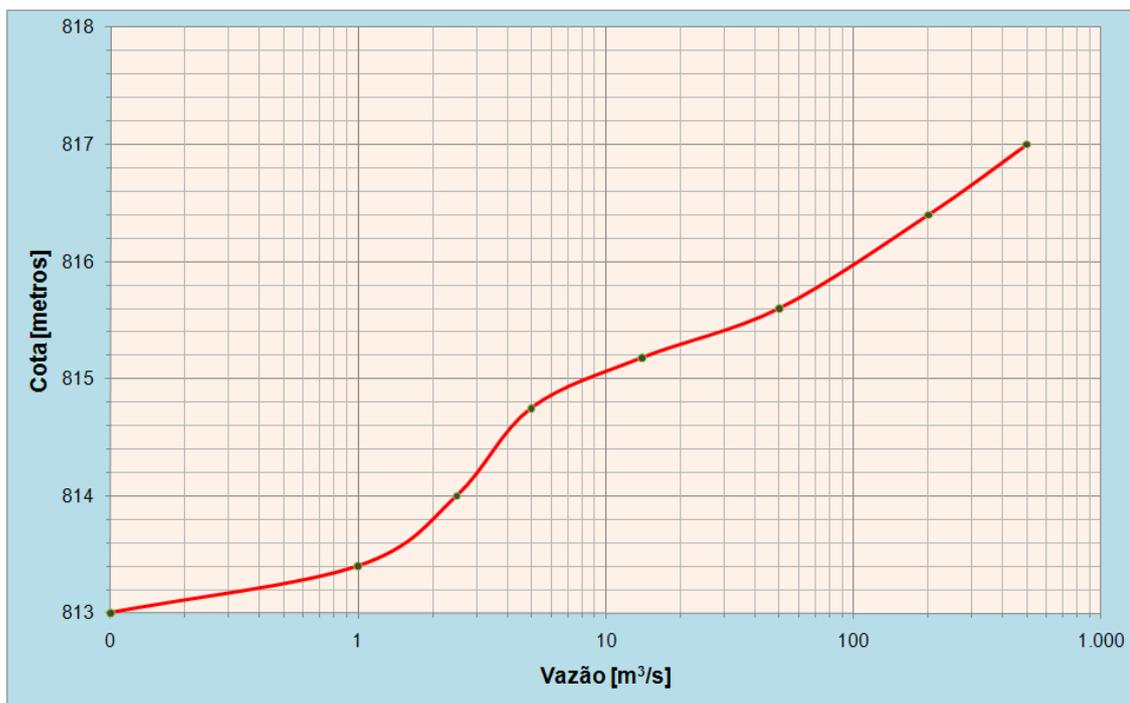


FIGURA 6.25. Curva-chave da seção no Mandu

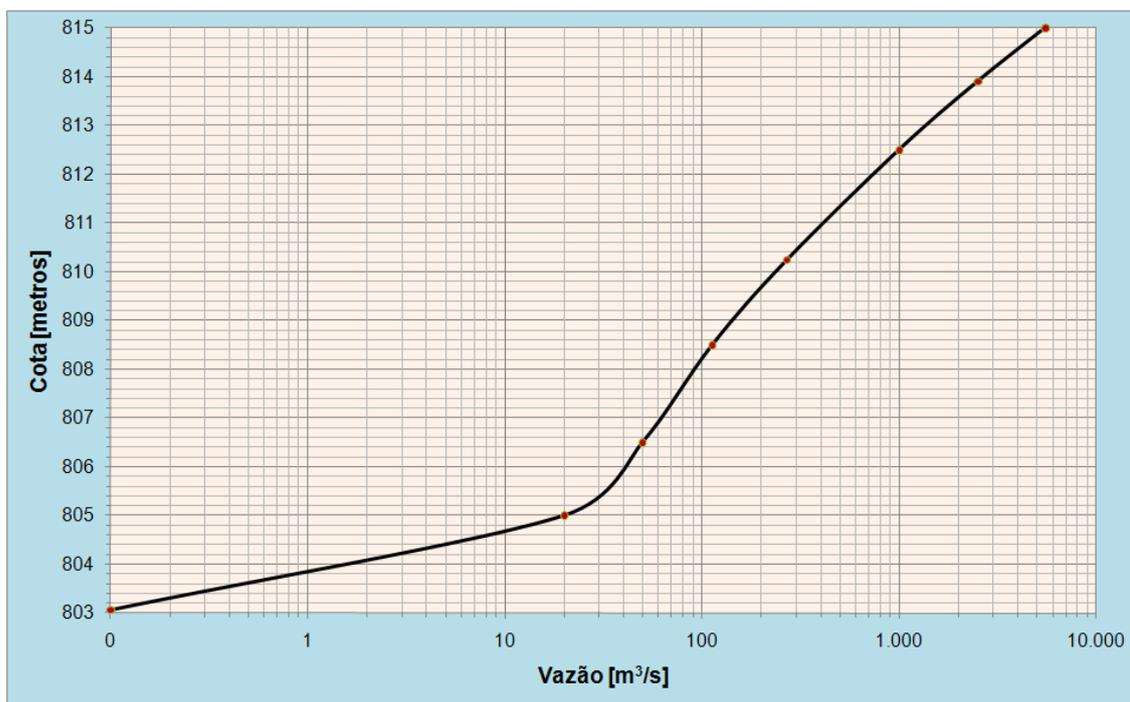


FIGURA 6.26. Curva-chave da seção na confluência dos rios Sapucaí e Sapucaí-Mirim

6.1.2.5. Tempos de retorno para vazões máximas

Os tempos de retorno, em função da vazão volumétrica, para a estação de monitoramento no Bairro Santa Rosa (em Itajubá) foram explicitados no gráfico da **Figura 6.27**.

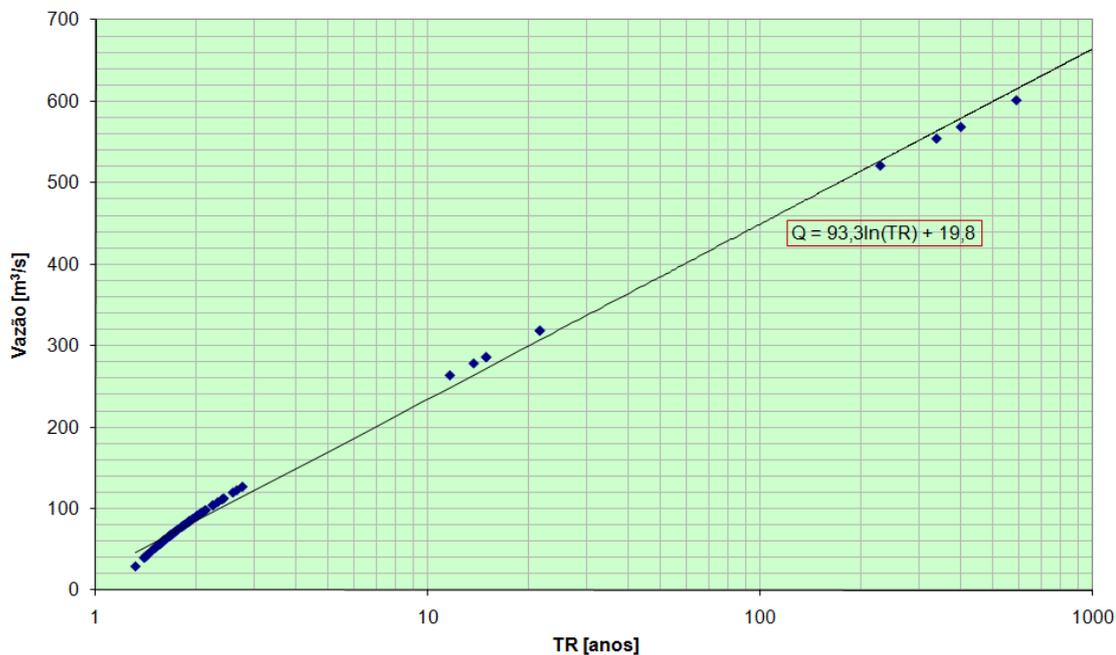


FIGURA 6.27. Tempos de retorno, em função da vazão volumétrica, para a estação de monitoramento no Bairro Santa Rosa, Itajubá-MG

Na **Figura 6.28** são apresentadas as curvas características de tempos de retorno para as estações de monitoramento, sendo esses tempos clássicos para as estações de monitoramento apresentados na **Tabela 6.6**.

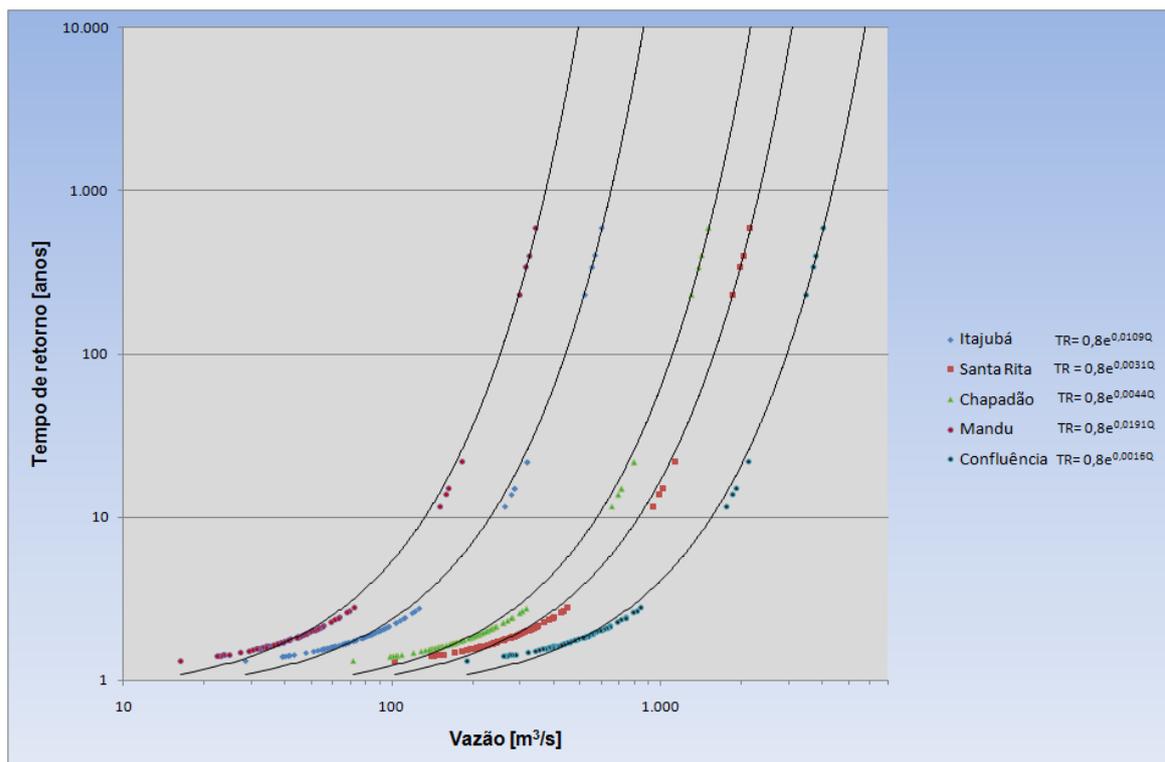


FIGURA 6.28. Tempos de retorno para as estações de monitoramento

TABELA 6.6. Tempos de retorno clássicos para as estações de monitoramento

| | TR [anos] | 2 | 5 | 10 | 25 | 50 | 100 | 500 | 1.000 |
|-------------|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Santa Rita | Vazão [m³/s] | 296 | 591 | 815 | 1110 | 1334 | 1558 | 2077 | 2300 |
| | Cota [m] | 813,95 | 814,75 | 815,20 | 815,70 | 815,90 | 816,10 | 816,50 | 818,65 |
| Chapadão | Vazão [m³/s] | 208 | 416 | 574 | 782 | 940 | 1097 | 1463 | 1621 |
| | Cota [m] | 814,20 | 815,25 | 815,70 | 816,55 | 816,75 | 816,90 | 817,20 | 817,30 |
| Mandu | Vazão [m³/s] | 48 | 96 | 132 | 180 | 217 | 253 | 337 | 373 |
| | Cota [m] | 815,60 | 815,95 | 816,10 | 816,35 | 816,45 | 816,55 | 816,70 | 816,80 |
| Confluência | Vazão [m³/s] | 573 | 1145 | 1579 | 2151 | 2584 | 3018 | 4024 | 4457 |
| | Cota [m] | 811,50 | 812,65 | 813,20 | 813,65 | 813,95 | 814,20 | 814,55 | 814,80 |

6.1.2.6. Efeitos de remanso

Os efeitos de remanso foram estabelecidos para qualquer tipo de obstrução nos rios Sapucaí, Sapucaí-Mirim e Mandu, para qualquer seção hidráulica situada nos trechos entre as estações de monitoramento.

Todos os coeficientes de Coriolis foram considerados iguais a 2,5 – resultado obtido dos trabalhos desenvolvidos pela UNIFEI no período de 1999 a 2008.

As velocidades máximas para qualquer curso d'água, mesmo com grandes cheias, não ultrapassam valores da ordem de 2,0 m/s. Assim, o máximo valor de sobre-elevação em qualquer ponte ou obstrução foi considerado igual a aproximadamente 50 centímetros.

As representações das linhas d'água para remanso máximo nas pontes do Rio Sapucaí Mirim e do Rio Mandu estão nas **Figuras 6.29 e 6.30**.

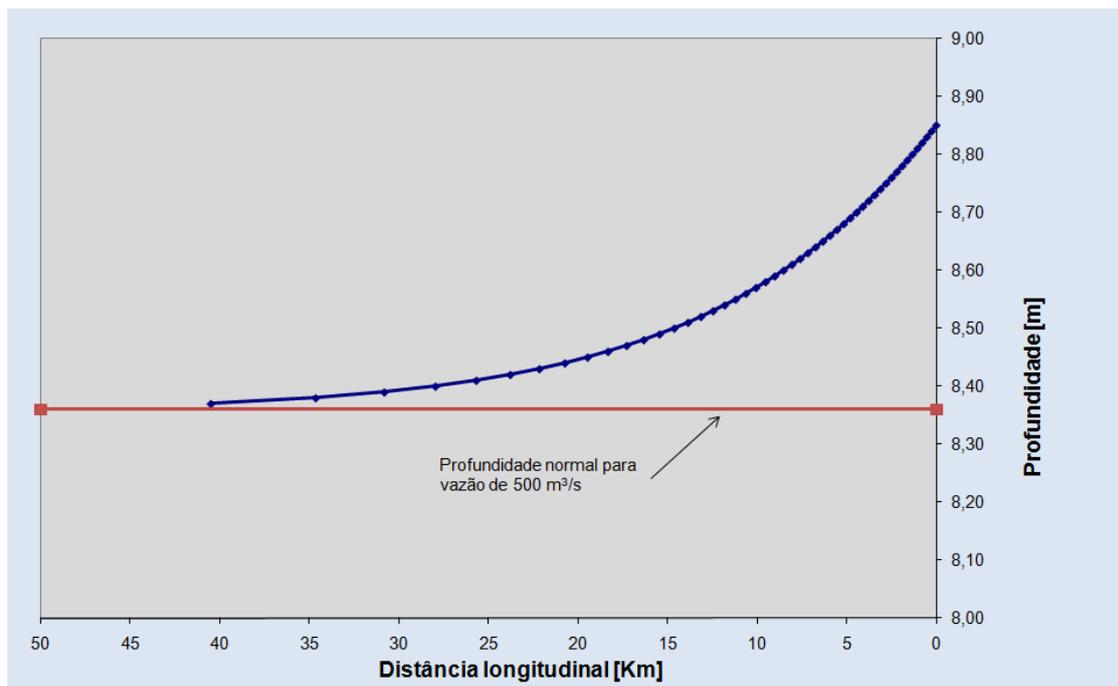


FIGURA 6.29. Linha d'água para um remanso máximo na ponte do Rio Sapucaí Mirim)

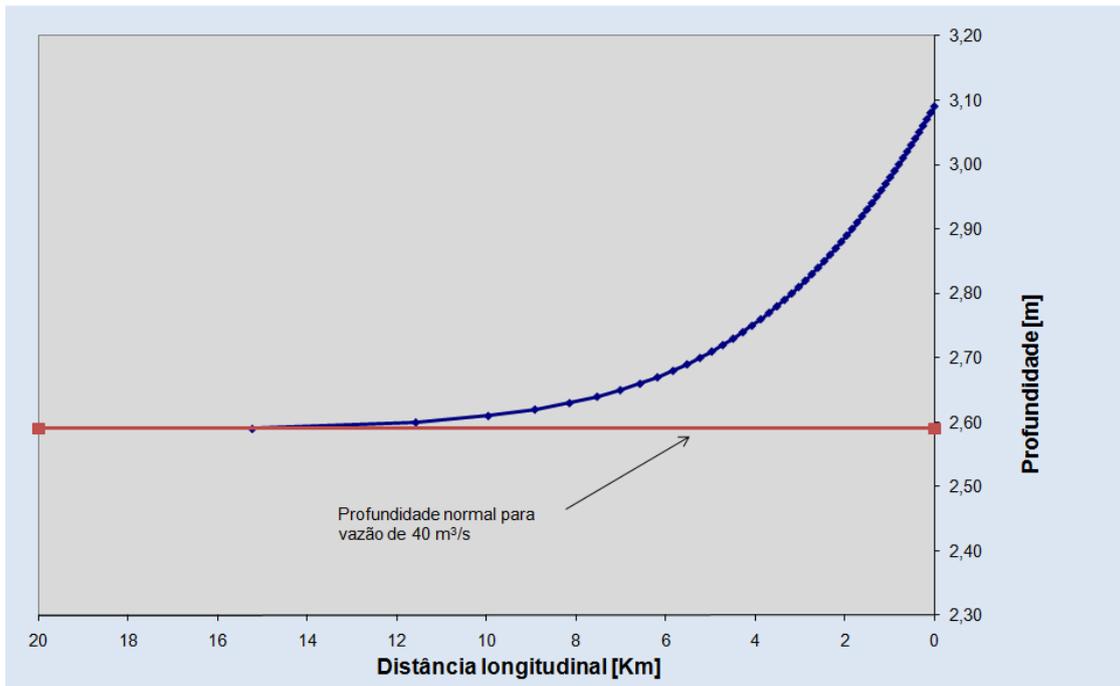


FIGURA 6.30. Linha d'água para um remanso máximo na ponte do Rio Mandu

6.1.2.7. Sólidos em suspensão

A estimativa da carga de sólidos em suspensão, para os rios do Alto Sapucaí, foi levantada por meio do ajuste mostrado na Figura 6.31.

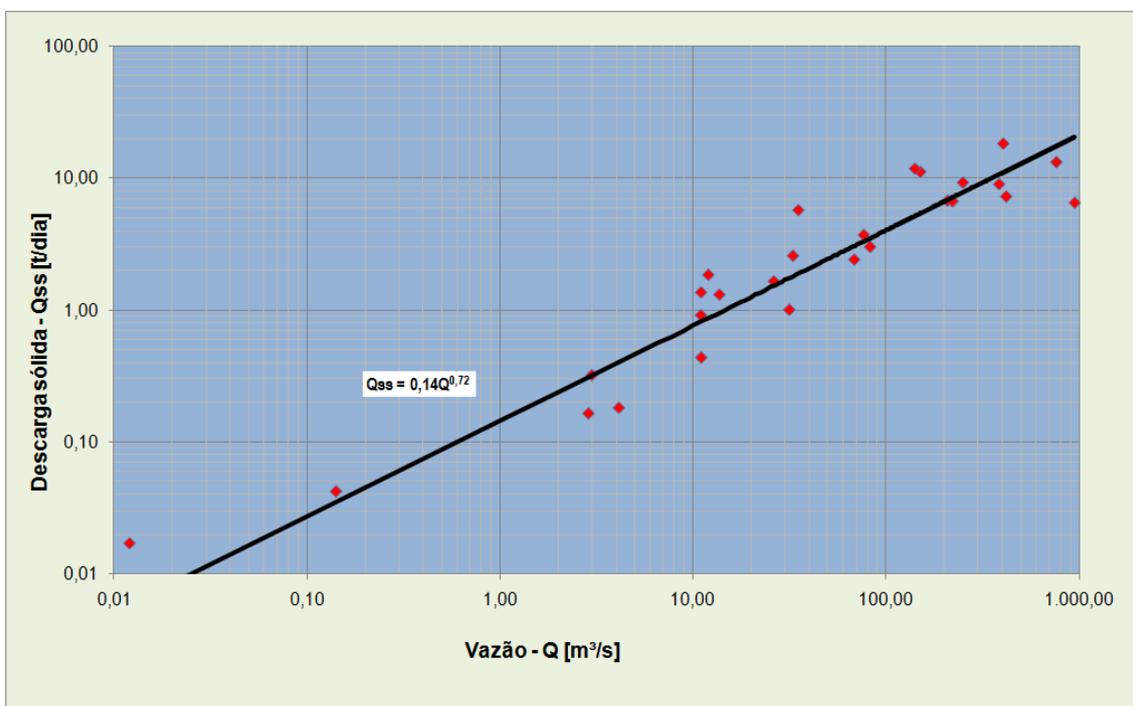


FIGURA 6.31. Descarga sólida em suspensão para os cursos d'água da bacia do Alto Sapucaí

Percebe-se a intensa não-linearidade entre os valores de descarga líquida e descarga sólida. Contudo, os dados medidos remetem a uma equação exponencial que pode retratar, numa primeira estimativa, o potencial de escoamento de sólidos (e com isso, possíveis locais de sedimentação ao longo da bacia) para a região diretamente afetada na cidade de Pouso Alegre.

6.1.2.8. Manchas de inundação para os anos de 2000, 2008 e 2009

A reconstituição das manchas de inundação para as cheias de 2000, 2008 e 2009 foram realizadas por meio do levantamento das marcas de cheias disponíveis em algumas edificações. Tais marcas são mostradas, por meio de setas, na **Figura 6.32**.



FIGURA 6.32. Marcas de cheias (Ec) disponíveis em algumas edificações, no município de Pouso Alegre.

As reconstituições dessas cheias podem ser visualizadas nos desenhos **DES II.01**, **DES II.02** e **DES II.03**. As áreas das manchas das cheias, apresentadas pelos desenhos anteriores, estão na **Tabela 6.7**.

DES-II.01

DES-II.02

DES-II.03

TABELA 6.7. Áreas das Manchas de Inundação para as cheias ocorridas em 2000, 2008 e 2009.

| Ano | 2000 | 2008 | 2009 |
|-------------------------|------|------|------|
| Área [km ²] | 24,8 | 21,7 | 22,9 |

As simulações para os períodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50, 100, 500 e 1000 serão apresentadas no **Capítulo 9, item 9.2, do Volume V**.

6.2. GEOMORFOLOGIA

6.2.1. METODOLOGIA

Para caracterização da geomorfologia da área indiretamente afetada do empreendimento foi gerado um mapa, por meio do *software* ArcGis 9.2, com as unidades geomorfológicas, com base na carta de geodiversidade do Rio de Janeiro (SF-23) fornecida pelo Serviço Geológico do Brasil, CPRM, na escala original 1:1.000.000. Posteriormente, identificaram-se as unidades geomorfológicas em campo.

6.2.2. DIAGNÓSTICO GEOMORFOLÓGICO

O relevo de Minas Gerais é responsável por torná-lo o Estado mais elevado do Brasil. Grande parte das terras altas está na região Sudeste, onde se localiza o município de Pouso Alegre.

A área de entorno da futura implantação dos diques sobrepõe-se à unidade geomorfológica regional Planalto Alto Rio Grande (IBGE, 2006). A configuração tectônica regional, sustentada por rochas metamórficas de diversas gêneses, implica forte controle estrutural do relevo.

De acordo com a tipologia de domínios morfoclimáticos proposta por Ab' Sáber (1965), a área em questão se insere no Domínio de Mares de Morros Florestados, compreendendo formas de relevo esculpidas sobre os terrenos dos Cinturões Móveis Neoproterozóicos.

Segundo Gonçalves et al. (2008), numa escala de maior detalhe, a área em estudo pode ser compartimentalizada em cinco unidades geomorfológicas, conforme apresentadas no Mapa Geomorfológico da **Figura 6.33**.

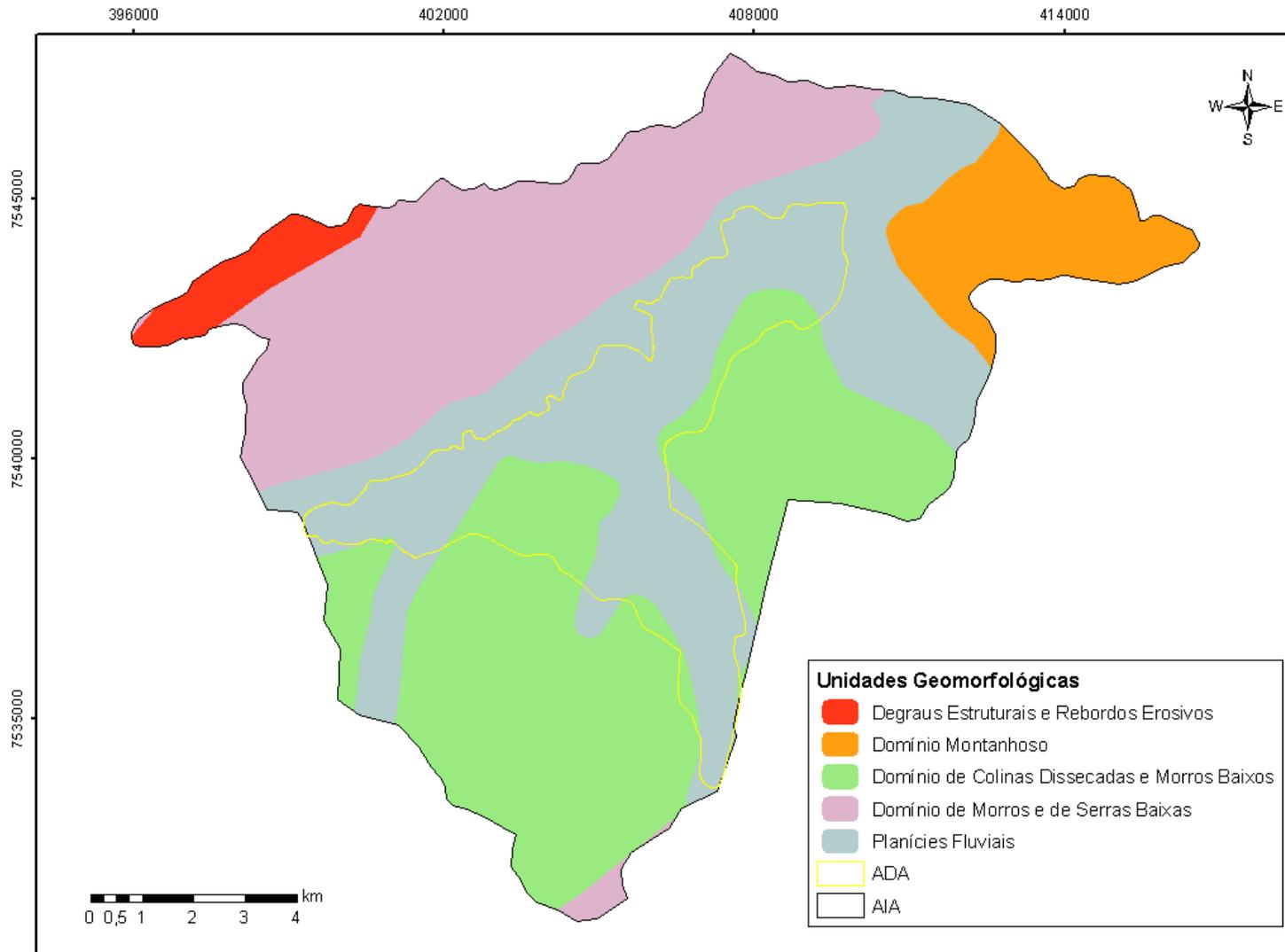


FIGURA 6.33. Mapa das Unidades Geomorfológicas para as áreas direta e indiretamente afetadas pela implantação dos diques.

Para a área diretamente afetada, as unidades Domínio de Colinas Dissecas e Morros Baixos e Planícies Fluviais estão presentes. Já para a área indiretamente afetada, além dessas duas unidades, encontram-se Degraus Estruturais e Rebordos Erosivos, Domínios Montanhosos e Domínios de Morros e Serras Baixas.

Degraus Estruturais e Rebordos Erosivos

Os degraus estruturais e rebordos erosivos compreendem um conjunto de formas de relevo de patamares lito-estruturais, com vertentes predominantemente retilíneas a côncavas e escarpadas e topos de cristas alinhadas, aguçados ou levemente arredondados, que se destacam topograficamente do domínio colinoso, conforme pode ser verificado na **Figura 6.34**. A densidade de drenagem é alta com padrão de drenagem variável, de paralelo a dendrítico.



FIGURA 6.34. Foto contendo os Degraus Estruturais e Rebordos Erosivos na área indiretamente afetada dos diques para contenção de cheias no município de Pouso Alegre.

Ocupa pequeno trecho na área em estudo, orientada na parte noroeste, desenvolvendo-se sobre seqüências sedimentares e vulcanosedimentares do eopaleozóico, associadas a *rifts*, não ou pouco deformadas e metamofizadas. Essa

unidade morfológica é a que ocupa maiores cotas altimétricas da área avaliada, com amplitudes de 1000 a 1300 m.

Domínio Montanhoso

Ocupa uma posição no extremo nordeste da área de entorno, desenvolvendo-se sobre sequências vulcanosedimentares dobradas metamorizadas em baixo a médio grau e complexos de granito-gnaiss-migmatitos e de granulitos. O Domínio Montanhoso pode ser observado na **Figura 6.35**, ao fundo da Planície Fluvial.



FIGURA 6.35. Planície Fluvial periodicamente ocupada por água e ao fundo o Domínio Montanhoso.

Formam topos angulosos e com vertentes retilíneas/convexas. As cristas elevadas podem atingir cotas de até 1.200 m. A rede de drenagem é predominantemente dendrítica e controlada pela estrutura tectônica regional. A declividade nessa área varia de 25° a 45°.

Domínio de Colinas Dissecadas e Morros Baixos

Essa unidade morfoescultural está repartida em três manchas na área avaliada, sendo a de maior expressão espacial na área de entorno da futura implantação dos diques. Desenvolveu-se sobre sequências vulcanosedimentares dobradas

metamorfizadas em baixo a médio grau, coberturas consolidadas detrítico-lateríticas e carbonáticas e complexos granito-gnaiss-migmatitos e granulitos.

O Domínio de Colinas Dissecadas e Morros Baixos, **Figura 6.36**, é caracterizado por vertentes do tipo convexas e convexo-côncavas, tendo suas posições condicionadas pela estrutura tectônica. Os vales são encaixados, estreitos e profundos (dissecação pronunciada), com cursos d'água de pequena extensão e em grande número, vertentes pouco extensas e altitude de topos no entorno de 1000 m.



FIGURA 6.36. Domínio de Colinas Dissecadas e Morros Baixos na área indiretamente afetada dos futuros diques. Domínio de Morros e de Serras Baixas

Acompanha a parte norte das Planícies Fluviais e uma pequena extensão ao sul da área avaliada, conforme pode ser verificado na **Figura 6.33**. É caracterizada pelo padrão de morros baixos com vertentes convexas. Esta unidade assenta-se sobre complexos granito-gnaiss-migmatitos da crosta inferior. A declividade nesta área varia de 15° a 35°, e este domínio está representado pela **Figura 6.37**.



FIGURA 6.37. Domínio de Morros e de Serras Baixas ao fundo da Área Indiretamente Afetada da implantação dos diques.

Os morros são entremeados por anfiteatros onde ao fundo são concentrados os fluxos d'água e sedimentos, estabelecendo ligação com as planícies de inundação dos eixos principais de drenagem. O padrão de drenagem nesta unidade é predominantemente dendrítico nos canais de menor ordem e canais meandantes nas planícies de inundação. Possui características geomorfológicas típicas do Domínio Morfoclimático dos Mares de Morros Florestados.

Planícies Fluviais

As Planícies Fluviais, **Figura 6.38**, se inserem sobre as cotas altimétricas mais baixas, entre 800 e 850 m, ocupando as áreas de várzea diretamente influenciadas pelas vazantes, e desenvolvem-se sobre terrenos depósitos inconsolidados: areia, cascalho, silte, argila e turfa de idade Cenozóica. Compreendem um conjunto de formas de relevo de agradação geradas durante o Pleistoceno Superior e o Holoceno por uma interação de processos fluviais.

Tais pacotes sedimentares possuem, em geral, textura fina e formam um setor de relevo plano e permeado de feições oriundas da dinâmica de planície de inundação com canais meândricas.



FIGURA 6.38. Planície Fluvial e ao fundo Domínio de Morros e Serras Baixas na área indiretamente afetada dos diques.

6.3. ASPECTOS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS

6.3.1. METODOLOGIA

Para caracterizar a geologia local nas áreas direta e indiretamente afetadas do empreendimento, foi feito um levantamento de informações já existentes em bibliografia e mapas geológicos regionais. Foram consultados os seguintes documentos:

- Mapa Geológico Regional do Estado de Minas Gerais, da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) sob a coordenação geral de Leite (2004), escala original 1:1.000.000;
- Mapa Geológico do Estado de Minas Gerais da Companhia Mineradora de Minas Gerais (COMIG, 1994), escala original 1:500.000; e
- Mapa Planialtimétrico do Departamento de Cartografia do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), escala 1:50.000, Folha Pouso Alegre (SF-23-Y-B...);

Este trabalho inicial propiciou o levantamento das principais rochas existentes na área de estudo, seu posicionamento litoestratigráfico regional e temporal. Com isso, pode-se destacar a ocorrência de rochas Paleozóicas e Paleoproterozóicas sobrepostas por coberturas aluvionares e lateríticas mais recentes do Cenozóico (LEITE, 2004).

Posteriormente, em carta planialtimétrica de detalhe, elaborada especificamente para esse projeto, foi possível demarcar os pontos de observação e de coleta de amostras de rochas para serem caracterizados especificamente.

Para a descrição das amostras de rochas buscou-se descrever os tipos de minerais presentes (essenciais e secundários), textura e estrutura litológica, e a classificação genética.

Em função da dificuldade de se obter afloramentos dispostos amplamente por toda a região, utilizaram-se imagens aéreas do site *Google Earth*, associadas a incursões de campo, que permitiram localizar afloramentos naturais e artificiais (cortes de estradas de rodagem), com a exposição de materiais possíveis de análise. As sondagens a trado posteriores também possibilitaram coletas do início do nível do impenetrável com a descrição dos materiais encontrados.

No estudo da geotecnia das áreas direta e indiretamente afetadas, foram estabelecidos estudos semelhantes aos utilizados na caracterização geológica, sendo elaborados em conjunto.

Para a identificação e a análise geotécnica dos materiais inconsolidados de subsuperfície, foram executadas sondagens a trado ao longo das áreas dos 5 (cinco) diques, segundo a norma ABNT/NBR 9603/86. Na área do dique 1 foram executados 10 furos a trado; na do dique 2, executados 5 furos; dique 3 outros 5 furos a trado; dique 4, foram executados 2 furos a trado; e para finalizar, na área do dique 5, foram executados

4 furos a trado. No total, para esta etapa de prospecção do subsolo, foram executados 27 furos a trado, com equidistância média de 300 a 500 metros, no máximo.

A prospecção por trado limitou-se ao comprimento máximo de perfuração de 6,0 metros, que equivale ao comprimento total das hastes do trado, porém profundidades menores não puderam ser analisadas em função da não recuperação de amostras em locais onde o nível d'água situava-se a menos de 6 metros de profundidade, ou em locais onde o material se comportava como impenetrável à tradagem, que foram os níveis de seixos grandes ou de rocha alterada.

Os materiais inconsolidados existentes puderam ser analisados e classificados (EMBRAPA, 1997), com o estabelecimento de um perfil típico de alteração local para cada dique. Estabelecido o perfil geotécnico local, as amostras coletadas pelas sondagens a trado foram detalhadamente descritas e foram executados ensaios laboratoriais de acordo com as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), dentre as quais estão:

- NBR-6502/ABNT – Rochas e Solos: Terminologias;
- NBR-7181/ABNT – Análise Granulométrica de Solos;
- NBR-6508/ABNT – Determinação da Massa Específica de Grãos de Solos;
- NBR-6459/ABNT – Determinação do Limite de Liquidez de Solos;
- NBR-7180/ABNT – Determinação do Limite de Plasticidade de Solos.

Destaca-se, ainda, que havia informações relativas a três sondagens a percussão e rotativas, realizadas em 2000, conforme o Projeto Básico do Dique 2, elaborado pela empresa SDS-Sondosolo Geotecnia e Engenharia Ltda (**ANEXO 1**).

6.3.2. DIAGNÓSTICO

6.3.2.1. Geologia regional

A área de pesquisa situa-se ao sul do Estado de Minas Gerais, no município de Pouso Alegre, tendo como principal canal de drenagem o Rio Sapucaí. As áreas direta e indiretamente afetadas estão apresentadas no **DES I.21, do Capítulo 4, Volume I**. Segundo Leite (2004), regionalmente, a área encontra-se em domínios de rochas muito antigas, Proterozóicas e de elevada complexidade estrutural (**Figura 6.39**).

intercalações de quartzitos, turmalinitos e xistos grafitosos. Ainda neste mesmo período, têm-se os litotipos da Suíte Serra de São Gonçalo, constituída por hornblenda biotita ortognaisses ocelares, graníticos ou granodioríticos.

Do Neoproterozóico, mais precisamente do período Criogeniano (850 a 650 milhão de anos, U-Pb), ocorrem os litotipos do Complexo Varginha Guaxupé, onde se distingue a unidade granulítica basal, sobreposta pela de ortognaisses migmatíticos e esta tendo, sobrejacente, paragnaisses migmatíticos.

Do período Criogeniano tem-se O Grupo Carrancas que é constituído essencialmente por uma unidade de quartzitos e o Grupo Andrelândia, contendo granada (muscovita) biotita plagioclásio gnaisses homogêneos, localmente com aluminossilicatos, intercalações de granada mica xistos feldspáticos, associados com muscovita quartzitos e anfibolitos.

Posteriormente, encontram-se rochas do Grupo Andrelândia (Neoproterozóico III, com 650 a 543 milhões de anos, U-Pb), que é formada por biotita gnaisses finos, bandados, com intercalações de anfibolitos e biotita muscovita xistos, calcissilicáticas, mármore, talco-xistos e turmalinito xistos.

Desse mesmo período, tem-se o Domínio Socorro Guaxupé, constituído por granitóides pré e sin-orogênicos, granitóides foliados e ortognaisses tipo I, calcissilicáticas de alto K.

Ainda do Neoproterozóico III (650 a 600 milhões de anos, U-Pb), ocorre o Orógeno Paranapiacaba / Rio Pien, que é constituído por granitóides foliados quimicamente indeferenciados.

Recobrimo extensas áreas, do Cenozóico, Período Quaternário, Pleistoceno (1,75 a 0,01 milhões de anos), ocorrem coberturas lateríticas indiferenciadas. Nas planícies aluvionares há os depósitos de materiais aluvionares, constituídos por cascalhos e areias holocênicos (de 0,01 ao tempo recente).

Estruturalmente, observa-se na região uma vasta ocorrência de lineamentos estruturais referentes às falhas de cisalhamento normais, devidos a esforços distensivos (linhas em traços negros lisos), e compressivos, devido a esforços compressivos (falhas de empurrão – linhas dentadas), que seguem preferencialmente as direções NE-SW.

6.3.2.2. Descrição geológica e geotécnica local

A. Rochas

Nas áreas direta e indiretamente afetadas, encontram-se rochas do embasamento da Plataforma Sul-Americana, tradicionalmente chamado de Complexo Cristalino, constituído essencialmente por metamórficas de alto grau. Mais especificamente, o embasamento rochoso local é constituído por rochas metamórficas variadas de idade

Paleozóica e Paleoproterozóica, onde há uma elevada heterogeneidade petrográfica. Em geral, pode-se observar que são biotita gnaisses finos a médios, porfiróides ou não.

As rochas apresentam forte e nítido bandamento composicional, por vezes são nítidos as deformações e os microdobramentos gnáissicos. São materiais muito duros e compactos quando inalterados, que, na área, ocorrem em pequenos e médios blocos com leve alteração superficial, com núcleo inalterado (**Figura 6.40**).



FIGURA 6.40. Gnaisse cinza médio, com nítido bandamento composicional, inalterados e muito resistentes.

Os gnaisses da área são constituídos pelos minerais: K-Feldspatos (Ortoclásio) de coloração leitosa, por vezes bege; Quartzo incolor a cinza claro e Biotita (linhas negras).

Sobrepostos a estas rochas antigas, encontram-se sedimentos recentes cenozóicos, preferencialmente constituídos nas regiões mais baixas e planas por sedimentos aluvionares, de textura muito variável, desde argilosa a seixosa, dependendo da profundidade de ocorrência, conforme poderá ser melhor analisado, posteriormente, com a descrição dos diques.

Tais resultados corroboram com aqueles obtidos nas sondagens a percussão e rotativas realizadas anteriormente no ano 2000, conforme pode-se observar no **ANEXO**

1.

B. Materiais inconsolidados dos diques

O estudo geotécnico nas áreas dos cinco diques foi elaborado por meio de tradagem em 27 pontos distintos, inicialmente com equidistância de 300 metros e, em alguns locais, com equidistância de 500 metros, no máximo. Isto possibilitou a identificação detalhada dos materiais e o estabelecimento do perfil típico de alteração para cada unidade de dique, conforme será descrito.

DIQUE 01

Ao longo da área do Dique 01 foram executados 10 furos a trado, em que puderam ser identificados como materiais inconsolidados, solos aluvionares (retrabalhados ou transportados por fluxo aquoso de rios) quando situados dentro da planície de inundação, e também solos coluvionares sobrepostos a solos residuais, quando situados nas porções de meia encosta próximas dos vales. Os solos aluvionares prevalecem mais à jusante do perfil e os coluvionares mais à montante. Dessa forma, a diversidade de materiais retrabalhados é relativamente grande ao longo da área do Dique 01, que apresenta uma grande extensão longitudinal. Na **Tabela 6.8** é apresentado um resumo das sondagens a trado executadas.

TABELA 6.8. Resumo dos dados das sondagens a trado realizadas ao longo da área do dique 01.

| Furo | Coordenadas geográficas UTM | Material inconsolidado | Profundidade do furo (m) | Nível d'água (m) |
|-------|-----------------------------|--|--------------------------|------------------|
| 1A-1 | 405267 7539860 | Argila cinza escura | 5,60 | 4,00 |
| 2A-1 | 405288 7538430 | Areia amarela | 5,10 | 5,10 |
| 1B-1 | 405397 7537387 | Argila arenosa castanho averm + areia branca e amarela | 5,60 | Acima de 6,00 |
| 2B-1 | 406.249 7536839 | Argila arenosa castanho averm | 4,40 | 3,00 |
| 3B-1 | 406709 7536495 | Argila arenosa castanho averm + areia amarela | 5,30 | 5,20 |
| 6B-1 | 405405 7538789 | Areia amarela + argila cinza | 5,80 | 5,40 |
| 7B-1 | 405517 7539215 | Argila arenosa castanho averm + areia amarela + argila cinza | 3,90 | 3,00 |
| 8B-1 | 405475 7539557 | Areia cinza | 5,00 | 2,20 |
| 9B-1 | 405250 7540251 | Argila cinza escuro | 3,50 | 2,00 |
| 10B-1 | 405156 7540709 | Areia amarela | 4,80 | 4,20 |

Nesses pontos de furos a trado, observou-se que a heterogeneidade dos solos é grande, ou seja, há uma variação textural, com níveis arenosos que passam para argilosos e até mesmo seixosos, em profundidades diversas. Em geral, os solos mais amarelados são os arenosos e os solos cinzentos podem ser arenosos. Há predomínio de argilosos com alto conteúdo de matéria orgânica em decomposição, típico de horizontes aluvionares.

Em determinadas profundidades (em geral de 4,0 a 6,0 m) ocorreram níveis seixosos, com dimensões de 1 a 1,5 cm de diâmetro, muito arredondados, foscos, típicos de depósitos aluvionares nos furos 1A-1, 8B-1, 7B-1, 6B-1, 2A-1 e 1B-1. Como nestas profundidades esses materiais se situavam abaixo do nível do lençol freático e, por serem muito friáveis, a obtenção de amostras por trado tornou-se impraticável.

Por meio da observação das amostras coletadas dos furos de trado e de situações topográficas de campo, estabeleceu-se que o alinhamento do Dique 01 poderia se diferenciar em duas partes, em função da ocorrência de solos mais abundantes em cada trecho. Sendo assim, para o Dique 01, do furo 2A-1 a 10B-1, o perfil típico de alteração encontrado foi de um solo aluvionar cinza claro a escuro, orgânico, mais argiloso que arenoso, muito plástico, com espessura que varia de 1 até 5,6 metros, que estão sobrepostos a solos aluvionares amarelados, predominantemente arenosos, friáveis, micáceos, com espessuras que variaram de 1,5 até 4,0 metros de espessura. Na base dessa sequência, pode ser encontrado um aluvião areno pedregulhoso, por vezes seixoso, situando-se de 3,9 a 6,0 m de profundidade. O nível d'água observado varia de 2,0 a 5,0 metros, no máximo, ao longo deste trecho do dique.

Esse perfil típico de alteração é mostrado na **Figura 6.41**.

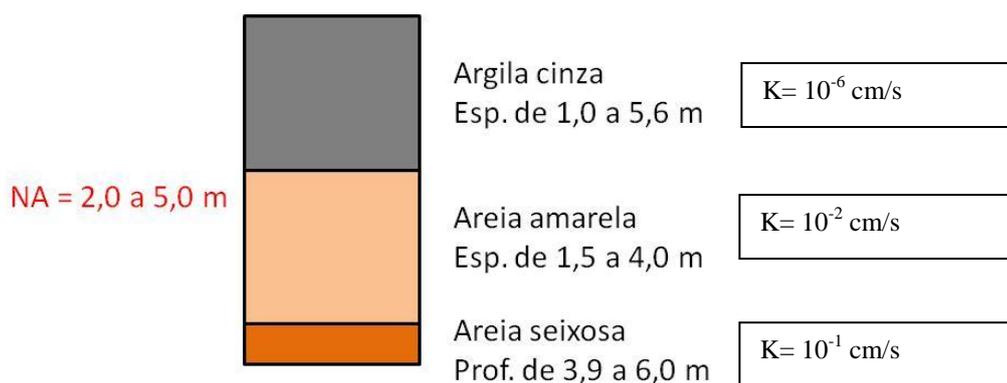


FIGURA 6.41. Perfil típico de alteração do trecho dentro da grande planície aluvionar (do furo 2A-1 a 10B-1), com seus respectivos coeficientes de condutividade (K).

O solo aluvionar cinza, através da análise granulométrica conjunta (ABNT/NBR 6502/95) apresentou textura argilo siltosa pouco arenosa. Os limites de liquidez e de plasticidade apresentaram valores médios de 49% e de 41%, respectivamente, cujo índice de plasticidade (IP) foi de 8%, típicos de solos de mediana plasticidade. Já o solo aluvionar amarelado, apresentou textura predominantemente arenosa fina a média, com teor médio de areia superior a 92%, e teores de silte e argila que variam de 2,3 a 4,6 %, alternadamente. São solos arenosos pouco siltosos ou solos arenosos pouco argilosos. Os limites de liquidez e de plasticidade apresentaram valores médios de 26% e de 29%, respectivamente, cujo IP foi de 3% apenas, típicos de solos pouco plásticos. A base de seixos e areia amarelada são constituídas por materiais de textura de seixos com matriz de areia fina a média, muito arredondados e incoesos.

Já no trecho mais à montante do dique, envolvendo os furos a trado 1B-1, 2B-1 e 3B-1, a sequência de materiais inconsolidados diferencia-se do trecho descrito anteriormente, e apresentou uma camada de colúvio castanho avermelhado, por vezes micáceo, argilo arenoso, com espessura de 3,3 a 4,4 metros de espessura que sobrepõem solos amarelos predominantemente arenosos, com espessuras de 1,40 até, no máximo, 2,30 metros de espessura. O nível d'água encontrado flutuou de 3,0 a 6,0 metros, em função da posição topográfica que variou nestes furos.

Sendo assim, na **Figura 6.42**, tem-se o estabelecimento do perfil típico de alteração deste trecho do dique 01, mais à montante sob domínio de colúvio.

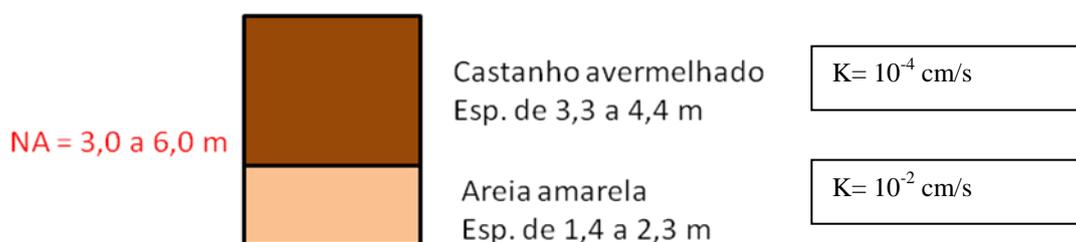


FIGURA 6.42. Perfil típico de alteração do trecho a montante do dique 01 (furos 1B-1, 2B-1 e 3B-1), com seus respectivos coeficientes de condutividade (K).

O solo castanho avermelhado, segundo a ABNT/NBR 6502/95, apresentou textura que varia de areia argilo siltosa a areia silto argilosa. Os limites de liquidez e de plasticidade não puderam ser determinados devido à impossibilidade de se realizar o ensaio para esses solos arenosos. O solo aluvionar amarelado subjacente apresentou textura predominantemente arenosa fina a média, sendo solos arenosos pouco siltosos ou solos arenosos pouco argilosos. Os limites de liquidez e de plasticidade apresentaram valores médios de 26% e de 29%, respectivamente, cujo IP foi de 3% apenas, típicos de solos pouco plásticos.

DIQUE 02

O Dique 02 consiste de um trecho longo, onde foram executados 05 furos a trado, com a presença de materiais retrabalhados e, predominantemente, aluvionares. Na **Tabela 6.9** é apresentado um resumo das sondagens a trado executadas ao longo deste dique.

TABELA 6.9. Resumo dos dados das sondagens a trado realizadas ao longo do dique 02.

| Furo | Coordenadas geográficas UTM | Material inconsolidado | Profundidade do furo (m) | Nível d'água (m) |
|------|-----------------------------|-------------------------------------|--------------------------|------------------|
| 1B-2 | 403571 7538232 | Argila cinza | 1,60 | 1,20 |
| 2B-2 | 403459 7539001 | Argila siltosa cinza | 1,80 | 1,30 |
| 3B-2 | 403517 7539437 | Argila arenosa cinza | 2,50 | 2,20 |
| 4B-2 | 403543 7540559 | Argila arenosa cinza | 2,00 | 1,50 |
| 2A-2 | 403538 7539777 | Argila arenosa castanho avermelhada | 2,40 | 1,60 |

O alinhamento do Dique 02 encontra-se muito próximo da drenagem e em cotas topográficas muito baixas, em áreas de predomínio de materiais aluvionares, com espessuras superiores a 1,5 metros, em geral. Sendo assim, observou-se que o nível d'água é muito próximo da superfície, valor médio de 1,50 metros apenas, cuja textura é de uma argila arenosa cinza, rica em matéria orgânica, podendo apresentar níveis ou locais mais siltosos ou mais arenosos.

Foi possível o estabelecimento de um perfil típico de alteração do dique 02, constituído essencialmente por material aluvionar, conforme ilustrado na **Figura 6.43**.



FIGURA 6.43. Perfil típico de alteração do dique 02 (furos 1B-2, 2B-2, 3B-2, 4B-2 e 2A-2), com seu respectivo coeficiente de condutividade (K).

O solo aluvionar cinza, por meio da análise granulométrica conjunta (Norma 6502, ABNT, 1980), apresentou textura argilo silto arenosa ou argilo areno argilosa, com frações muito próximas de silte e areia. Os limites de liquidez e de plasticidade apresentaram valores médios de 47% e de 34%, respectivamente, cujo IP foi de 13%, típico de solos de mediana plasticidade.

DIQUE 03

O Dique 03 consiste de um trecho relativamente curto, onde foram executados 02 furos a trado, com a presença de materiais aluvionares, podendo ter um recobrimento não natural de solos residuais de aterro. Na **Tabela 6.10** é apresentado um resumo das sondagens a trado executadas ao longo deste dique.

TABELA 6.10. Resumo dos dados das sondagens a trado realizadas ao longo do dique 03.

| Furo | Coordenadas Geográficas UTM | Material Inconsolidado | Profundidade do furo (m) | Nível d'Água (m) |
|------|-----------------------------|------------------------------|--------------------------|------------------|
| 1A-3 | 406265 7542685 | Argila siltosa cinza escura | 3,60 | 2,60 |
| 3B-3 | 4071334 7543632 | Argila siltosa cinza escura- | 2,60 | 2,50 |

Houve presença de uma argila siltosa cinza, de origem aluvionar, muitas vezes com diminutas intercalações de níveis mili a centimétricos de areia fina. A tonalidade cinza deve-se à presença de matéria orgânica. Recobrimo este material, mesmo nas porções de várzea, observou-se que podem ocorrer materiais de aterro argiloso de cor castanho avermelhado com espessura de até 2,0 metros. O nível d'água ao longo do Dique 03 é de 2,60 metros, em geral.

O perfil típico de alteração do Dique 03, constituído por material aluvionar (material natural), pode ser analisado na **Figura 6.44**.

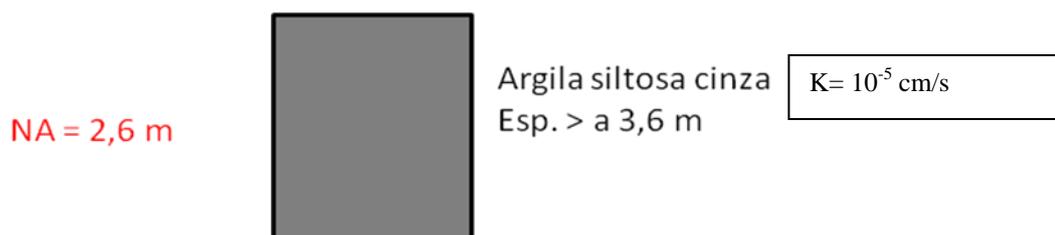


FIGURA 6.44. Perfil típico de alteração do dique 03 (furos 1A-3 e 3B-3), com seu respectivo coeficiente de condutividade (K).

O solo aluvionar cinza, também por análise granulométrica conjunta (Norma 6502, ABNT, 1980), apresentou textura argilo silto arenosa ou argilo areno argilosa. Os limites de liquidez e de plasticidade apresentaram valores médios de 48% e de 43%, respectivamente, cujo IP foi de 5%, típico de solos de baixa plasticidade.

DIQUE 04

O Dique 04 consiste de um trecho muito curto, o menor de todos os alinhamentos de diques estudados, na qual foram executados 02 furos a trado. Os materiais são essencialmente aluvionares, podendo ter um pequeno recobrimento de material de aterro. Na **Tabela 6.11** é apresentado um resumo das sondagens a trado executadas ao longo deste dique.

TABELA 6.11. Resumo dos dados das sondagens a trado realizadas ao longo do dique 04.

| Furo | Coordenadas Geográficas UTM | Material Inconsolidado | Profundidade do furo (m) | Nível d'Água (m) |
|------|-----------------------------|--------------------------------------|--------------------------|------------------|
| 1A-4 | 404364 7540884 | Argila arenosa cinza + areia amarela | 3,50 | 3,50 |
| 2B-4 | 404721 7540837 | Argila arenosa cinza + areia amarela | 2,00 | 2,00 |

No Dique 04 há presença de uma argila arenosa cinza sobreposta a uma areia amarelada, ambas de origem aluvionar, A argila cinza possui elevado teor de matéria orgânica. O nível d'água ao longo do Dique 04 variou de 2,0 a 3,5 metros.

O perfil típico de alteração do Dique 04, constituído por materiais aluvionares de texturas diferentes, pode ser analisado na **Figura 6.45**.



FIGURA 6.45. Perfil típico de alteração do dique 04 (furos 1A-4 e 2B-4), com seus respectivos coeficientes de condutividade (K).

O solo aluvionar cinza, por análise granulométrica conjunta (Norma 6502, ABNT, 1980), apresentou textura argilo silto arenosa. Os limites de liquidez e de plasticidade apresentaram valores médios de 45% e de 41%, respectivamente, cujo IP foi de apenas 4%, típico de solos de muito baixa plasticidade. Já na camada de solo arenoso amarelo a textura é areia argilosa, com porcentagem de areia por volta de 83% e de argila de 13% em média.

DIQUE 05

O Dique 05 também consiste de um trecho curto dentre os alinhamentos de diques estudados, na qual foram executados dois furos a trado. Os materiais são essencialmente aluvionares, porém localmente observou-se que há dois tipos de materiais aluvionares que se alternam ao longo do seu perfil, ora um material branco argiloso, ora um material amarelado argilo arenoso, dispondo-se na forma de lentes interpostas entre si. Quando se encontra o nível d'água, o material se torna predominantemente arenoso. Na **Tabela 6.12** é apresentado um resumo das sondagens a trado executadas ao longo desse dique.

TABELA 6.12. Resumo dos dados das sondagens a trado realizadas ao longo do dique 05.

| Furo | Coordenadas Geográficas UTM | Material Inconsolidado | Profundidade do furo (m) | Nível d'Água (m) |
|------|-----------------------------|-----------------------------------|--------------------------|------------------|
| 1A-5 | 402256 7540094 | Argila arenosa amarelada | 3,50 | 3,50 |
| 1B-5 | 401807 7540044 | Argila branca com níveis arenosos | 2,00 | 2,00 |

No Dique 05 observou-se a presença de uma argila arenosa amarelada de origem aluvionar. Pode ocorrer também uma camada de argila branca com níveis muito sutis de areia em finas lâminas milimétricas. A opacidade dos grãos denota uma origem aluvionar. O nível d'água ao longo do Dique 05 variou de 2,0 a 3,5 metros.

O perfil típico de alteração do Dique 05, constituído por materiais aluvionares interceptados por meio de lentes de materiais de diferentes cores e texturas, pode ser analisado na **Figura 6.46**.



FIGURA 6.46. Perfil típico de alteração do dique 05 (furos 1A-5 e 1B-5), com seus respectivos coeficientes de condutividade (K).

O solo aluvionar amarelado, pela análise granulométrica conjunta (ABNT/NBR 6502/95), apresentou textura areia argilo siltosa, com frações médias de 48% de areia, 37% de argila e de 14% de silte. Os limites de liquidez e de plasticidade apresentaram valores médios de 36% e de 25%, respectivamente, cujo IP foi de 11%, típico de solos de mediana plasticidade. Já o solo branco apresentou textura mais argilosa que arenosa e baixa plasticidade.

6.3.2.3. Considerações finais

Os solos aluvionares em todos os diques são muito heterogêneos do ponto de vista textural. Em frações de poucos metros há grandes variações, de argila para areia, e de teor de matéria orgânica, a qual aumenta a plasticidade. Aumentando a plasticidade, aumenta-se a deformabilidade frente a compressões. O nível de água em todos é aflorante, ou seja, está em profundidade inferior a 10 metros em todos os pontos ao longo dos diques, considerado muito raso. Geralmente, este é um fator ruim ou inadequado, pois a água é um agente desestabilizador e deve ser considerado na avaliação geotécnica.

Os solos predominantemente argilosos apresentam uma condutividade hidráulica muito baixa. Porém, nas avaliações feitas, verificou-se que há milimétricas intercalações de material arenoso fino, médio a grosso, o que aumenta consideravelmente a condutividade nestas profundidades de ocorrência, dificultando ou inviabilizando a indicação de apenas um valor para toda a camada.

Estes materiais ao longo dos diques não são muito adequados para quaisquer tipos de construção civil, necessitando até, em alguns pontos, sua remoção e substituição por material de empréstimo de melhor qualidade geotécnica. Além disso, recomenda-se que o engenheiro projetista considere as características geológicas e geotécnicas de cada trecho, e possível utilização de estaqueamentos visando aumentar a estabilidade dos diques.

6.4. SOLOS E CAPACIDADE DE USO

6.4.1. METODOLOGIA

6.4.1.1. Estudos pedológicos

Inicialmente, para a caracterização dos solos na área, foi feito levantamento das informações já existentes a partir de bibliografia e cartografia já executados da área e ou da região. Esse trabalho ajudou na caracterização edáfica e direcionamento dos trabalhos de campo. O material básico foi constituído por: carta planialtimétrica, imagens de satélite, modelo digital do terreno e mapa de declividade. As unidades de mapeamento foram identificadas por observação e amostragem ao longo de percursos que cruzaram diferentes padrões de drenagem, relevo, vegetação, geologia e geomorfologia. Todas as classes de solos identificadas na área foram caracterizadas por um perfil representativo completo. O exame e a coleta de amostras de solos, tanto ao longo dos diques quanto nas áreas de empréstimo foram feitos, na maioria, em cortes de estradas e margens do rio, com profundidade suficiente para atingir o horizonte B diagnóstico. Com as amostras coletadas dos horizontes ou camadas foram feitas análises químicas (complexo sortido, carbono orgânico e fósforo) e físicas (densidade do solo, densidade de partículas, porosidade total, estabilidade dos agregados e textura) seguindo-se as normas da EMBRAPA (1979). A partir das características morfológicas, físicas e químicas dos perfis, complementado por análises de correlação com os fatores de formação do solo, foram estabelecidas as classes de solo EMBRAPA, 2006).

O Modelo Digital do Terreno (MDT) permite a avaliação da elevação de determinada região. É utilizado em diversas aplicações, como a elaboração de mapa de declividade, mapa hipsométrico, delimitação de bacias hidrográficas entre outros. No presente trabalho, foi utilizado o SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) da região, que é o MDT desenvolvido pela NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) e NGA (*National Geospatial-Intelligence Agency*), nos Estados Unidos, no ano de 2000. O SRTM possui resolução de 45 metros e foi obtido através do *software* Global Mapper.

O mapa de declividade foi elaborado com base no modelo digital do terreno, no *software* ArcGis 9.2, com a utilização da ferramenta "Slope". A declividade dada em porcentagem foi dividida em seis classes, variando de 0 a 70%.

6.4.1.2. Capacidade de Uso

A classificação dos solos quanto à capacidade de uso foi determinada utilizando metodologia proposta por Lepsch (1983) e foi realizada nas áreas diretamente afetadas pelo empreendimento. Para tanto, dividiu-se a área em glebas de acordo com as classes de declividade existentes a partir do mapa digitalizado com curvas de nível de 10m/10m.

Determinaram-se para cada gleba:

- Textura dos horizontes A e B;
- Profundidade efetiva
- Erosão aparente;
- Pedregosidade;
- Permeabilidade;
- Profundidade do lençol;
- Deficiência hídrica (período de seca) a partir dos dados de precipitação da região, determinando o número de meses consecutivos com estas características;

Por fim, foi gerado um mapa digitalizado da área apresentando as glebas demarcadas e classificadas quanto à classe e à subclasse de capacidade de uso do solo com descrição dos fatores limitantes e a respectiva fórmula mínima.

6.4.1.3. Uso e Ocupação do Solo

O uso e ocupação da área indiretamente afetada foram determinados por classificação supervisionada de imagens do satélite CBERS (20 m de resolução), no *software* ENVI 4.0.

As imagens CBERS (bandas 2,3,4), referentes à cena 154/125 (região de Pouso Alegre), foram obtidas no *site* do Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE). Tomou-se o cuidado de selecionar imagens recentes, 16 de agosto de 2009, e sem coberturas de nuvens a fim de se obter uma classificação representativa e confiável.

Para a composição colorida, as imagens foram dispostas na sequência 432-RGB, para que fosse dado destaque à vegetação, já que a banda quatro, responsável pela refletância da vegetação, assumiu coloração avermelhada. A composição colorida foi georreferenciada com base na imagem Geocover S-23-20_2000, disponível no *site* da NASA, para corrigir pequenos deslocamentos das imagens CBERS.

A classificação supervisionada foi realizada com base na composição colorida 432-RGB, pela coleta de amostras com refletância típica das fisionomias consideradas, conforme **Tabela 6.13**. A classificação foi feita pelo método “maximum likelihood” no *software* ENVI.

TABELA 6.13. As bandas do LANDSAT e suas faixas espectrais

| Banda | Faixa Espectral (μm) | Espectro Eletromagnético |
|-------|-----------------------------------|--------------------------|
| 2 | 0,52 – 0,59 | Verde |
| 3 | 0,63 – 0,69 | Vermelho |
| 4 | 0,77 – 0,89 | Infravermelho próximo |

Em campo, as principais fisionomias (**Tabela 6.14**), presentes na área indiretamente afetada foram marcadas com GPS, a fim de se obter a verdade terrestre, ou seja, pontos que, quando confrontados com o mapa de uso e ocupação, confirmem as suposições consideradas durante a elaboração do mapa.

TABELA 6.14. Temas selecionados na confecção do mapa de Uso e Ocupação do Solo

| Tema | Legenda |
|-------------|--------------------|
| 1 | Área Urbana |
| 2 | Pastagem |
| 3 | Formações Naturais |
| 4 | Reflorestamento |
| 5 | Solo exposto |
| 6 | Cultivos Agrícolas |

6.4.1.4. Macrozoneamento de Pouso Alegre e seu atual Uso e Ocupação do Solo

O Plano Diretor de Pouso Alegre, disposto pela Lei Ordinária nº 4707/2008 é o instrumento básico de desenvolvimento e expansão urbana do Município, que visa ordenar o uso do solo estabelecendo critérios para a ocupação. Para o ordenamento territorial foi criado seu macrozoneamento municipal.

Esse macrozoneamento foi colocado em escala e georeferenciado com o auxílio do programa AutoCAD, sendo então recortado dentro dos limites da área indiretamente afetada do atual estudo. Com o software ArcGis 9.2 foi possível sobrepor ao mapa de Uso e Ocupação do Solo o macrozoneamento, verificando adequações de uso nas respectivas zonas.

6.4.1.5. Áreas de empréstimo e bota-fora

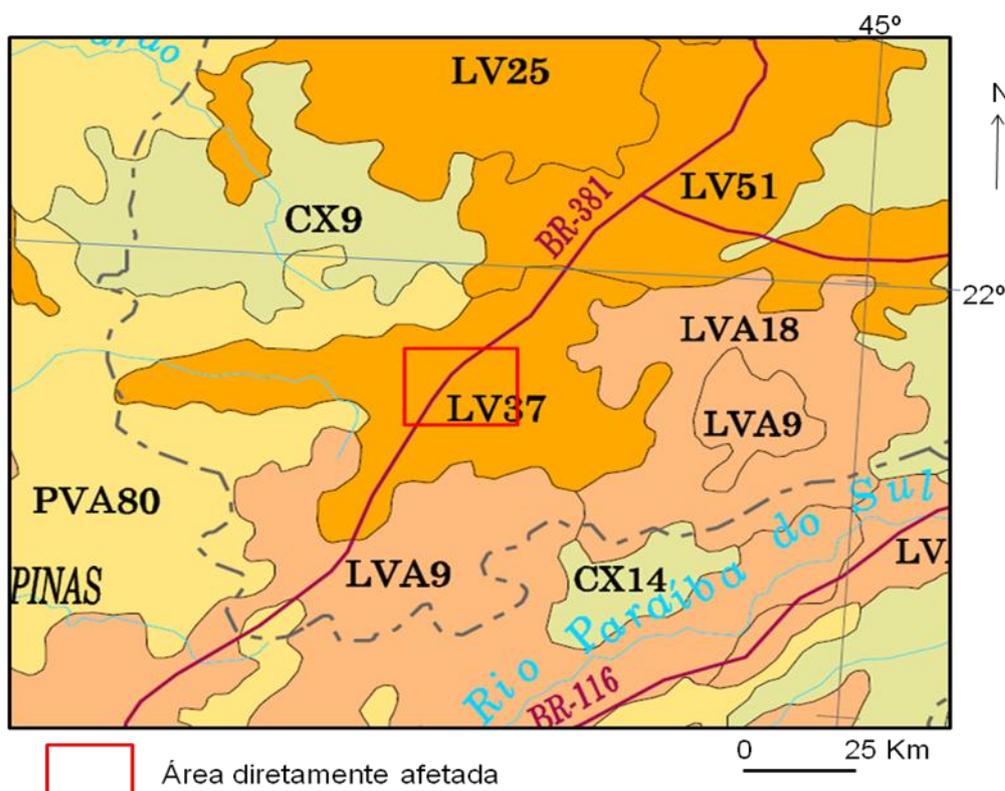
Para seleção das áreas que fornecerão volumes de solo necessários para a construção dos diques, deu-se preferência para áreas com cobertura do solo de fácil retirada e recomposição, evitando impactos significativos sobre a cobertura vegetal e a fauna local. A questão da aceitabilidade por parte do dono da propriedade foi também levada em consideração, assim como o acesso viável para a intervenção na área. Todas as áreas foram ainda caracterizadas geológica e geotecnicamente.

6.4.2. DIAGNÓSTICO

6.4.2.1. Pedologia regional

A área de pesquisa situa-se ao sul do Estado de Minas Gerais, no município de Pouso Alegre, tendo como principal canal de drenagem o Rio Sapucaí. O quadrante contendo a área indiretamente afetada do atual estudo (em vermelho) situa-se entre as coordenadas geográficas 22° 20' a 22° 11' de latitude Sul e 45° 48' a 46° 01' de longitude Oeste, conforme representado na **Figura 6.47**.

Segundo IBGE (2001), regionalmente, a área encontra-se em domínios de Latossolos Vermelhos a Vermelhos Amarelos distróficos, associados a Cambissolos Háplicos, com argila de baixa atividade e distróficos.



- ARGILOSOLO VERMELHO AMARELO (PVA)
 - PVA80 – PVA eutrófico + PV eutrófico + LV distrófico
 - CAMBISSOLOS HÁPLICOS (CX)
 - CX9 – CX Tb distrófico + LV distrófico + LVA distrófico
 - CX14 – CX Tb distrófico + LVA distrófico + AR
 - LATOSSOLOS VERMELHOS (LV)
 - LV25 – LV distrófico + PVA distrófico
 - LV37 – LV distrófico + LVA distrófico + CX Tb distrófico
 - LV51 – LV distrófico + CX Tb distrófico + PV distrófico
 - LATOSSOLOS VERMELHOS AMARELOS (LVA)
 - LVA9 – LVA distrófico + CX Tb distrófico
 - LVA18 – LVA distrófico + LV distrófico + CX Tb distrófico
- (Tb = argila de atividade baixa; AR = afloramento de rocha)

FIGURA 6.47. Mapa Pedológico Regional do Estado de Minas Gerais, com a situação da Área diretamente afetada, objeto da pesquisa (IBGE, 2001).

A classe dos Latossolos compreende solos constituídos por material mineral, com horizonte B latossólico, imediatamente abaixo de qualquer um dos tipos de horizonte diagnóstico superficial. São solos que apresentam avançado estágio de intemperismo e, conseqüentemente, material coloidal com baixa capacidade de troca de cátions e baixos teores ou virtual ausência de minerais primários facilmente alteráveis. Sua reserva em nutrientes é, portanto, muito reduzida, fato que não impede que sejam solos bastante produtivos quando bem manejados. A baixa atividade da fração argila qualifica os Latossolos, especialmente os de textura argilosa, como excelentes para piso de estrada. Apesar de sua relativa baixa capacidade adsortiva, por serem em geral profundos, possuem espessa zona de aeração, o que os qualifica como adequados para aterro sanitário, depósito de efluentes, lagoa de decantação, cemitério, entre outras atividades.

A concepção central da classe dos Cambissolos é a de solos que, em geral, não são muito profundos, apresentam teores relativamente elevados de minerais primários facilmente intemperizáveis, a atividade da fração argila é de média a alta, e solum com discreta variação de textura. Há, contudo, inúmeros casos de Cambissolos que fogem a este padrão.

6.4.2.2. Pedologia local

A partir do levantamento de solos feito a campo, observando suas características morfológicas, além de análises físicas e químicas, associado ao mapa de declividade (**Figura 6.48**) e mapa de altitude (**Figura 6.49**), foram gerados os mapas de solos apresentado na **Figura 6.50** para a área indiretamente afetada e **Figura 6.51** para a área diretamente afetada.

Como se pode observar pela **Figura 6.50**, a classe dominante para a área indiretamente afetada é representada pelos Latossolos, com 64,10% do total, que ocupam as áreas com relevo plano a suave ondulado e altitude em torno de 900 m, cobertos por extensas áreas de pastagem, reflorestamento e alguns fragmentos de mata secundária. Para a área diretamente afetada (**Figura 6.51**) essa classe apresenta em pequena porcentagem, 13,88% do total. De acordo com as análises químicas, físicas e morfológicas, esses solos se enquadram na classe dos Latossolos Vermelhos Distróficos, horizonte A moderado e textura argilosa. O horizonte B latossólico se mostrou bastante espesso, atingindo, em alguns locais, profundidades de até 5 m. Estes solos apresentam, em vista do seu avançado estágio de intemperismo, mineralogia da fração argila representada, essencialmente, por óxidos de ferro (hematita, goetita), óxidos de alumínio (gibbsite) e por caulinita, e por virtual ausência de minerais primários facilmente intemperizáveis nas frações mais grosseiras. Esses fatores, aliados à textura, são determinantes na sua boa condição de permeabilidade (**Figuras 6.52 e 6.53**) e

juntamente com a coesão relativamente baixa, permitem fácil penetração do sistema radicular, além de profundo enraizamento. Pelas análises químicas, esses solos foram classificados como distróficos, ou seja, de baixa fertilidade, o que não impede que, com planos corretos de adubações, possam apresentar alta produtividade. Devido ao manejo inadequado, as extensas áreas ocupadas por pastagens encontram-se com sinais marcantes de erosão laminar e em sulco, conforme apresentado na **Figura 6.54**. Entretanto, voçorocas não foram encontradas nas áreas que apresentam vegetação, em decorrência, principalmente, da baixa declividade em que esses solos ocorrem na área em estudo.

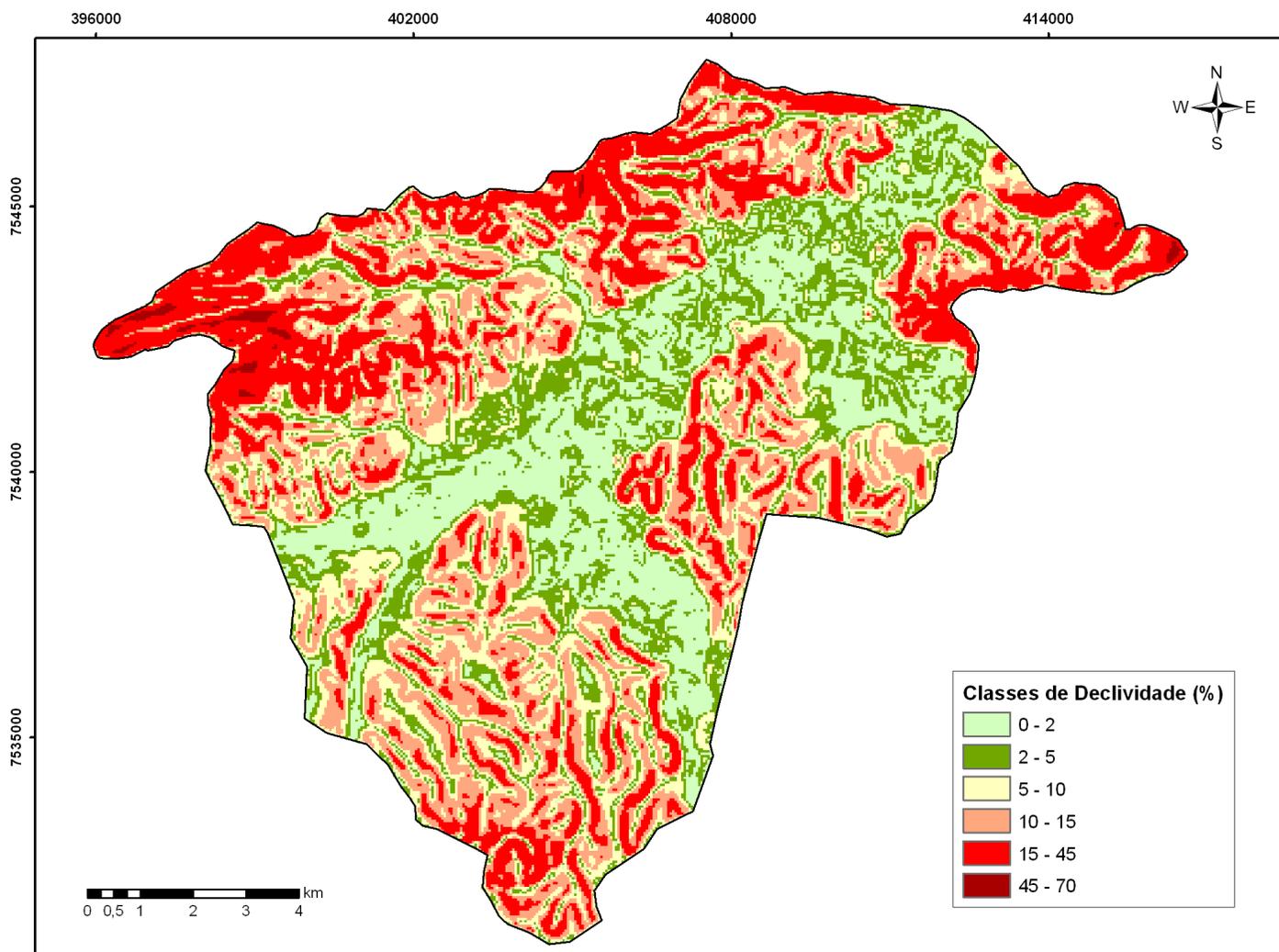


FIGURA 6.48. Mapa de classes de declividade para a Área Indiretamente Afetada onde serão instalados os diques para contenção de cheias, no município de Pouso Alegre/MG.

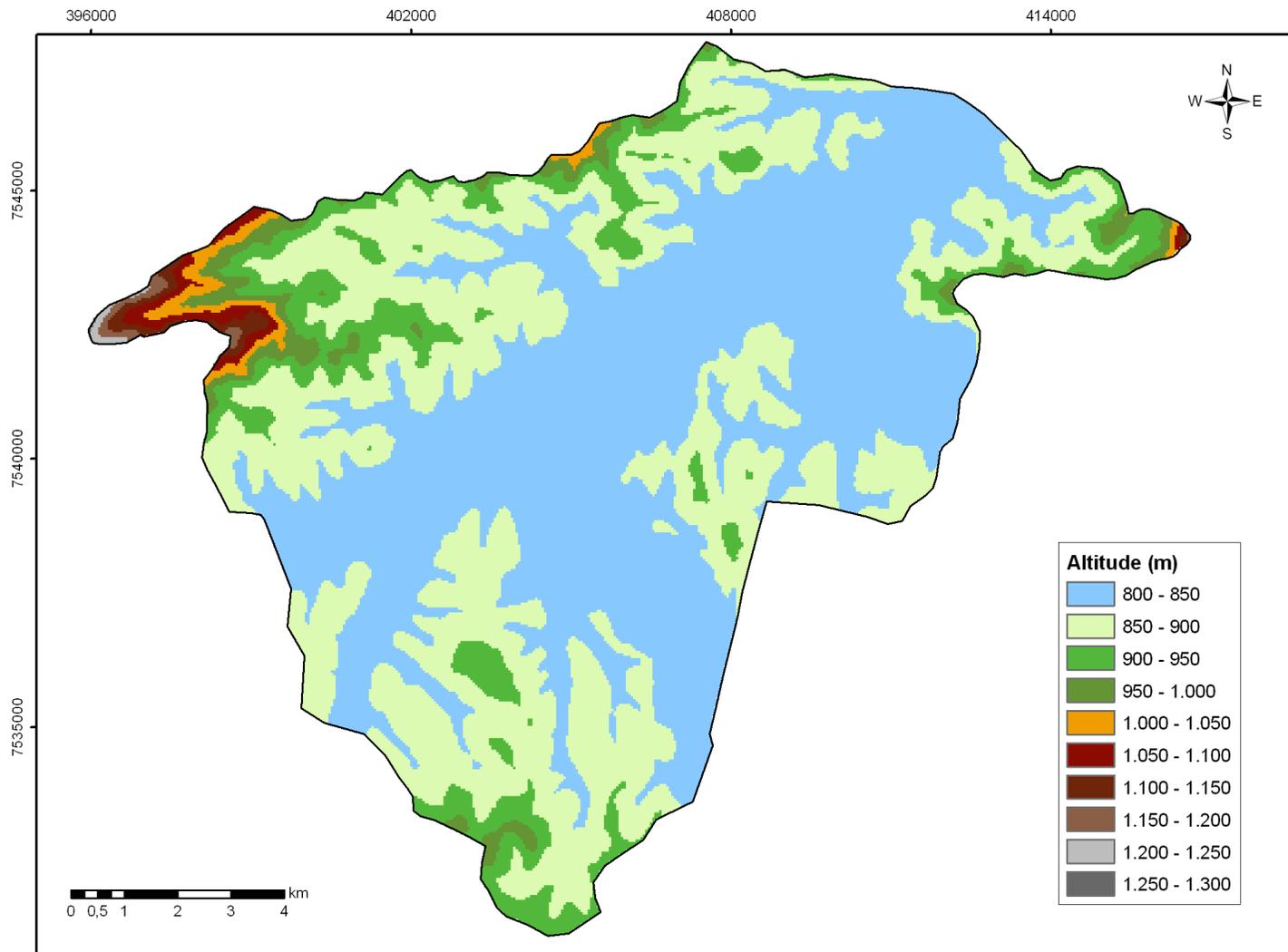


FIGURA 6.49. Mapa de classes de altitude para a Área Indiretamente Afetada pelos diques para contenção de cheias, no município de Pouso Alegre/MG.

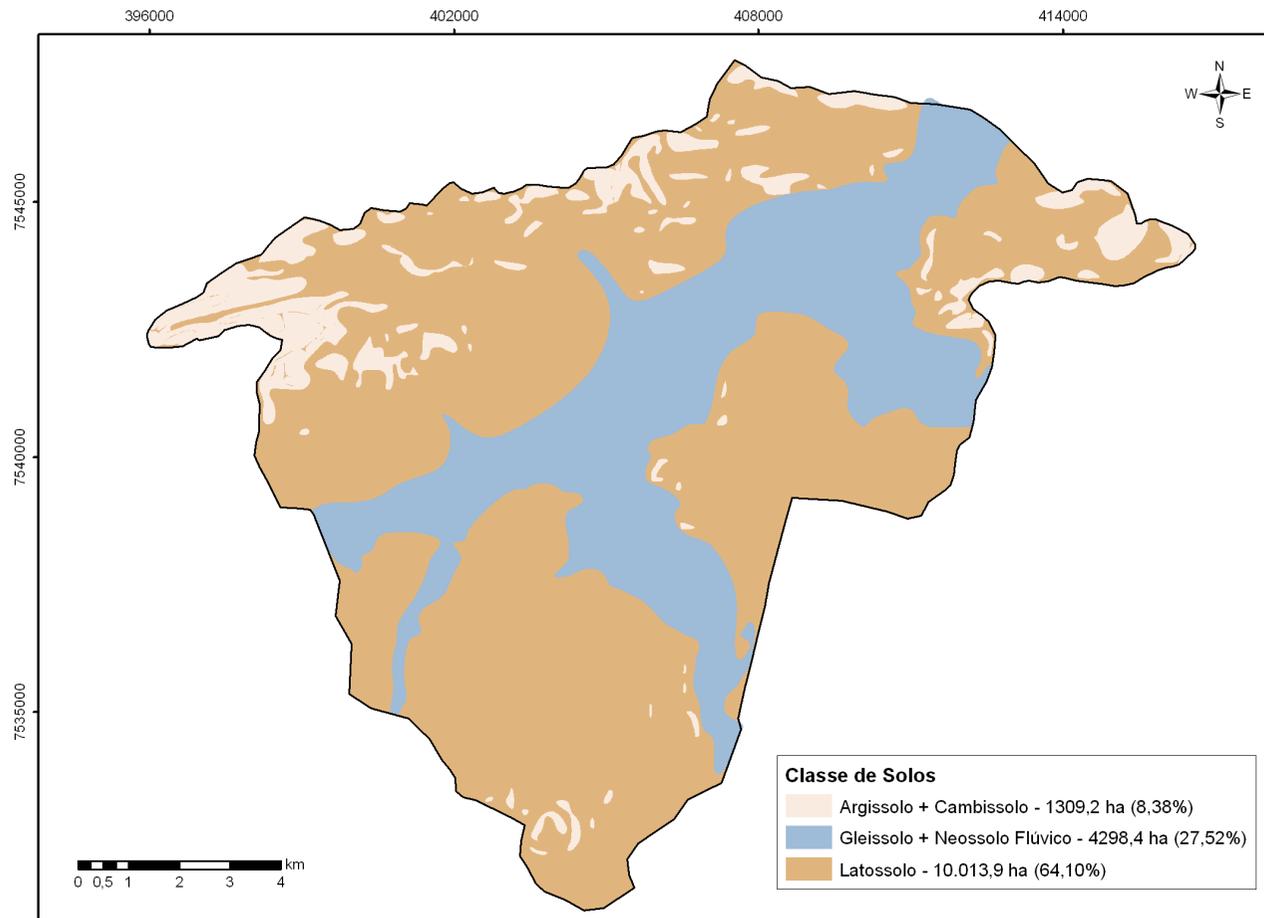


FIGURA 6.50. Mapa de solos da Área Indiretamente Afetada do projeto de implantação de diques para contenção de cheias, no município de Pouso Alegre/MG.

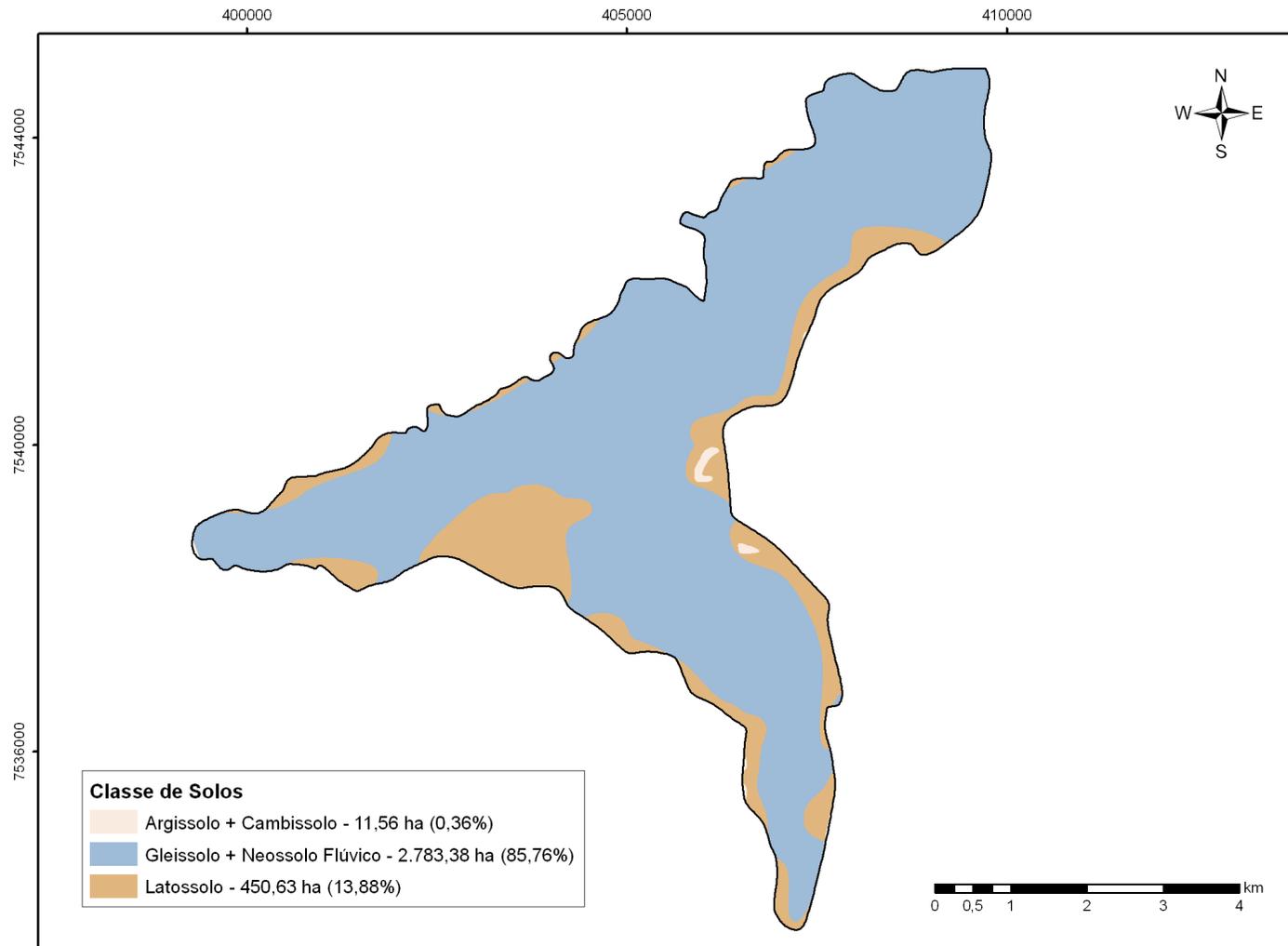


FIGURA 6.51. Mapa de solos da Área Diretamente Afetada do projeto de implantação de diques, no município de Pouso Alegre/MG.

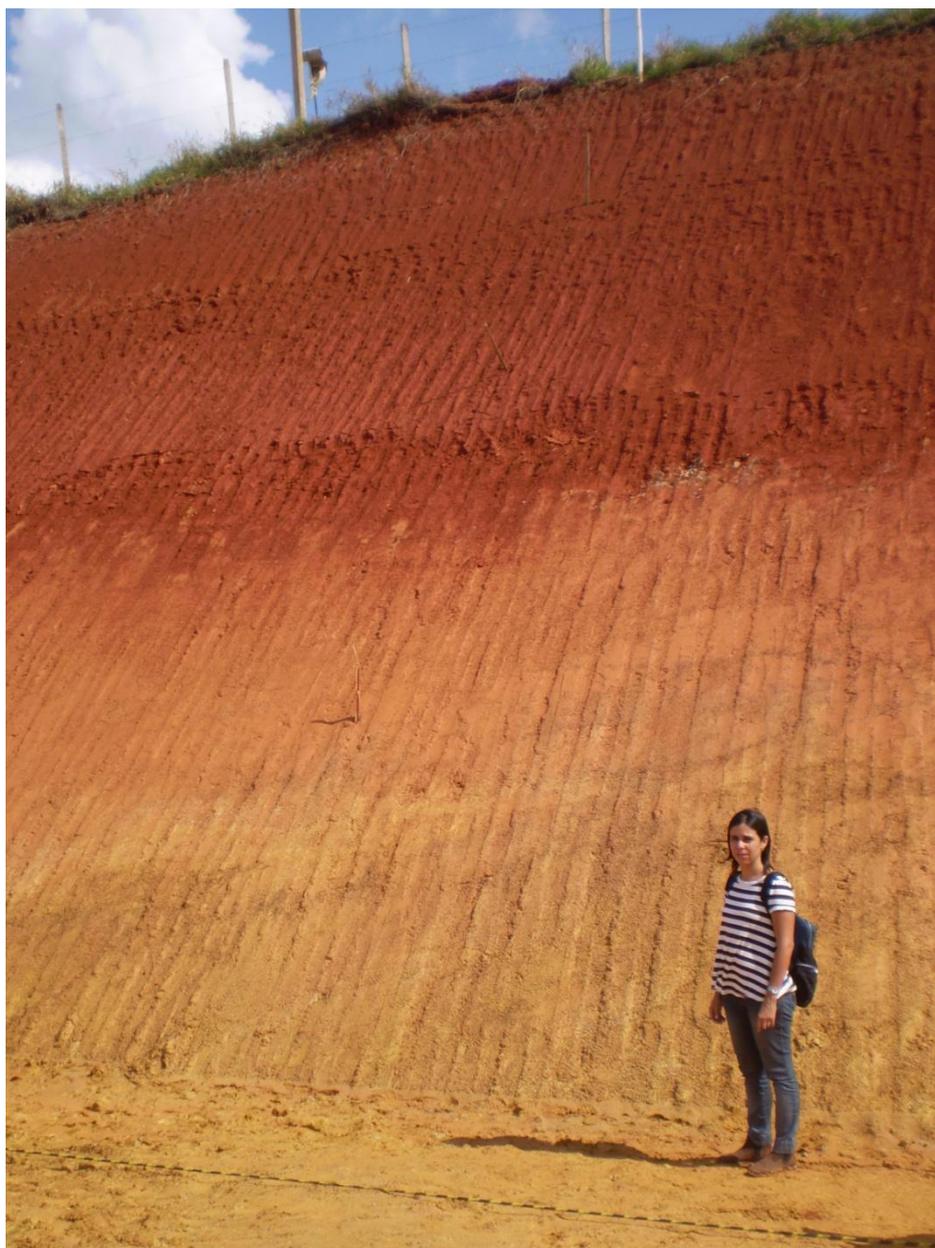


FIGURA 6.52. Perfil de um Latossolo Vermelho no município de Pouso Alegre, MG.



FIGURA 6.53. Foto mostrando detalhes da cor, estrutura e porosidade de um Latossolo Vermelho no município de Pouso Alegre, MG.



FIGURA 6.54. Foto mostrando erosão em sulcos em pastagens, no município de Pouso Alegre, MG.

Outra classe de solos comum nas áreas de estudo, os Gleissolos associados a Neossolos Flúvicos, ocupa extensas áreas de relevo plano e altitude média de 820 m, sujeitas a inundações periódicas. São solos que apresentam o lençol freático a menos de 1,5 m da superfície e excesso de água decorrente da má drenagem interna, limitando bastante o seu uso, tanto do ponto de vista geotécnico quanto agrônômico. Os Neossolos Flúvicos (**Figura 6.55**) são solos derivados de sedimentos aluviais, constituído por camadas estratificadas, se apresentando em estreita faixa ao longo dos rios que cortam a área em estudo. São cobertos por matas ciliares em alguns trechos, conforme pode-se observar na **Figura 6.56**. Como o relevo é plano, não apresentam sinais de erosão, a não ser desbarrancamentos dentro dos rios, principalmente onde a mata ciliar está ausente. Pelas análises químicas realizadas, esses solos são enquadrados como de argilas de baixa atividade e distróficos, os quais, apesar desta limitação, são solos considerados bons para a agricultura quando adequadamente manejados.



FIGURA 6.55. Foto mostrando diferenças texturais das camadas estratificadas do perfil de um Neossolo Flúvico, no município de Pouso Alegre, MG.



FIGURA 6.56. Foto mostrando matas ciliares cobrindo os Neossolos Flúvicos no município de Pouso alegre, MG.

A maior parte da área diretamente afetada encontra-se nessas classes de solo (Gleissolo + Neossolos Flúvicos), conforme pode-se verificar na **Figura 6.51**, com 85,76% do total da área, enquanto para a área indiretamente afetada essa porcentagem é de 27,52%. Como são classes de solo cujo uso é naturalmente limitado, são adequados para serem utilizados na contenção de enchentes sem perda significativa de área relevantes e, ainda, como são tolerantes a inundações periódicas, não haverá impactos significativos sobre os solos devido à contenção de água das enchentes.

Nos mapas de classe de solos da área indiretamente afetada (**Figura 6.50**) e da área diretamente afetada (**Figura 6.51**), pode-se observar que a associação de Argissolos com Cambissolos (**Figura 6.57**) ocupa áreas pouco expressivas no local de estudo, 8,38% e 0,36% respectivamente. Essas classes de solo são restritas às maiores declividades (23% a 70%) e altitudes acima de 950 m. São solos pouco profundos, sujeitos à ação erosiva da água, em função da alta declividade e da mudança textural. Em relação à fertilidade, são distróficos, com argilas de baixa atividade. Estão na maioria das áreas ocupadas com pastagem que, se mal manejada, apresenta sinais de erosão laminar e em sulcos.



FIGURA 6.57. Perfil de um Cambissolo Háplico Tb distrófico, no município de Pouso Alegre, MG.

6.4.2.3. Capacidade de uso do solo nas áreas indiretamente afetadas

A capacidade de uso foi determinada segundo metodologia proposta por Lepsch (1983), no qual a terra é classificada de acordo com sua adaptabilidade para fins diversos, sem que sofra depauperamento pelos fatores de desgaste e empobrecimento. Assim, o sistema se baseia nas limitações permanentes das terras e é voltado para as possibilidades e as limitações à sua utilização, ideia esta diretamente relacionada a sua intensidade de uso.

A distribuição dos solos da área em estudo assim como sua capacidade de uso estão diretamente ligadas à declividade e à altitude em que estes se encontram. Assim, as classes de solo e suas principais limitações podem ser agrupadas dentro das seguintes classes de uso:

Terras de classe III: são terras próprias para lavouras em geral, mas que, quando cultivadas sem cuidados especiais, ficam sujeitas a severos riscos de depauperamento, principalmente no caso de culturas anuais. Requerem medidas intensas e complexas de conservação do solo, a fim de serem cultivadas seguras e permanentemente, com produção média a elevada, de culturas anuais adaptadas. Compreende as áreas de domínio dos Latossolos, que apresentam relevo plano a suave ondulado, e altitudes em torno de 900 m, sendo as principais limitações à erosão laminar moderada e em sulcos rasos, que estes solos apresentam atualmente, conforme **Figura 6.58**. Pode-se também destacar a baixa fertilidade natural destes solos que, para atingirem produtividades elevadas, precisam de adubações pesadas, que podem ser comprometidas pelo nível socioeconômico do agricultor. Medidas de conservação como plantio em nível, faixas de contenção, adubação verde, rotação de culturas devem ser adotadas para os solos desta classe de uso. Um exemplo de utilização dessa classe com plantio de mandioca dentro da área indiretamente afetada do atual estudo pode ser visto na **Figura 6.59**.



FIGURA 6.58. Solos de Classe de Capacidade de Uso III cobertos por pastagem com sinais de degradação. Município de Pouso Alegre, MG.



FIGURA 6.59. Solos de classe III com plantio de mandioca no município de Pouso Alegre, MG.

Terras de classe V: são terras planas, praticamente livres de erosão, mas impróprias para serem exploradas com culturas anuais, e que podem, com segurança, ser apropriadas, para pastagens (**Figura 6.60**), florestas ou mesmo para algumas culturas permanentes, sem a aplicação de técnicas especiais. Embora apresentando-se praticamente planas e não sujeitas à erosão, não são adaptadas para exploração com culturas anuais comuns, em razão de impedimentos permanentes como encharcamento e frequente risco de inundação. Encontram-se neste grupo os Neossolos Flúvicos e Gleissolos Háplicos que, além das limitações já citadas, ainda são solos de baixa fertilidade natural. Poderiam ser drenados permanentemente e ocupar classes mais elevadas na classificação quanto à capacidade de uso, entretanto projetos de drenagem apresentam custos elevados, não condizentes com o nível tecnológico do agricultor da região. Outro aspecto a ressaltar são as APP's ao longo do rio Sapucaí e seus afluentes (**Figura 6.61**), que ocupam as áreas de Neossolos Flúvicos e não deveriam ser utilizadas para nenhum outro fim que não fosse a preservação da flora e fauna, o que infelizmente não vem ocorrendo.



FIGURA 6.60. Solos de classe V em planície aluvial ocupada por pastagem. Ao fundo observa-se a mata ciliar. Município de Pouso Alegre, MG.



FIGURA 6.61. Neossolos flúvicos pertencentes a Classe V de Capacidade de Uso, cobertos por mata ciliar. Pouso Alegre, MG.

Terras de classe VI: As terras da classe VI (**Figura 6.62**) apresentam limitações severas que as tornam, em geral, inadequadas para uso com plantas cultivadas, limitando seu uso para pastagem, reflorestamento e vida silvestre. Na região em estudo, essas terras são representadas pelos Argissolos Amarelos e Cambissolos Háplicos que ocupam as pequenas áreas de maiores declividades, não sendo de grande importância, em termos espaciais. Podem ser utilizadas para pastagens, mas devem-se aplicar técnicas de conservação do solo, como enriquecimento com leguminosas, plantio de faixas de contenção em curvas de nível e, principalmente, não usar fogo como medida de controle de pragas e doenças. Quando utilizadas para reflorestamento, o plantio deve ter uma densidade menor de árvores por metro quadrado, permitindo a formação de sub-bosque que proteja o solo contra erosão. As áreas com declividade superior a 45% devem ser destinadas à preservação da vida silvestre. Nos locais já degradados, com sinais marcantes de erosão, deverão ser adotadas medidas de recuperação da vegetação nativa.



FIGURA 6.62. Solos de Classe de Capacidade de Uso VI cobertos por pastagem, no município de Pouso Alegre, MG.

6.4.2.4. Uso e ocupação do solo

O detalhamento e o conhecimento da cobertura, bem como do uso do solo de determinada área, facilita qualquer trabalho que envolva áreas de domínio de uma bacia hidrográfica. Tanto a cobertura do solo quanto o seu uso determinam o regime do escoamento superficial da água, assim como sua taxa de infiltração no solo. Portanto, a infiltração do solo se faz em função de vários fatores, como tipo de solo, topografia, tipo de cobertura do solo, forma de uso do solo.

O uso do solo é resultante da ação humana. Assim, um solo mal manejado apresenta uma baixa taxa de infiltração e, conseqüentemente, um alto escoamento superficial, provocando uma maior variação entre a vazão mínima e a vazão máxima, devendo essas variáveis ser consideradas no dimensionamento de construções a interferirem em cursos d'água, como a própria construção de diques.

Pouso Alegre ocupa a posição de segunda maior cidade do sul de Minas Gerais e a décima nona do estado, sendo um polo regional, que supre as cidades vizinhas com seu importante setor de serviços, principalmente pelo comércio varejista bem diversificado. Segundo dados do CNM (2006), o município de Pouso Alegre apresenta seu PIB distribuído em: 56,82% no setor de serviços; 27,92% no setor industrial; 2,54% na agropecuária; e 12,72% nos impostos. A distribuição de atividades antrópicas é um dos fatores mais determinantes do uso e ocupação que será dado à área em questão. Detalhes neste sentido serão feitos no diagnóstico ambiental do meio socioeconômico, **Volume IV** deste Estudo.

Os mapas de uso e ocupação do solo das áreas indireta e diretamente afetadas do atual estudo encontram-se, respectivamente, nas **Figuras 6.63 e 6.64**. Nas **Figuras 6.65 e 6.66** estão apresentadas as porcentagens do Uso e Ocupação do Solo dos respectivos mapas.

FIGURA 6.63. Mapa de uso e ocupação do solo para a Área Indiretamente Afetada do projeto de implantação de diques para contenção de cheias, no município de Pouso Alegre/MG.

FIGURA 6.64. Mapa de uso e ocupação do solo na Área Diretamente Afetada do projeto de implantação de diques para contenção de cheias, no município de Pouso Alegre/MG.

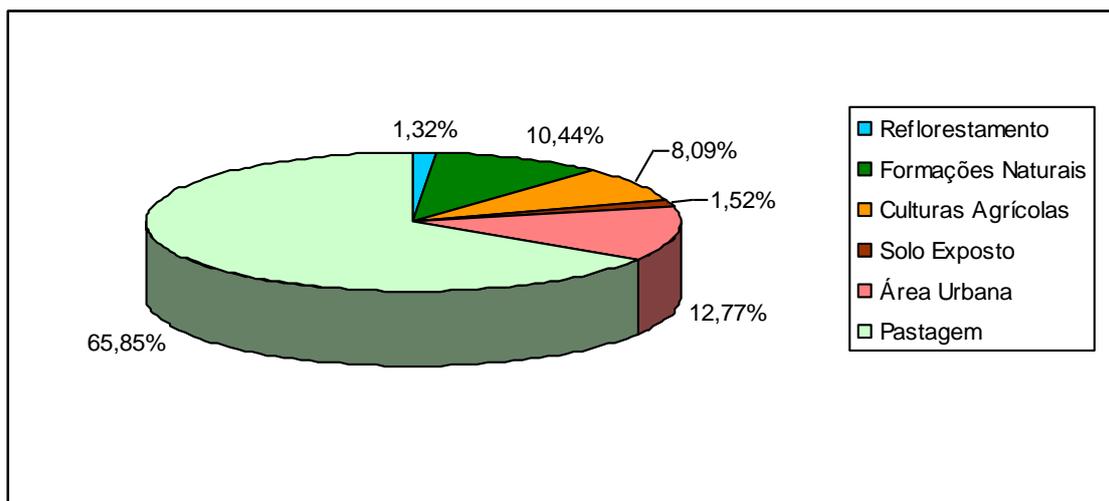


FIGURA 6.65. Distribuição percentual do Uso e Ocupação da Área Indiretamente Afetada do empreendimento.

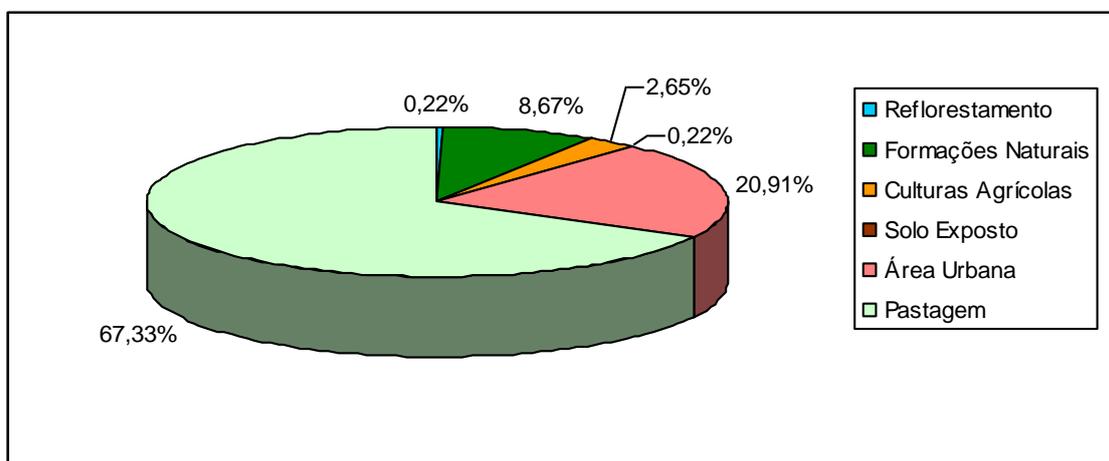


FIGURA 6.66. Distribuição percentual do Uso e Ocupação da Área Diretamente Afetada do empreendimento.

Quanto ao Uso e à Ocupação do Solo na área indiretamente afetada do empreendimento (**Figura 6.65**), a maior parcela está representada na forma de pastagem, com 65,85% da área total, seguido da área urbana, que ocupa 12,77% da área total. Quando avaliada apenas na área diretamente afetada (**Figura 6.66**), a área urbana quase dobra (20,91%), já que as obras se concentram mais nessas áreas. Dentro da área urbana, tem-se áreas domiciliares, industriais e comerciais (**Figura 6.67**). O município de Pouso Alegre é um dos maiores polos industriais da região sul de Minas Gerais, contando com empresas multinacionais e brasileiras de grande porte, em diversos setores, como alimentício, plásticos, borrachas, auto-peças e automotivas, químicas e farmacêuticas, entre outras. Seu comércio varejista também recebe destaque, abastecendo cidades vizinhas com uma grande diversidade de estabelecimentos comerciais e de serviços.



Fonte: *Google Earth*

FIGURA 6.67. Imagem da Área Urbana do município de Pouso Alegre, MG.

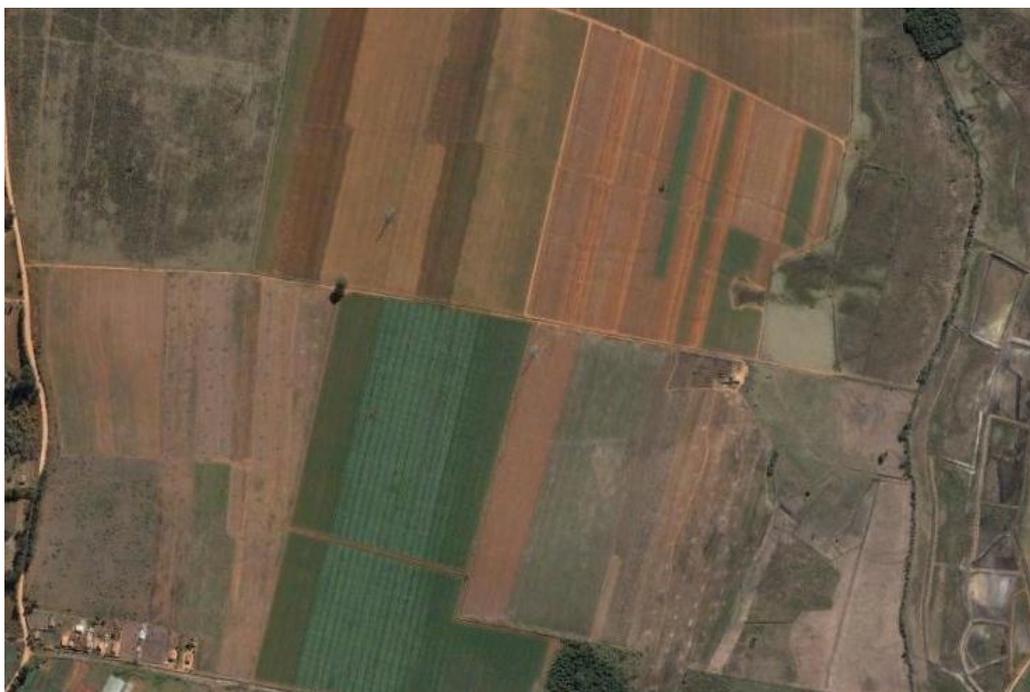
Outra importante fonte de renda para Pouso Alegre é a pecuária, com um rebanho bovino de, aproximadamente, 40.509 cabeças, para produção leiteira e, principalmente, como gado de corte (ACIPA, 2008). A porcentagem das áreas de pastagem registradas, tanto para a área indiretamente afetada (65,85%) quanto para a área diretamente afetada (67,33%) (**Figuras 6.65 e 6.66**, respectivamente), representa muito além da porcentagem de áreas com ocupação com gado, incluindo todos os campos e demais áreas não vegetadas, que caracterizam o predomínio das atividades antrópicas sobre a cobertura vegetal nativa. Nas pastagens, são encontradas espécies de braquiária (*Braquiaria brizantha* e *B. decumbens*), capineiras com capim elefante e cana, em meio aos fragmentos de áreas degradadas e aquelas em estado de regeneração. A **Figura 6.68** representa a imagem de uma área ocupada com pastagem pertencente ao município de Pouso Alegre, fornecida pelo *Google Earth*.



Fonte: *Google Earth*

FIGURA 6.68. Imagem da Área de Pastagem no município de Pouso Alegre, MG.

O setor agrícola, apesar de considerado de grande importância na economia de Pouso Alegre pela Associação do Comércio e Indústria de Pouso Alegre (ACIPA), apresentou uma porcentagem de apenas 8,09% da AIA, enquanto para a área diretamente afetada esse valor foi ainda menor, com apenas 2,65%. A **Figura 6.69** representa diferentes tipos de cultivos na área do empreendimento.



Fonte: *Google Earth*

FIGURA 6.69. Imagem de Áreas de Culturas Agrícolas em Pouso Alegre, MG.

A atividade de reflorestamento majoritariamente é feita com eucalipto e ocupa um total de 1,32% da área indiretamente afetada e apenas 0,22% da área diretamente afetada do atual estudo. A **Figura 6.70** mostra um extenso plantio de eucalipto inserido na área em estudo.



Fonte: *Google Earth*

FIGURA 6.70. Imagem da Área de Reflorestamento no município de Pouso Alegre, MG.

As formações vegetais na área em estudo estão em baixas porcentagens, apenas 10,44% da área indiretamente afetada e 8,67% da área diretamente afetada, apresentando-se em manchas, conforme pode ser verificado na **Figura 6.71**. A região onde se insere a futura implantação dos diques faz parte do Bioma Mata Atlântica, estando o município de Pouso Alegre numa área de transição de Floresta Estacional/Ombrófila Mista. Predomina, na região, a Floresta Estacional Semidecidual Montana, entre 860 e 1.140 metros de altitude. As matas ciliares estão representadas por formação secundária, com predomínio de bambus, ingazeiros, chorão e sangra d'água. Os brejos e várzeas são encontrados ao longo da área ciliar revestindo áreas de baixada

e de solo aluvial, nas quais se encontram espécies como o bastão, trapoeraba, capim navalha, samambaias e algumas gramíneas.



Fonte: *Google Earth*

FIGURA 6.71. Imagem da Área de Formações Naturais em Pouso Alegre, MG.

A intensa atividade antrópica na área analisada, sem um correto manejo de solo, expôs à erosão consideráveis extensões de solos, representando 1,52% e 0,22% das áreas indiretamente e diretamente afetadas, respectivamente. A grande maioria dos solos expostos pertence a áreas que vêm historicamente sendo explorada de forma inadequada, principalmente pela utilização como área de empréstimo, gerando erosão e formações de voçorocas, dificultando ainda mais a sua recuperação.

Em resumo, a área em estudo é bastante alterada pelas atividades antrópicas, ocupada por extensas pastagens mal manejadas, além de áreas sem cobertura, extremamente degradadas, dificultando o abrigo de grande parte das espécies de plantas e animais silvestres mais sensíveis à perturbação humana, e gerando instabilidade a todo o ecossistema. Ainda, a própria ocupação humana fica restrita em meio às áreas degradadas, impedindo o desenvolvimento de suas próprias atividades. Como um importante instrumento para ordenar o uso e ocupação do solo de um município, enfatiza-se a necessidade de atualizar e respeitar seu Plano Diretor, com o devido zoneamento de suas áreas.

6.4.2.5. Macrozoneamento de Pouso Alegre e seu atual uso e ocupação do solo

O Plano Diretor de Pouso Alegre objetiva dotar o Município de critérios de desenvolvimento, ocupação e uso de seu solo que atendam aos princípios da garantia da plena realização das funções sociais da cidade e da propriedade, da consolidação da cidadania e da participação social, obedecendo aos preceitos legais estipulados pela Constituição da República, pelo Estatuto da Cidade, pela Constituição do Estado de Minas Gerais e pela Lei Orgânica do Município de Pouso Alegre.

A Lei de Uso e Ocupação do Solo detalha o macrozoneamento urbano da Sede Municipal e das Zonas Urbanas Especiais, por meio de definição e delimitação de zonas, considerando-se a disponibilidade de infraestrutura e a capacidade de adensamento e o grau de incômodo e poluição ao ambiente urbano.

Dentro das Diretrizes Setoriais há, no Plano Diretor de Pouso Alegre, o Sistema de Drenagem Pluvial, que tem por objetivo a solução dos problemas relacionados ao escoamento de águas superficiais no Município. A rede de macrodrenagem destina-se a promover o escoamento dos cursos d'água, evitando as enchentes nas áreas ocupadas. A rede de microdrenagem destina-se à captação e escoamento das águas pluviais nas áreas de ocupação urbana, conectando-se à rede de macrodrenagem ou diretamente aos corpos hídricos receptores quando for o caso.

Todos os projetos de obras de macrodrenagem no Município, inclusive aqueles a serem executados em áreas rurais por órgãos estaduais ou federais competentes, ou ainda, por iniciativa privada, estão sujeitos ao licenciamento ambiental pelo órgão competente.

O macrozoneamento municipal expressa a estruturação territorial do Município e compreende a rede hierarquizada de polarizações, a rede viária de ligações internas e externas e distribuição das atividades e da população no território, condicionado pela base física e pelas relações sociais, econômicas e culturais. O macrozoneamento municipal, de acordo com o **ANEXO II** - Mapa do Macrozoneamento Municipal, compreende as seguintes zonas:

- **Zona Rural (ZR)** - corresponde às áreas pertencentes ao território municipal destinadas aos usos rurais, excluídas as áreas pertencentes ao perímetro urbano e aquelas isoladamente ocupadas por parcelamento do solo em módulos menores que o permitido em áreas rurais;
- **Zona Urbana (ZU)** - corresponde às áreas incluídas no perímetro urbano do Município, ocupadas pelos usos urbanos, assim como aquelas ainda desocupadas dentro deste perímetro e que são adequadas aos usos urbanos, e ainda as áreas isoladamente ocupadas por parcelamento do solo em módulos menores que o permitido em áreas rurais;

- **Zonas Urbanas Especiais (ZUE)** - correspondem à Sede do Distrito de São José do Pântano e aos povoados de Maçaranduba, Cruz Alta, Algodão, Cervo, Afonsos, Anhumas, Ferreiras, Cantagalo, Cristal, Fazendinha, Cajuru e Fazenda Grande, onde se manifestam processos de parcelamento do solo em lotes menores que a Fração Mínima de Parcelamento (FMP) do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), com uso residencial, institucional e econômico de abrangência local e que apresentam potencial articulador das regiões próximas;

- **Zona de Proteção Ambiental (ZPA)** - além daquelas já protegidas pela legislação federal e estadual, corresponde às áreas que o Município considera de relevância para a preservação ambiental, as quais deverão ser objeto de projeto e tratamento específicos visando o controle de sua ocupação e/ou a instituição de Unidades de Conservação, compreendendo as seguintes categorias:

- **ZPA 1** - Parque Municipal de Pouso Alegre e Reserva Biológica de Pouso Alegre;
- **ZPA 2** - remanescentes florestais próximos às áreas urbanas, isolados e/ou que compõem áreas propícias à criação de corredores ecológicos para proteção e conservação de fauna e flora;
- **ZPA 3** - bacia de captação do Município;
- **ZPA 4** - áreas de inundação;
- **ZPA 5** - Parque Municipal da Várzea e Reserva Biológica da Várzea;

A distribuição do macrozoneamento do entorno da área de estudo por diferentes zonas encontra-se disposta na **Tabela 6.15**, em que foi possível verificar que grande parte da área indiretamente afetada se situa dentro da Zona de Inundação (42,7%), compatibilizando considerável área do projeto ao macrozoneamento de Pouso Alegre.

TABELA 6.15. Distribuição das zonas na área indiretamente afetada das implantações dos diques.

| Macrozoneamento | Total da área (ha) | Porcentagem (%) |
|--|--------------------|-----------------|
| Corredores Ecológicos e Remanescentes Florestais | 514,3 | 8,8 |
| Parque Municipal e Reserva Biológica | 1556,3 | 26,6 |
| Parque Municipal e Reserva Biológica da Várzea | 1056,7 | 18,0 |
| Área de Interesse Urbanístico | 102,7 | 1,8 |
| Área de Interesse Urbanístico-Ambiental | 127,6 | 2,2 |
| Área de Inundação | 2501,6 | 42,7 |

O mapa do macrozoneamento da área de estudo foi sobreposto ao mapa de Uso e Ocupação do Solo, gerando o mapa apresentado na **Figura 6.72**, no qual foi possível verificar a adequação do uso ao Plano Diretor do Município.

A distribuição de Uso e Ocupação do Solo na área indiretamente afetada do estudo por Zona do Macrozoneamento está representada na **Tabela 6.16**. Os Corredores Ecológicos e Remanescentes Florestais representam pequena porcentagem na área indiretamente afetada do atual estudo, apenas 8,8%. Ainda tem sua maior parte em usos não compatíveis com sua função de proteção e conservação de fauna e flora, sendo esta a zona que mais apresentou solo exposto. De acordo com a **Figura 6.72**, essa zona apresenta-se espaçadamente distribuída e não interligada, dificultando o funcionamento correto do corredor ecológico.

TABELA 6.16. Distribuição do Uso e Ocupação do Solo por Zona do Macrozoneamento da área indiretamente afetada das implantações dos diques.

| Macrozoneamento / Uso e Ocupação do Solo | Área Urbana (%) | Pastagem (%) | Reflorestamento (%) | Formações Naturais (%) | Solo exposto (%) | Culturas Agrícolas (%) |
|--|-----------------|--------------|---------------------|------------------------|------------------|------------------------|
| Corredores Ecológicos e Remanescentes Florestais | 1,1 | 64,2 | 1,7 | 27,7 | 1,0 | 4,3 |
| Parque Municipal e Reserva Biológica | 0,0 | 54,0 | 2,2 | 40,7 | 0,0 | 3,1 |
| Parque Municipal e Reserva Biológica da Várzea | 0,0 | 84,3 | 0,5 | 13,6 | 0,0 | 1,6 |
| Área de Interesse Urbanístico | 67,3 | 19,6 | 0,0 | 0,5 | 0,0 | 12,5 |
| Área de Interesse Urbanístico-Ambiental | 100,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Área de Inundação | 2,4 | 87,2 | 0,1 | 7,5 | 0,0 | 2,8 |

O Parque Municipal e Reserva Biológica apresenta boa porcentagem da área indiretamente afetada do atual estudo, com 26,6% e, dentro do macrozoneamento, a mais coberta com formações naturais (40,7%), atuando favoravelmente para cumprir sua função ecológica. Já o Parque Municipal e Reserva Biológica da Várzea, apesar de boa porcentagem da área indiretamente afetada (18,0%), a quase totalidade é coberta inadequadamente por pastagem (84,3%).

A Área de Interesse Urbanístico e a Área de Interesse Urbanístico-Ambiental ocupam pequena parte da área em estudo, porém são as de maior problema, pois se

concentram em locais onde fenômenos da enchente não são raros e causam grande desconforto a toda a população afetada.

Conclui-se que na área indiretamente afetada das implantações dos diques seu Uso e Ocupação divergem em grande parte ao macrozoneamento previsto para o município de Pouso Alegre. Atualmente, o uso preponderante é com pastagens, principalmente no Parque Municipal e Reserva Biológica da Várzea (84,3%), área de Inundação (87,2%) e os Corredores Ecológicos (64,2%). Para as Áreas de Interesse Urbanístico-Ambiental e Áreas de Interesse Urbanístico há uma boa adequação do uso ao previsto em suas zonas, porém algumas dessas áreas sofrem com enchentes.

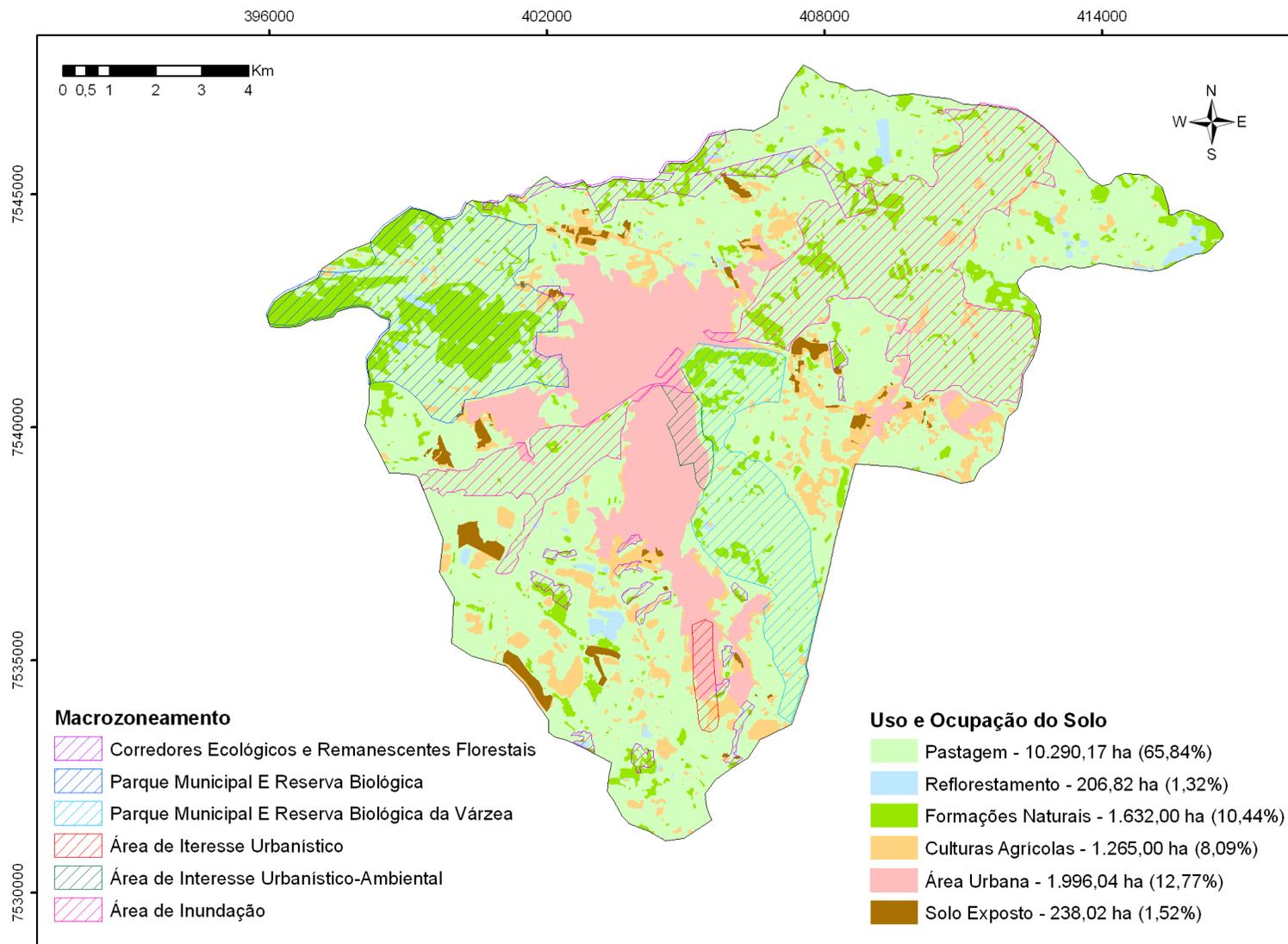


FIGURA 6.72. Macrozoneamento sobreposto ao Uso e Ocupação do Solo no município de Pouso Alegre/MG.

6.4.2.6. Áreas de empréstimo e de bota-fora

Buscou-se, na área de estudo, levantar áreas potencialmente de empréstimo para a utilização de solos na construção dos cinco diques propostos. Foram levantadas três áreas de empréstimo para serem analisadas quanto ao seu potencial de fornecimento de solos adequados para serem utilizados nas obras de construção dos diques. Estas áreas situam-se ao redor da área diretamente afetada, muito próximas dos locais de construção dos diques (**Figura 6.73**).

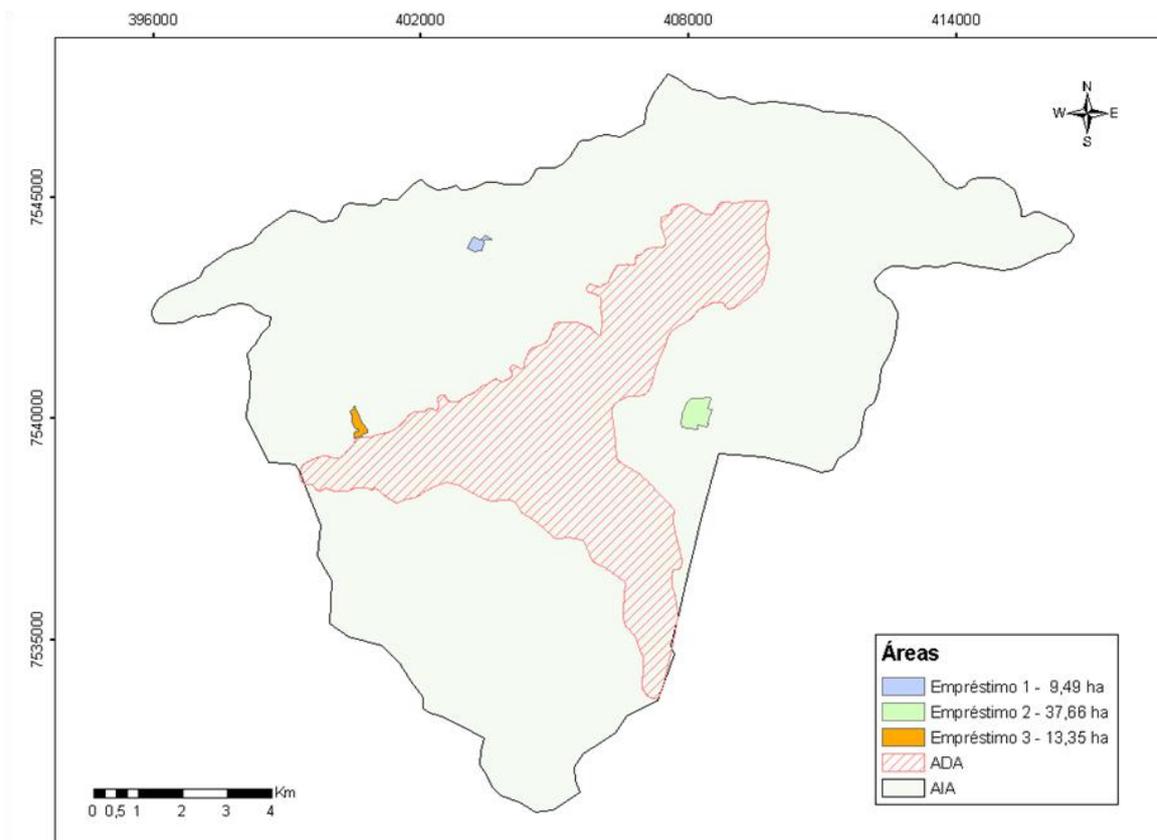


FIGURA 6.73. Representação da distribuição das áreas de empréstimo na área indiretamente afetada da implantação dos diques.

Para seleção das áreas que fornecerão volumes de solo necessários para a construção dos diques, deu-se preferência para áreas com cobertura do solo de fácil retirada e recomposição, evitando impactos significativos sobre a cobertura vegetal e a fauna local. A questão da aceitabilidade por parte do dono da propriedade foi também levada em consideração, assim como o acesso viável para a intervenção na área. Outro ponto que se considerou foi a estrutura física do solo necessária para construção dos diques.

ÁREA 01

A primeira área (Área de empréstimo 01- **Figura 6.74**) a ser analisada encontra-se próxima à rodovia marginal da cidade de Pouso Alegre com sentido para Poços de Caldas, Minas Gerais, com uma extensão de 9,49 hectares. O solo pertence à classe dos Latossolos (**Figura 6.75**) que, como descrito no item anterior, são constituídos por argilas de baixa atividade, sendo, portanto, indicados para uso na construção dos diques.

Para a área de empréstimo a ser selecionada, a retirada do solo deve ser corretamente realizada. A camada superficial (horizonte A) deve ser removida e armazenada corretamente para posterior uso no recobrimento e recuperação da área. Considerando o horizonte B com 5 m de profundidade, indica-se deixar pelo menos uma camada de 0,5 m ante de expor o horizonte subjacente (horizonte C), o qual é bastante siltooso e pouco estruturado, dificultando a implantação das técnicas de recuperação da área.

Sua localização está nas coordenadas geográficas: longitude – 402984, latitude - 7543805.



Fonte: Google Earth

FIGURA 6.74. Área de Empréstimo 01, ao lado do novo presídio de Pouso Alegre.



FIGURA 6.75. Perfil típico de Latossolo, na área de empréstimo 01.

ÁREA 02

A segunda área indicada como empréstimo localiza-se na saída de Pouso Alegre para a Rodovia Fernão Dias (**Figura 6.76**), nas coordenadas geográficas 407987 de longitude e 7540404 de latitude. Também é uma área constituída por Latossolos (**Figura 6.77**), com as mesmas características já descritas para esta classe de solos. É a área mais indicada para o empréstimo, pois além da qualidade física do material, é a de maior extensão, com 37,66 hectares, e sua remoção não irá afetar significativamente a cobertura do solo, já que, atualmente, é composta por pastagens com intenso processo erosivo. Esta área é de domínio particular e o proprietário deseja fazer um aplainamento para vender como área industrial. A retirada de parte do solo irá beneficiar o proprietário.

Considerando uma espessura média de 5 a 7 metros de solo laterítico e coesivo, estima-se que poderá fornecer mais de 1.000.000 de metros cúbicos desse material para as obras. Porém, deve-se considerar que há na área duas linhas paralelas de torres de transmissão de energia elétrica e uma linha de postes (**Figuras 6.78 e 6.79**). Os cortes no solo devem ser corretamente feitos e respeitado a largura da faixa de segurança para garantir a segurança desses obstáculos. A largura da faixa de servidão e segurança é determinada em função das características civis, elétricas e mecânicas da linha de transmissão, visando garantir operação, inspeção e manutenção da linha, além da

perfeita segurança das instalações e de terceiros. Além das faixas predeterminadas, também deve ser consultado o documento de cessão de passagem para solicitação de permissão para ocupação da faixa da linha de transmissão (CPFL, 2007).

Caso haja necessidade de complementação de volume de solo, sugere-se a retirada na área 1, pelo seu fácil acesso e boa estruturação do solo.



Fonte: Google Earth

FIGURA 6.76. Área de Empréstimo 02, pastagem com intenso processo erosivo.



FIGURA 6.77. Latossolo na área de empréstimo 2.



FIGURA 6.78. Representação da Área de Empréstimo 02, contendo linhas e torres de transmissão de energia elétrica.



FIGURA 6.79. Visão geral da área de empréstimo 02.

Um resumo das principais características do perfil de alteração e, assim, dos materiais encontrados, pode ser visto na **Figura 6.80**.



FIGURA 6.80. Perfil de alteração da Área de Empréstimo 02.

Nesta área, o material mais adequado para ser utilizado na construção dos diques são os solos residuais maduros, por serem materiais coesivos, com elevado conteúdo de argila, laterizados e, conseqüentemente, os mais resistentes. Esses materiais são ideais para serem compactados e utilizados como material de subleito de rodovias e para quaisquer outras finalidades construtivas. Quanto às argilominerais, são argilas não expansivas, tipo caulinitas ou argilas do tipo 1:1, que não se expandem com a presença de água.

ÁREA 03

A terceira área sugerida para empréstimo localiza-se na rodovia para a saída a Campinas, próxima ao Auto Posto Alegre (**Figura 6.81**), com uma extensão de 13,35 hectares. Sua localização geográfica é 400695 de longitude e 7539625 de latitude. É uma área que pertence à Prefeitura Municipal de Pouso Alegre e já vem sendo intensamente explorada para retirada de solo. O material que se encontra exposto (**Figura 6.82**), em grande parte, é o Horizonte C, com alto teor de silte e baixa estruturação, o que tem levado a um intenso processo erosivo em sulcos e voçorocas. As características desse material tornam-no pouco atrativo para obras de médio e grande porte (construção dos diques), pois sua baixa estruturação dificulta os projetos de engenharia.



Fonte: Google Earth

FIGURA 6.81. Imagem da área de Empréstimo 03. Área da prefeitura de Pouso Alegre intensamente explorada.



FIGURA 6.82. Área de empréstimo 03, com grande quantidade de material removido.

O perfil de alteração desta terceira área é constituído por solo orgânico superficial, que recobre solos residuais maduros e jovens (**Figura 6.83**).

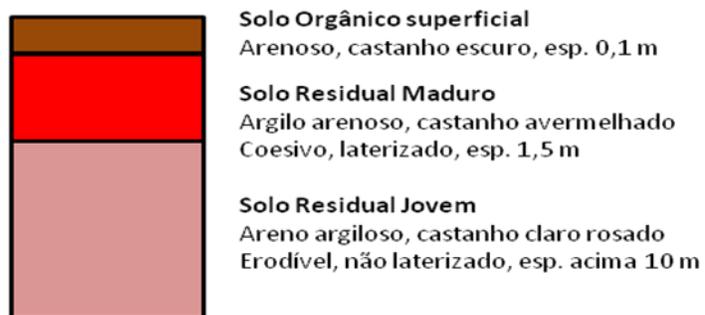


FIGURA 6.83. Perfil de alteração da Área de Empréstimo 03.

Esta área deve ser recuperada e utilizada para fins de recreação, lazer e abrigo da fauna e flora. O investimento para isso terá custo elevado, podendo entrar como medida compensatória no projeto da construção dos diques.

Antes da recuperação, indica-se a sua utilização como “área de bota-fora”, onde os resíduos gerados ao longo do processo de construção dos diques devem ser devidamente acomodados. Recomenda-se que esta acomodação seja feita em apenas uma parte da referida área, antes de receber a adição do material superior de solo (horizonte rico em matéria orgânica), retirado das áreas dos diques, e semeadura de gramíneas. Para a outra parte da área, recomenda-se, após a adição do mesmo material orgânico, a implantação de espécies florestais, preferencialmente, nativas.

6.5. QUALIDADE DA ÁGUA: ASPECTOS FÍSICOS, QUÍMICOS E BIOLÓGICOS.

6.5.1. METODOLOGIA

Para levantamento dos parâmetros de qualidade da água nas áreas direta e indiretamente afetadas do empreendimento foram realizados levantamentos de dados secundários e trabalhos de campo para coleta dos dados primários. Os resultados gerados serviram de subsídio ao estudo de impacto ambiental do atual empreendimento.

6.5.1.1. Levantamento de dados secundários

Foram levantados dados do Sistema de Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais do Estado de Minas Gerais, através do projeto “Águas de Minas”, conduzida pela Fundação Estadual de Meio Ambiente – FEAM, “Relatório Bacia Rio Grande 2007”. Dentre os pontos amostrados pelo IGAM, foram selecionados aqueles presentes no rio Sapucaí Mirim, que correspondem à BG044 e BG045, cujas coordenadas são 22° 17' 45” S, 45° 53' 49” O e 22° 12' 22” S, 45° 53' 24” O, respectivamente.

Nos pontos abordados, são avaliados os seguintes parâmetros:

- **BG044:** Cobre dissolvido, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Mercúrio total, Ensaio ecotoxicológico.
- **BG045:** Cádmio total, Cobre dissolvido, DQO, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, Níquel total.

A COPASA forneceu dados dos parâmetros por ela levantados em dois postos de monitoramento localizados nos rios Mandu e Sapucaí Mirim, que integraram a rede de amostragem, possibilitando realizar avaliações de uma série histórica sobre qualidade de água.

6.5.1.2. Definição da rede de amostragem

Para o diagnóstico da qualidade da água nos trechos do rio Sapucaí Mirim e rio Mandu, afetados diretamente pela implantação do empreendimento, foi definida uma rede de amostragem constituída por cinco pontos, cuja descrição é apresentada na **Tabela 6.17**. O código dos pontos de amostragem é composto por letras e números, padronizados da seguinte forma: as letras representam o nome do rio e os números a sequência da nascente à foz. Assim SP-01 é o primeiro ponto e pertence ao rio Sapucaí Mirim, e MD-01 o primeiro ponto e pertence ao rio Mandu.

TABELA 6.17. Localização dos pontos de amostragem do Programa de Monitoramento Limnológico e da Qualidade da Água

| PONTOS | UTM 23 S (m) – SAD 69 | | DESCRIÇÃO |
|--------|-----------------------|----------|---|
| | longitude | latitude | |
| SP-01 | 407004 | 7536454 | Início do empreendimento |
| SP-02 | 405415 | 7537377 | Estação de monitoramento da COPASA no rio Sapucaí Mirim |
| SP-03 | 406885 | 7541342 | Confluência do rio Mandu com o Sapucaí Mirim |
| SP-04 | 407680 | 7544701 | Fim do empreendimento |
| MD-01 | 401661 | 7539218 | Estação de monitoramento da COPASA no rio Mandu |

Os pontos de coleta foram selecionados levando-se em consideração a qualidade e dinâmica das águas, a representatividade da influência do empreendimento no corpo receptor, e uso de ocupação do entorno. Desta forma, definiram-se os cinco pontos, que foram utilizados para o diagnóstico ambiental, sendo quatro localizados no rio Sapucaí Mirim e um no rio Mandu, conforme **Figura 6.84**.

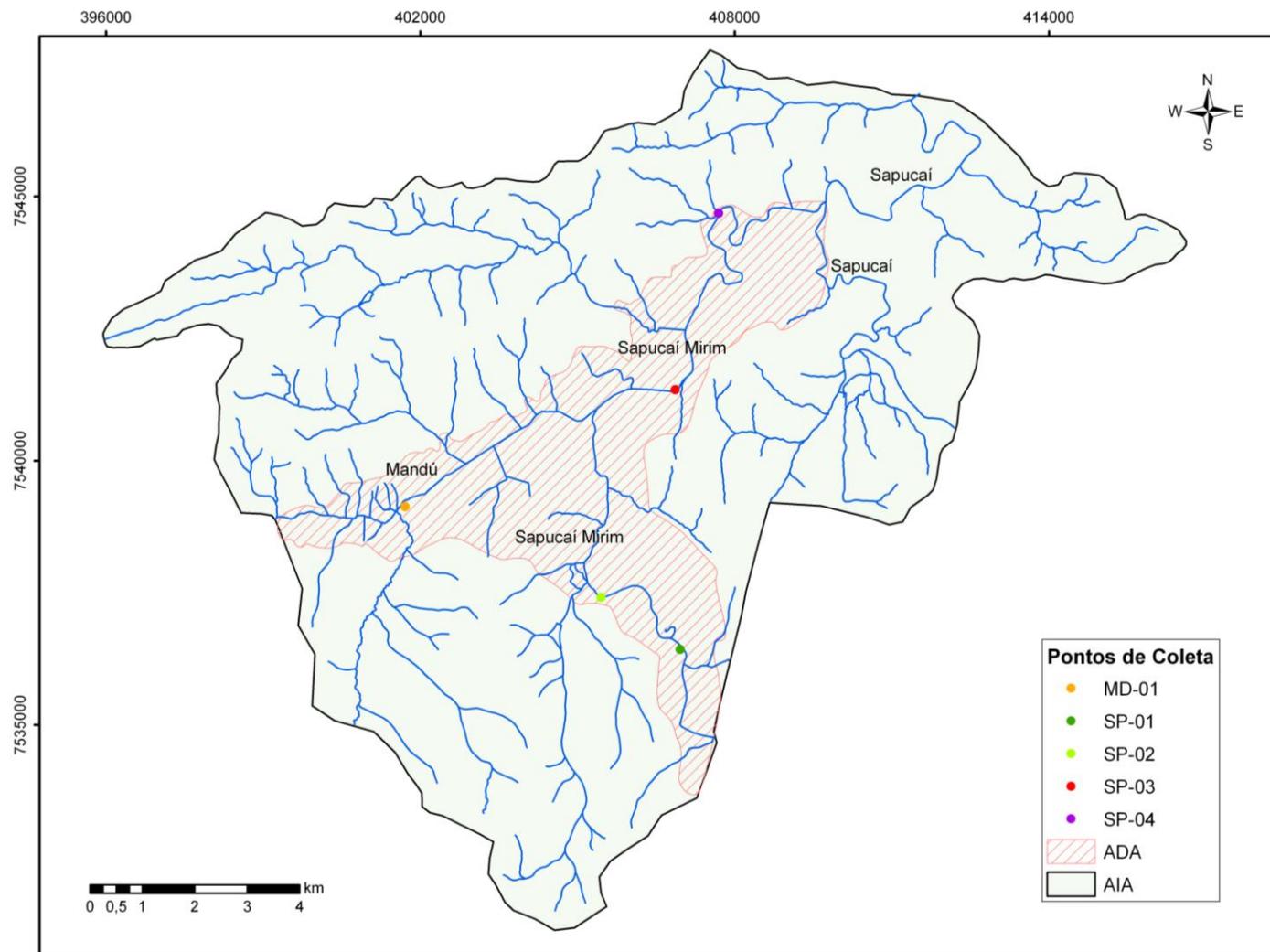


FIGURA 6.84. Rede Hidrográfica com a localização dos pontos de coleta nos rios Sapucaí Mirim e Mandu, e demarcação das áreas direta (ADA) e indiretamente afetadas (AIA) pelo empreendimento

Os pontos SP-02 e MD-01 (**Figura 6.85**) são estações de captação de água para tratamento e postos de monitoramento da COPASA. Desta forma, estes foram os locais selecionados para o programa de análise de monitoramento da qualidade da água para o empreendimento em estudo.



FIGURA 6.85. Pontos selecionados para o programa de análise de monitoramento da qualidade da água (SP-02 e MD-01, respectivamente, da esquerda para direita)

O ponto SP-01 é o primeiro avaliado no diagnóstico ambiental do empreendimento, já apresentando visível estado de alteração, recebendo grande contribuição de esgotos domésticos, sendo muitos deles lançados a céu aberto, conforme pode ser verificado na **Figura 6.86**.



FIGURA 6.86. Imagens referentes ao ponto SP-01

Após a junção do Mandu com o Sapucaí Mirim, percorreu-se a margem até verificar uma mistura satisfatória entre as águas dos dois rios, selecionando-se assim o ponto SP-03, conforme **Figura 6.87**.



FIGURA 6.87. Ponto SP-03, após a junção do rio Mandu ao Sapucaí

O ponto SP-04, **Figura 6.88**, foi escolhido no bairro rural Faisqueira. Como todos os diques encontram-se à montante deste ponto, ele classifica o final do empreendimento.



FIGURA 6.88. Ponto SP-04, caracterizando o final do empreendimento

6.5.1.3. Parâmetros físicos, químicos e hidrobiológicos

Os parâmetros físicos e químicos previamente selecionados foram baseados na abordagem realizada pelo IGAM, contemplados no projeto “Águas de Minas”, nas campanhas intituladas completas. Porém estes foram melhores definidos depois de um estudo prévio de campo, detectando as fontes de poluição industrial na área do empreendimento e, por fim, determinando os parâmetros listados na **Tabela 6.18**.

TABELA 6.18. Relação de parâmetros físicos, químicos e hidrobiológicos selecionados para avaliação e monitoramento da qualidade da água

| Parâmetros comuns a todos os pontos | |
|--------------------------------------|--------------------------------|
| Alcalinidade Bicarbonato | Índice de fenóis |
| Alcalinidade total | Macro invertebrados Bentônicos |
| Alumínio | Magnésio |
| Amônia | Manganês |
| Boro | Níquel |
| Cádmio | Nitrato |
| Cálcio | Nitrito |
| Chumbo | Nitrogênio Orgânico |
| Cianetos | Óleos e graxas |
| Cloretos | OD – oxigênio dissolvido |
| Cobre | pH |
| Coliformes fecais | Potássio |
| Coliformes totais | Sódio |
| Condutividade elétrica | Sólidos dissolvidos totais |
| Cor | Sólidos em suspensão |
| Cromo III e VI | Sólidos totais |
| DBO – demanda bioquímica de oxigênio | Surfactantes aniônicos |
| DQO – demanda química de oxigênio | Sulfatos |
| Dureza Cálcio | Sulfetos |
| Dureza Magnésio | Temperatura da água |
| Estreptococos fecais | Temperatura do ar |
| Ferro solúvel | Turbidez |
| Fosfato total | Zinco |

No que tange aos parâmetros hidrobiológicos, a utilização dos macroinvertebrados bentônicos justifica-se por serem organismos que ocorrem em locais

fixos de ambiente aquáticos, portanto em um compartimento que é muito mais conservativo, quando comparado à coluna d'água. Os bentônicos entram em contato com as fontes poluidoras, por meio de transporte ativo pela ingestão de alimentos contaminados, ou passivo, pelo contato da água contaminada com a pele. Assim, a quantificação e a qualificação desses organismos fornecem um ótimo indicativo do grau de poluição do corpo d'água.

Os indicadores bacteriológicos foram selecionados de forma a detectar a contaminação das águas por fezes humanas ou animais e, conseqüentemente, por organismos patogênicos presentes nesses corpos d'água. Os organismos utilizados como indicadores foram as bactérias coliformes (totais e fecais), pois estas estão presentes em grande quantidade nas fezes, não são necessariamente patogênicas, contudo, por apresentarem uma resistência superior a das bactérias patogênicas intestinais, sugerem que a ausência de coliformes totais nas águas corresponde à ausência de bactérias patogênicas intestinais. Os estreptococos fecais são microrganismos existentes em grande quantidade em fezes de animais e em menores quantidades em fezes humanas. Assim sendo, sua avaliação, associada à de coliformes fecais, pode indicar a origem fecal animal ou humana.

Para o diagnóstico da qualidade da água, a área de entorno e a diretamente afetada foram avaliadas em conjunto, tendo em vista a importância de se considerar a área total de drenagem na interpretação das características da qualidade da água na área afetada. Foram definidos 42 parâmetros físicos e químicos, três parâmetros bacteriológicos e um parâmetro hidrobiológico, mostrados na **Tabela 6.18**.

Dentre os parâmetros escolhidos, alguns apresentam uma maior relevância, já que são utilizados no cálculo do Índice de Qualidade da Água (IQA), segundo a metodologia proposta pelo IGAM, sendo: pH, turbidez, sólidos totais, oxigênio dissolvido, DBO, fósforo total, nitrogênio total, temperatura e coliformes fecais. Esse índice será utilizado no programa de monitoramento ambiental da qualidade da água para o empreendimento em questão.

6.5.1.4. Metodologia das coletas

Os princípios definidos para coleta e processamento das amostras foram baseados nas NBRs 9897/1987 e 9898/1987, que dispõem sobre o *Planejamento de Amostragem de Efluentes Líquidos e Corpos Receptores e Preservação e Técnicas de Amostragem de Efluentes Líquidos e Corpos Receptores*, respectivamente. Para tanto, dependendo da variável a ser posteriormente analisada em laboratório, os respectivos frascos (vidro ou polipropileno) foram selecionados, os devidos reagentes conservantes

preparados, bem como a necessidade de se manter a temperatura de 4°C durante o transporte para o devido laboratório.

Nas fichas de campo foram registradas todas as informações pertinentes à campanha, como nome do responsável pela coleta, nome do projeto; código de identificação da amostra; identificação do ponto de amostragem; data e hora da coleta; medidas de campo (temperatura do ar e da água, condutividade, pH); condições meteorológicas nas últimas 24 horas; equipamentos utilizados; presença de coloração na água, odores, óleos, espumas, lixo no local.

Para as análises das variáveis em laboratório as metodologias estarão de acordo com *Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater* (2005).

Os locais selecionados para a amostragem devem ser representativos, preferencialmente na seção de maior fluxo, evitando-se a coleta em áreas estagnadas ou em pontos de remanso ou muito próximos às margens.

As amostragens foram feitas pela submersão de um balde de 10 litros, previamente ambientalizado (lavado três vezes com a água do local a ser coletado), tomando o cuidado de não acarretar revolvimento de sedimento e evitar contaminantes superficiais. A água foi então distribuída nos frascos, com o auxílio de um recipiente de alumínio, adicionando-se os respectivos preservantes.

Os parâmetros pH, temperatura da água, condutividade e oxigênio dissolvido foram obtidos no momento da coleta, diretamente no rio, com auxílio de uma sonda multiparâmetros (Horiba U-10 ou Yellow- Spring).

A coleta de amostra para determinação de óleos e graxas foi realizada diretamente nos corpos d'água, evitando a adsorção na parede do balde, e portanto subestimação do parâmetro. Vale ressaltar que o enchimento foi até o início do gargalo, evitando contato das amostras com a rolha.

As primeiras coletas realizadas foram as de amostras bacteriológicas, evitando, assim, o risco de contaminação do local de amostragem. Para tanto, as amostragens foram coletadas em profundidade, diretamente nos frascos (previamente esterilizados), abertos apenas no momento da coleta, mergulhando-os em sentido contrário à corrente. Em laboratório avaliaram-se coliformes fecais, coliformes totais e estreptococos fecais.

Correlacionou-se a ocorrência de coliformes fecais e estreptococos fecais, para quantificar o número de microrganismos de cada um dos subgrupos existentes, observando-se a ocorrência de contaminação humana e de animais de sangue quente.

Para avaliação dos parâmetros hidrobiológicos (macroinvertebrados bentônicos), amostras de sedimento em triplicadas foram coletadas com auxílio de uma draga de Van Veen, nas regiões de remanso dos pontos selecionados. Os organismos foram

transferidos para sacos plásticos e fixados com formol a 4% e enviados a laboratório terceirizado.

6.5.1.5. Diagnóstico do Estudo de Impacto Ambiental

Os resultados das análises laboratoriais foram avaliados de acordo com a Resolução CONAMA 357/2005 para rios de classe 2, verificando-se os limites estabelecidos pela legislação. A qualidade da água foi analisada pelo cálculo do IQA, segundo o IGAM, a qual reflete a interferência por esgotos sanitários e outros materiais orgânicos, nutrientes e sólidos.

6.5.1.6. Índice de Diversidade Biológica

Aplicou-se o Índice de Diversidade Biológica – Shannon-Weaver ou o Índice Biótico BMWP (*Biological Monitoring Working Party*), a partir dos dados da comunidade bentônica.

6.5.1.7. Cálculo do IQA – Índice de Qualidade da Água

O diagnóstico e o monitoramento da qualidade da água foram avaliados pela metodologia de análise do cálculo do IQA, segundo o IGAM (2000).

O índice é determinado pelo produto ponderado das qualidades de água correspondentes aos parâmetros pH, turbidez, sólidos totais, oxigênio dissolvido, DBO, fósforo total, nitrogênio total, temperatura e coliformes fecais. Os pesos foram estabelecidos de acordo com a importância relativa de cada parâmetro no cálculo do IQA, conforme **Tabela 6.19**.

TABELA 6.19. Peso dos parâmetros

| Parâmetro | Peso - Wi |
|---|-----------|
| Oxigênio dissolvido – OD (% OD) | 0,17 |
| Coliformes fecais (NMP/100 mL) | 0,15 |
| pH | 0,12 |
| Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO (mg/L) | 0,10 |
| Nitratos (mg/L NO ₃) | 0,10 |
| Fosfatos (mg/L PO ₄) | 0,10 |
| Variação na Temperatura (°C) | 0,10 |
| Turbidez (UNT) | 0,08 |
| Resíduos totais (mg/L) | 0,08 |

Para cada parâmetro, foram determinados valores de qualidade, obtidos por curvas de variação da qualidade da água em função da sua concentração ou medida.

Assim, o índice é calculado pela seguinte fórmula:

$$IQA = \sum_{i=0}^9 q_i w_i$$

Onde:

q_i = qualidade do parâmetro i obtido através da curva média específica de qualidade

w_i = peso atribuído ao parâmetro, em função de sua importância na qualidade, entre 0 e 1

Os valores do índice variam entre 0 e 100, conforme especificado na **Tabela 6.20**.

TABELA 6.20. Nível de Qualidade

| Nível de Qualidade | Faixa |
|--------------------|----------------------|
| Excelente | $90 < IQA \leq 100$ |
| Bom | $70 < IQA \leq 90$ |
| Médio | $50 < IQA \leq 70$ |
| Ruim | $25 < IQA \leq 50$ |
| Muito Ruim | $0 \leq IQA \leq 25$ |

6.5.2. DIAGNÓSTICO

A água é provavelmente o recurso natural que mais se relaciona com todos os aspectos da civilização humana, desde o desenvolvimento agrícola e industrial aos valores culturais e religiosos arraigados na sociedade. É um recurso natural essencial, seja como componente bioquímico de seres vivos, como meio de vida de várias espécies vegetais e animais, como elemento representativo de valores sociais e até como fator de produção de vários bens de consumo.

A formação de aglomerados urbanos e industriais, com crescente necessidade de água para o abastecimento doméstico e industrial, além de irrigação e lazer, faz com que hoje, a quase totalidade das atividades humanas seja cada vez mais dependente da disponibilidade hídrica. Além disso, grande parte dos efluentes domésticos e industriais é lançada diretamente nos corpos d'água, reduzindo ainda mais a possibilidade de utilização dos recursos hídricos (ESTEVEZ, 1998).

Os rios recebem das bacias hidrográficas e da rede de drenagem em que se inserem uma grande quantidade de matéria orgânica e inorgânica, que constitui a base da composição química da água e dos ciclos biogeoquímicos. Assim, além da água, o rio transporta matéria orgânica e inorgânica, íons dissolvidos, nutrientes dissolvidos, gases e

metais traços. Deve-se ainda acrescentar elementos resultantes das atividades humanas nas bacias hidrográficas, como metais pesados, os quais são incorporados às cadeias alimentares, causando danos à fauna e à flora (TUNDISI & TUNDISI, 2008).

A combinação da descarga dos diferentes elementos (orgânico e inorgânico) e sua concentração variam no espaço e no tempo e dependem dos períodos de vazão, em função das alterações estacionais do ciclo hidrológico. Portanto, faz-se necessária a realização de um estudo estacional para estimar a carga nos diferentes períodos do ano, o que não foi contemplado no presente estudo, pelo curto tempo disponível.

A viabilidade ambiental para a construção dos diques depende fortemente do grau de alteração que será gerado sobre as características das águas afetadas pelo empreendimento. Para verificar essa possível alteração é indispensável à caracterização atual do local afetado, ou seja, um levantamento e estudo detalhado de dados secundários sobre os corpos d'água e coleta de dados primários, os quais fornecerão informações dos atributos físicos, químicos e biológicos dos corpos hídricos.

A alteração do regime hídrico na instalação dos diques pode implicar alterações na dinâmica dos ecossistemas aquáticos, afetando seu equilíbrio dinâmico. Neste contexto, o diagnóstico da qualidade da água é de extrema relevância, já que, após caracterizada a área, é possível uma adequada previsão dos impactos significativos, os quais servirão como importante ferramenta para verificação da viabilidade ambiental da implantação dos diques. Ainda servirá como comparativo para acompanhar as alterações oriundas da intervenção antrópica e prover subsídios para a tomada de decisões que promovam condições ambientais favoráveis à sobrevivência e ao desenvolvimento dos organismos e a continuidade dos usos múltiplos do recurso hídrico.

O objetivo do diagnóstico foi verificar as condições da qualidade da água dos rios Mandu, Sapucaí Mirim e Sapucaí e seus afluentes, que serão futuramente afetados pela implantação dos diques visando à contenção de enchentes no município de Pouso Alegre/Minas Gerais.

6.5.2.1. Legislação Federal e Estadual

Um dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos é o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água. De acordo com o Art. 9º da seção II da Lei 9433, de 1997, o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água, visa assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas e diminuir os custos de combate à poluição, mediante ações preventivas permanentes. As classes de corpos de água são estabelecidas pela legislação ambiental federal, através da Resolução CONAMA nº 357/2005. Esta resolução também estabelece as condições e

padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Os padrões de qualidade das águas definidos nesta Resolução determinam os limites individuais para cada substância em cada classe.

Os corpos hídricos em questão e seus afluentes são enquadrados na legislação atual como rios de Classe 2. A esta classe as águas podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA n° 274 de 2000;
- d) 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; e
- e) à aquicultura e à atividade de pesca.

Quanto à legislação estadual, vigora para Minas Gerais a Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG n.º 1, de Maio de 2008, que 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. Apenas alguns limites desta Deliberação diferem da Resolução CONAMA n° 357/2005.

Os parâmetros utilizados como padrão no atual estudo, segundo a legislação federal e estadual, encontram-se na **Tabela 6.21**.

TABELA 6.21. Parâmetros para enquadramento de corpos hídricos na classe 2 pela legislação Federal e Estadual (MG).

| Parâmetros | Unidade | CONAMA 357/2005 | DN COPAM 01/2008 |
|------------------------------|---------------------|----------------------------|-----------------------------|
| Alumínio | mg/L | 0,1 | 0,1 |
| Amônia | mg/L | - | 3,7 |
| Boro | mg/L | 0,5 | 0,5 |
| Cádmio | mg/L | 0,001 | 0,001 |
| Chumbo | mg/L | 0,01 | 0,01 |
| Cianeto | mg/L | 0,005 | 0,005 |
| Cloretos | mg/L | 250 | 250 |
| Cobre | mg/L | 0,009 | 0,009 |
| Coliformes Fecais | COL/100 ml | 1000 | 1000 |
| Cor | mg Pt/L | até 75 | Até 75 |
| Cromo Total | mg/L | 0,05 | 0,05 |
| DBO | mg/L O ₂ | até 5 | até 5 |
| Fenóis | mg/L | 0,003 | - |
| Ferro Solúvel | mg/L | 0,3 | 0,3 |
| Fósforo | mg/L | 0,1 | 0,1 |
| Manganês | mg/L | 0,1 | 0,1 |
| Níquel | mg/L | 0,025 | 0,025 |
| Nitrogênio Nítrico – nitrato | mg/L | 10,0 | 10,0 |
| Nitrogênio Nitroso – nitrito | mg/L | 1,0 | 1,0 |
| OD | mg/L | > 5,0 | >5,0 |
| Óleos e Graxas | - | Virtualmente ausentes | Virtualmente ausentes |
| pH | - | 6,0 a 9,0 | 6,0 a 9,0 |
| Sólidos em suspensão | mg/L | - | 100 |
| Sólidos Totais | mg/L | 500 | 500 |
| Sulfato | mg/L | 250 | 250 |
| Sulfetos | mg/L | 0,002 | 0,002 |
| Turbidez | UNT | Até 100 | Até 100 |
| Zinco | mg/L | 0,18 | 0,18 |

6.5.2.2. Levantamento de dados secundários

O levantamento de dados secundários foi baseado principalmente no relatório de qualidade de água publicado anualmente pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM, como parte do Projeto Águas de Minas e de dados fornecidos pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais- COPASA.

A) Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM

O Projeto Águas de Minas, coordenado pelo IGAM, tem a função de atender a necessidade de monitoramento da qualidade das águas no Estado de Minas Gerais, e contribuir para a implementação da Política Estadual de Recursos Hídricos, instituída pela Lei Nº 13.199/99 fundamentada na Lei Federal nº 9.433/97 (IGAM, 2007).

Inúmeros parâmetros analisados dentro deste projeto são utilizados no cálculo do Índice de Qualidade de Água (IQA) multiplicativo, desenvolvido pela *National Sanitation Foundation* dos Estados Unidos, e parâmetros de origem industrial para cálculo da Contaminação por Tóxicos (CT), desenvolvido pela FEAM. Estes resultados permitem ao órgão inferir sobre a qualidade das águas presente nos corpos de água do estado de Minas Gerais (IGAM, 2007).

No monitoramento realizado pelo IGAM, são analisados parâmetros físicos, químicos, microbiológicos, hidrobiológicos e bioensaios ecotoxicológicos de qualidade de água, os quais são relatados a seguir:

Parâmetros Físicos e Químicos: temperatura, condutividade elétrica, sólidos totais, sólidos dissolvidos totais, sólidos suspensos totais, cor, turbidez, alcalinidade total, alcalinidade de bicarbonato, dureza de cálcio, dureza de magnésio, dureza total, pH, oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO_{5,20}), demanda química de oxigênio (DQO), série de nitrogênio (orgânico, amoniacal, nitrato e nitrito), fósforo total, substâncias tensoativas, óleos e graxas, cianeto livre, fenóis totais, cloreto, potássio, sódio, sulfato total, sulfetos, magnésio, ferro dissolvido, manganês total, alumínio total, alumínio dissolvido, zinco total, bário total, cádmio total, boro total, arsênio total, níquel total, chumbo total, cobre total, cobre dissolvido, cromo (III), cromo (VI), cromo total, selênio total e mercúrio total.

Parâmetros microbiológicos: coliformes termotolerantes, coliformes totais e estreptococos totais.

Parâmetro hidrobiológico: clorofila -a.

Bioensaios Ecotoxicológicos: ensaios de toxicidade crônica com *Ceriodaphnia dubia*, inseridos no projeto a partir da terceira campanha de 2003, visando aprimorar as informações referentes à toxicidade causada pelos lançamentos de substâncias tóxicas nos corpos de água.

Segundo a classificação da Política Estadual de Recursos Hídricos, (IGAM, 2007), a região de estudo se encontra na codificação UPGRH: GD5 da bacia do Rio Grande, sub-bacia, Rio Sapucaí. Dentre os diversos pontos de amostragem, os mais relevantes para o presente estudo são BG044 (22° 17' 26", 45°53'49") e BG045(22°22'45", 45°53'24") ambos no rio Sapucaí –Mirim, localizados próximos à área da implantação dos diques, sendo o BG045 dentro da área de influência do empreendimento.

As contagens de coliformes termotolerantes apresentaram desconformidade com os limites estabelecidos na legislação (CONAMA 357/2005) no Rio Sapucaí-Mirim à montante da cidade de Pouso Alegre (BG044), na primeira e quarta campanhas de 2007 e à montante da confluência com o Rio Sapucaí (BG045), em todas as campanhas daquele ano, como pode ser observado na **Figura 6.89**.

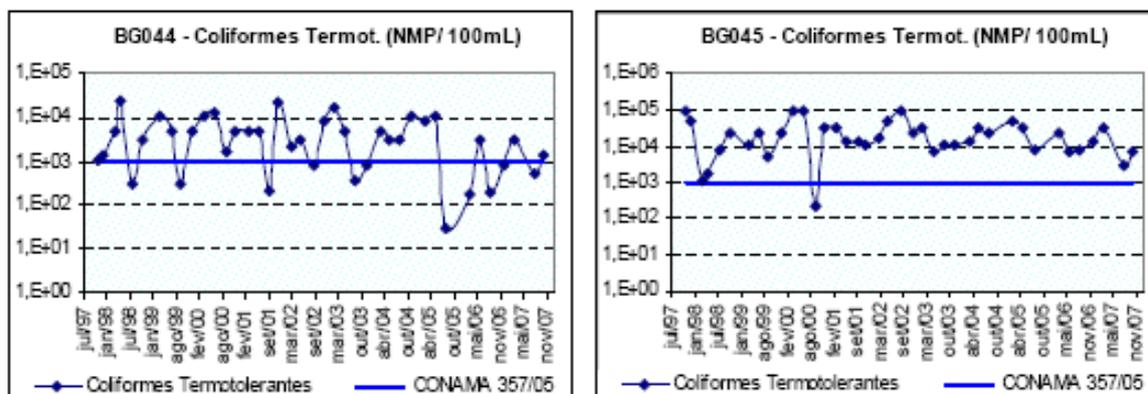


FIGURA 6.89. Ocorrência de coliformes termotolerantes no rio Sapucaí-Mirim (BG044) e (BG045), no período de 1997 a 2007. Fonte: IGAM (2007).

As concentrações de fósforo total estiveram acima do padrão de Classe 2 na primeira e quarta campanhas de 2007 na estação à montante da cidade de Pouso Alegre (BG044) e na primeira, terceira e quarta campanhas no ponto de monitoramento localizado próximo a sua foz no rio Sapucaí (BG045) (**Figura 6.90**). Os resultados apontam o comprometimento desse corpo de água pelo recebimento de esgotos domésticos sem tratamento e de carga de poluição difusa (IGAM, 2007).

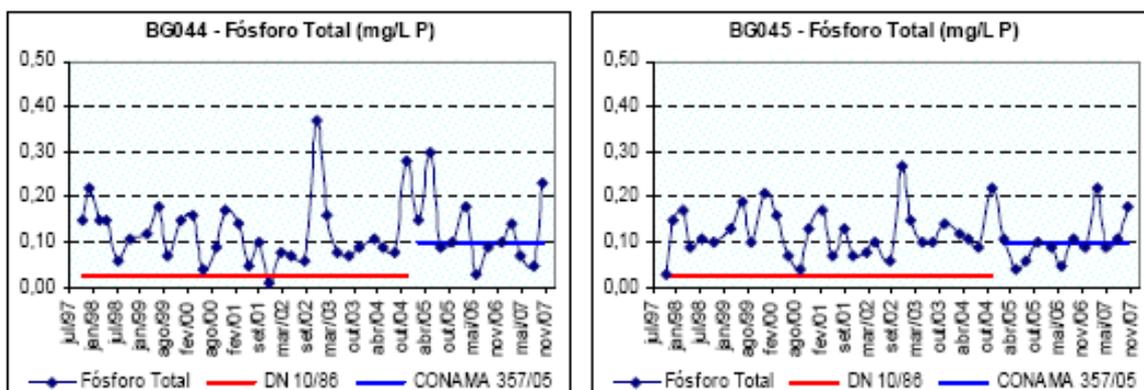


FIGURA 6.90. Valores de fósforo total no rio Sapucaí-Mirim (BG044) e (BG045), no período de 1997 a 2007. Fonte: IGAM (2007).

Na primeira campanha de 2007, os teores de alumínio dissolvido (**Figura 6.91**) e de ferro dissolvido (**Figura 6.92**) estiveram acima dos limites permitidos para rios classe 2 nos dois pontos de amostragem do rio Sapucaí-Mirim. A ocorrência desses elementos reflete, sobretudo, a constituição do solo da região e seu manejo inadequado, aliado às atividades minerárias desenvolvidas na região, bem como do aporte de carga difusa (IGAM, 2007).

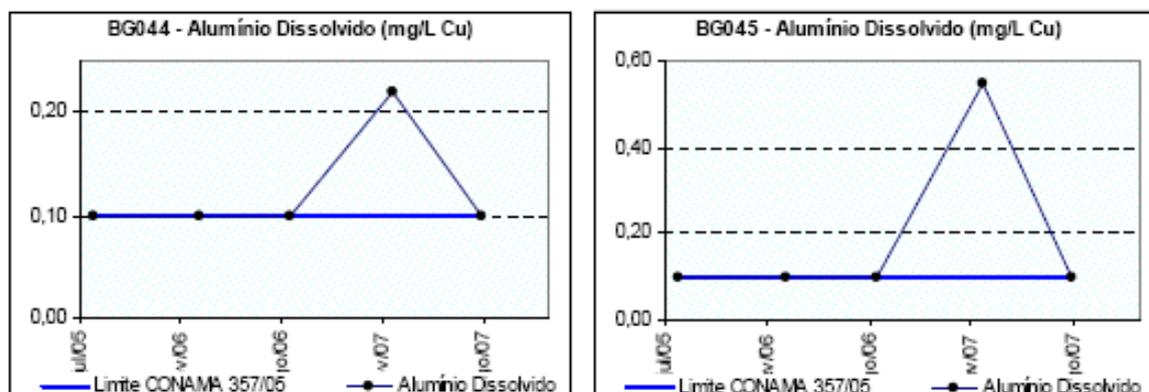


FIGURA 6.91. Teores de alumínio dissolvido no rio Sapucaí-Mirim (BG044) e (BG045), no período de 2005 a 2007. Fonte: IGAM, 2007.

As concentrações de ferro dissolvido ultrapassaram o limite legal na primeira campanha de amostragem em ambas as estações localizadas no rio Sapucaí-Mirim, conforme **Figura 6.92**.

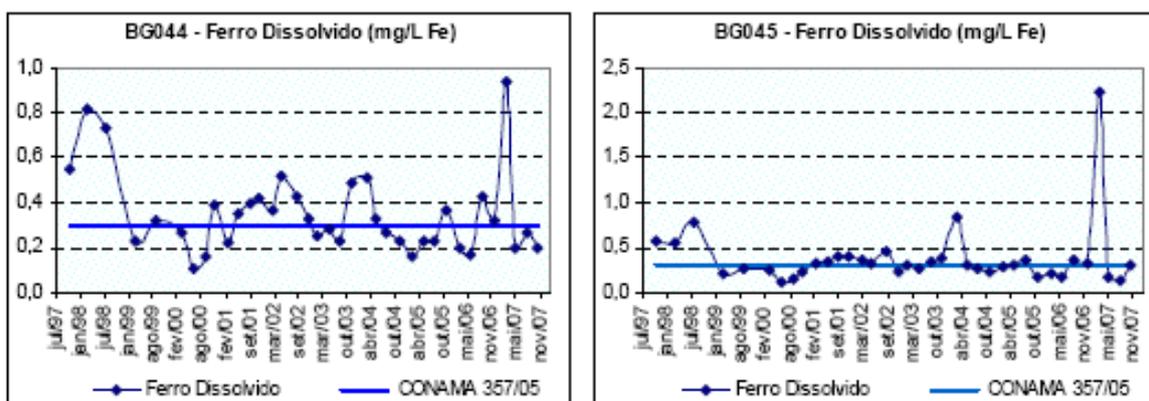


FIGURA 6.92. Teores de ferro dissolvido no rio Sapucaí-Mirim (BG044) e (BG045), no período de 1997 a 2007. Fonte: IGAM, 2007.

Os relatórios anuais do Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais da Bacia do Rio Grande geram caracterizações trimestrais e anuais. Para o ano de 2007 utilizaram-se os dados trimestrais, já que houve problema na segunda campanha, impedindo de gerar média anual, conforme apresentado na **Figura 6.93**. O ponto monitorado à montante da cidade de Pouso Alegre (BG044) apresentou Índice de Qualidade das Águas (IQA) **Médio** na primeira e quarta campanhas e IQA **Bom** na terceira campanha, enquanto que, o ponto monitorado próximo de sua foz no rio Sapucaí (BG045) apresentou IQA **Médio** em todas as campanhas de 2007. Esta condição foi influenciada principalmente pelos resultados de coliformes termotolerantes, fósforo total e turbidez (IGAM, 2007). A Contaminação por Tóxicos (CT) em 2007 apresentou-se **Baixa** no rio Sapucaí - Mirim em ambas as estações de monitoramento, assim como em 2006.

Para o ano de 2008, foi obtida a média anual, apresentada na **Figura 6.94**. Os valores médios indicaram um Índice de Qualidade das Águas (IQA) **Médio** para o ponto BG044, e **Ruim** para o ponto BG045. A Contaminação por Tóxicos, a qual indica contribuição de poluição industrial, esteve **Baixa** para a estação BG044 e **Médio** para BG045. Os dados revelam que a qualidade da água sofreu um decréscimo comparado aos valores de 2008, principalmente no ponto próximo de sua foz no rio Sapucaí.

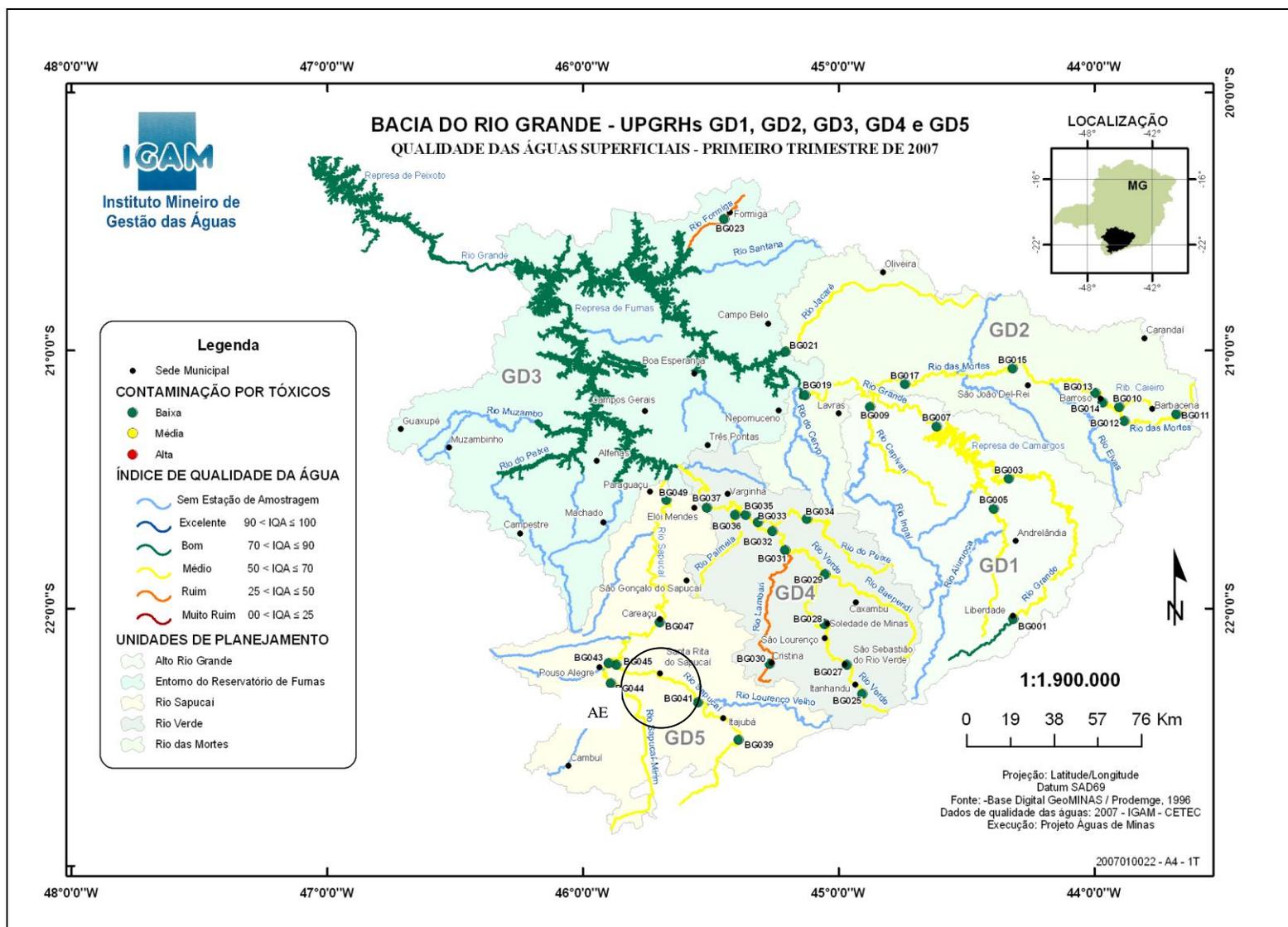


FIGURA 6.93. Qualidade das Águas Superficiais na Bacia do Rio Grande no primeiro trimestre de 2007. Fonte IGAM (2007).

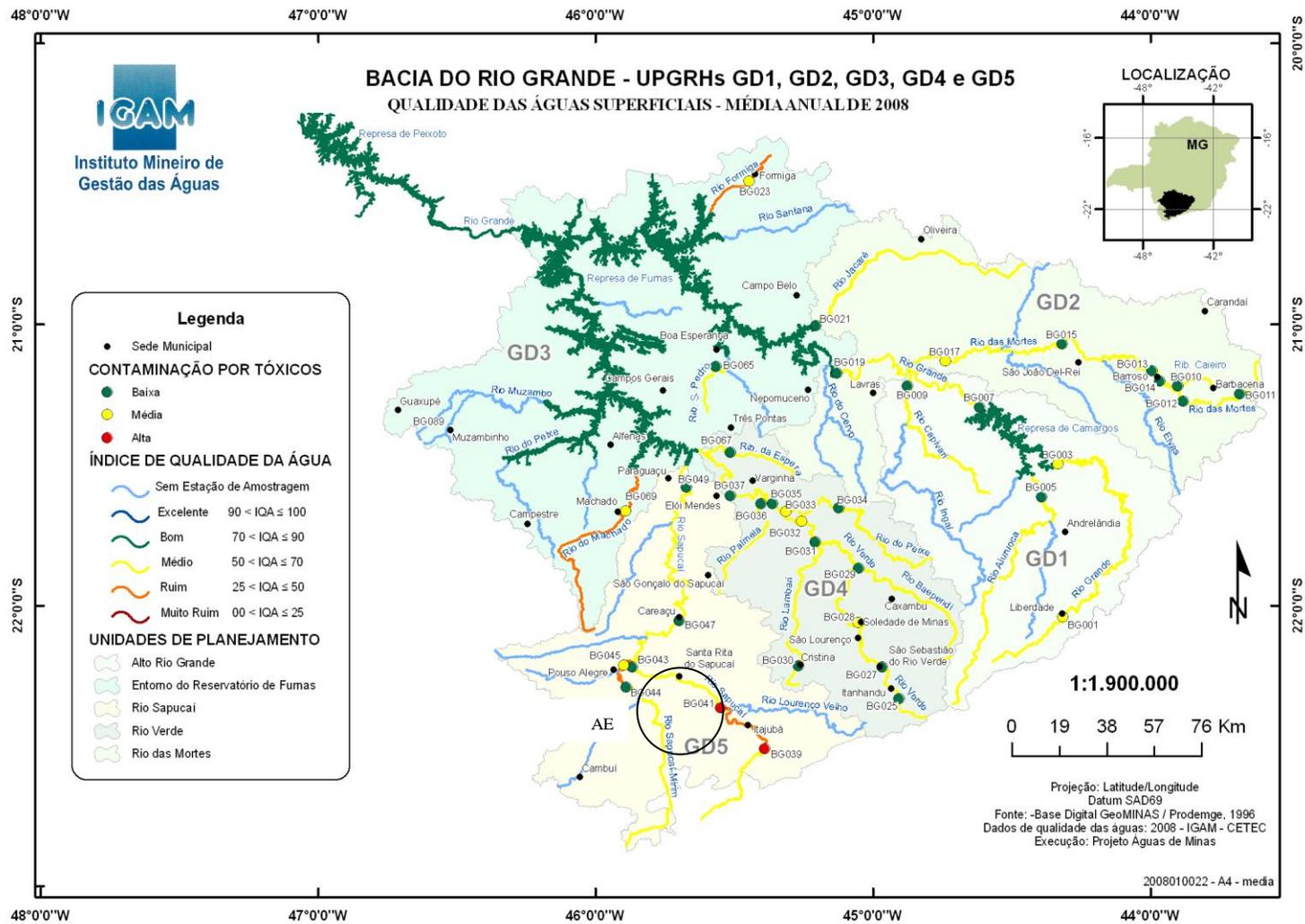


FIGURA 6.94. Média Anual de 2008 da Qualidade das Águas Superficiais na Bacia do Rio Grande. Fonte IGAM (2008).

B) Companhia de Saneamento de Minas Gerais – COPASA

A Companhia de Saneamento de Minas Gerais – COPASA - MG é a empresa responsável pelo abastecimento público de água potável do município de Pouso Alegre.

A importância da COPASA para a implantação dos diques surge à medida que esta possui duas estações de captação e monitoramento de água nos rios, localizadas na área de influência do empreendimento. As captações de água realizadas pela companhia estão localizadas em SP-01 (Sapucaí-Mirim) e MD-01 (MandU). Para o presente estudo, estes pontos de amostragem foram escolhidos principalmente para uma posterior comparação entre os dados obtidos em campo e os dados históricos de parâmetros indicadores de qualidade da água fornecidos pela empresa, uma vez que, para definir o tratamento a ser aplicado, é necessário conhecer o efluente (água do corpo hídrico) a ser tratado.

6.5.2.3. Campanha realizada em 2009

A) Parâmetros Físicos e Químicos

A campanha para caracterização da qualidade das águas dos rios Mandu, Sapucaí Mirim e Sapucaí foi realizada em 14 de outubro de 2009. Os resultados dos parâmetros físicos e químicos analisados nas estações SP-01, SP-02, SP-03, SP-04 e MD-01 se encontram no Boletim de Análise (**ANEXO 3**) e resumidos na **Tabela 6.22**.

Segundo Esteves (1998), dentre os gases dissolvidos na água, o oxigênio é um dos mais importantes na dinâmica e na caracterização de ecossistemas aquáticos. As principais fontes para a água são a atmosfera e a fotossíntese, enquanto as perdas são o consumo pela decomposição de matéria orgânica, para a atmosfera, respiração de organismos aquáticos e oxidação de íons metálicos. Para o presente estudo, todos os valores encontram-se acima do mínimo exigido por lei para rios classe 2 (5 mg/L), com uma queda mais acentuada para o ponto SP-04, provavelmente por ser o ponto mais à jusante e, portanto, o que mais concentra matéria orgânica acumulada das contribuições externas. Trata-se de um parâmetro de grande importância, pois indica a quantidade de oxigênio disponível para os peixes e microrganismos aquáticos, além de ser essencial para os processos de autodepuração de sistemas aquáticos.

A demanda bioquímica de oxigênio (DBO) é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica biodegradável sob condições aeróbias, isto é, indica a quantidade de oxigênio dissolvido que será consumida pelos organismos aeróbios ao degradarem a matéria orgânica (ESTEVES, 1998). Esse foi um importante parâmetro avaliado, já que todos os pontos apresentam-se em desacordo com a legislação, estando bem acima do limite de 5 mg/L de O₂, indicando a presença de despejos de origem predominantemente orgânica, podendo reduzir a concentração de oxigênio na água,

provocando o desaparecimento de espécies sensíveis e interferindo no equilíbrio da vida aquática, além de produzir sabores e odores desagradáveis.

TABELA 6.22. Resultados dos parâmetros físicos e químicos obtidos nos pontos de amostragem nos rios Sapucaí, Sapucaí-Mirim e Mandu – Pouso Alegre/MG.

| Parâmetros | Unidade | Pontos de coleta | | | | |
|--------------------------|-------------------------|------------------|-------------|----------------|----------------|-------------|
| | | SP-01 | SP-02 | SP-03 | SP-04 | MD-01 |
| Alcalinidade Total | mg CaCO ₃ /L | 17 | 17 | 18 | 18 | 17 |
| Alcalinidade bicarbonato | mg/L | 17 | 17 | 18 | 18 | 17 |
| Alumínio | mg/L | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 |
| Amônia | mg/L | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| Boro | mg/L | 0,06 | 0,07 | 0,64 | 0,05 | 0,1 |
| Cádmio | mg/L | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 |
| Cálcio | mg/L | 3,2 | 3,2 | 3,2 | 3,2 | 3,2 |
| Chumbo | mg/L | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 |
| Cianeto | mg/L | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 |
| Cloretos | mg/L | 4,5 | 4,5 | 4 | 4,5 | 4 |
| Cobre | mg/L | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,003 |
| Condutividade | µS/cm | 35,4 | 36,3 | 39,7 | 40 | 32,5 |
| Cor | µgPt/ml | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Cromo hexavalente | mg/L | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,005 |
| Cromo trivalente | mg/L | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,005 |
| Cromo total | mg/L | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| DBO ** | mg/L | 10,8 | 14,4 | 11 | 9,9 | 10,2 |
| DQO | mg/L | 30,1 | 35,2 | 31,2 | 34,2 | 31,7 |
| Dureza Cálcio | mgCaCO ₃ /L | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| Dureza Magnésio | mgCaCO ₃ /L | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| Fenóis | mg/L | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 |
| Ferro Solúvel | mg/L | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,2 | 0,3 |
| Fosfato Total | mg/L | 0,207** | 0,025 | 0,237** | 0,106** | 0,035 |
| Magnésio | mg/L | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Manganês | mg/L | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,04 | 0,04 |
| Níquel | mg/L | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 |
| Nitrato | mg/L | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |

| Parâmetros | Unidade | Pontos de Coleta | | | | |
|----------------------|---------|------------------|-------|-------|-------|-------|
| | | SP-01 | SP-02 | SP-03 | SP-04 | MD-01 |
| Nitrito | mg/L | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Nitrogênio Orgânico | mg/L | 0,001 | 0,01 | 0,001 | 0,011 | 0,013 |
| OD | mg/L | 7,63 | 7,57 | 7,14 | 6,82 | 7,31 |
| Óleos e Graxas | mg/L | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| pH | - | 6,02 | 6,11 | 6,25 | 6,03 | 6,0 |
| Potássio | mg/L | 2,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| Sódio | mg/L | 5,0 | 6,0 | 6,0 | 7,0 | 5,0 |
| Sólidos dissolvidos | mg/L | 11,2 | 11,1 | 12 | 12 | 9,7 |
| Sólidos em suspensão | mg/L | 49,0 | 38,0 | 40,0 | 41,0 | 54,0 |
| Sólidos totais | mg/L | 60,2 | 49,1 | 52,0 | 53,0 | 63,7 |
| Sulfato | mg/L | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| Sulfetos | mg/L | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 |
| Surfactantes | mg/L | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| Temperatura da água | °C | 21,6 | 21,6 | 21,5 | 21,5 | 21,3 |
| Temperatura do ar | °C | 26 | 31,8 | 26,8 | 27,2 | 32,2 |
| Turbidez | UNT | 34,2 | 31,2 | 39,3 | 28 | 44,5 |
| Zinco | mg/L | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |

**** Variáveis em desacordo com CONAMA n° 357/2005 para rios classe 2**

O nitrogênio é um dos elementos mais importantes no metabolismo de ecossistemas aquáticos, principalmente por sua participação na formação de proteínas. Quando presente em baixas concentrações pode atuar como fator limitante na produção primária de ecossistemas aquáticos. Em excesso, pode contribuir para o processo de eutrofização. A amônia pode ainda causar mortalidade de peixes, dependendo da faixa de pH. O nitrogênio está presente sob várias formas, sendo as formas nitrato e íon amônia de grande importância, por representarem as principais fontes para os produtores primários (ESTEVES, 1998).

Todos os valores de nitrito e nitrato analisados para os rios em estudo se apresentaram bem abaixo do limite para rios classe 2 (CONAMA, n°357/2005), em contra partida o valor de fosfato total esteve acima do limite para os pontos SP-01, SP-03 e SP-04, e sua presença em excesso desencadeia a proliferação de algas e plantas aquáticas indesejáveis, podendo conduzir ao processo de eutrofização.

Segundo Esteves (1998) a condutividade elétrica é a capacidade de conduzir a corrente elétrica, que é função da concentração de íons presentes, e depende também

da temperatura e pH da água. Essa é uma importante variável, pois fornece informações sobre o metabolismo do ecossistema aquático (magnitude dos macronutrientes: cálcio, magnésio, potássio, sódio, cloreto, sulfato, etc), e fenômenos que ocorrem na bacia de drenagem. A condutividade média encontrada foi de 37 $\mu\text{S}/\text{cm}$, enquanto os valores de pH's mostraram condições levemente ácidas, mas ainda dentro da faixa tolerável para rio classe 2 (CONAMA n° 357/2005).

Os íons cálcio, magnésio, sódio, potássio e cloreto têm importante papel na produtividade global dos ecossistemas aquáticos, participando de importantes processos fisiológicos de suas comunidades. Os valores de cálcio e cloreto estão bem abaixo dos limites estabelecidos pelo CONAMA 357/2005. Segundo Esteves (1998), no meio aquático, estes íons dificilmente atuam como fatores limitantes.

O ferro e o manganês são micronutrientes indispensáveis ao metabolismo dos seres vivos e também influenciam a ciclagem de outros nutrientes como o fósforo. Eles podem estar na forma reduzida ou oxidada e ainda podem se comportar como elementos-traço. Os dois elementos estão enquadrados dentro da Resolução CONAMA n° 357/2005 para todos os pontos analisados.

Segundo Esteves (1998), elementos-traço são os elementos químicos que ocorrem em pequenas concentrações na natureza, comumente chamados de metais pesados. Alguns elementos-traço são essenciais aos seres vivos em baixas concentrações, porém em concentrações elevadas possuem alta toxicidade. Em rios, a carga total destes elementos depende das características geológicas e ecológicas das bacias de drenagem e do tipo de atividade humana presente, principalmente industrialização, agricultura e mineração. O grande aumento na liberação de elementos-traços no ambiente tem potencializado seu efeito nocivo ao homem e demais espécies animais e vegetais, principalmente por sua característica recalcitrante e incorporação à cadeia alimentar através do processo de bioacumulação, o que já gerou tragédias ecológicas no mundo todo.

Segundo Tundidi & Tundisi (2008) os elementos-traços mais perigosos para a maioria dos organismos são Cd, Pb, Cu, Ni e Cr, os quais foram quantificados no presente estudo e estão todos dentro dos limites aceitáveis pela resolução CONAMA para rios classe 2, porém seus valores foram consideráveis, provando que há existência de atividades antrópicas, principalmente indústrias, na área avaliada. O Al, B e Zn também foram quantificados e estão dentro dos padrões estabelecidos.

Para os parâmetros fenóis e óleos e graxas, todas as estações analisadas apresentam-se em concordância com a legislação. Os fenóis são compostos orgânicos oriundos principalmente dos despejos industriais, sendo tóxicos aos organismos aquáticos e também afetam a aceitabilidade da água para consumo. Os óleos e graxas

são substâncias orgânicas oriundos de despejos e resíduos industriais, esgotos domésticos, efluentes de oficinas mecânicas, postos de gasolina, estradas, etc.

Os valores de sulfatos e sulfetos para o atual estudo estão de acordo com a legislação. A presença de sulfato nas águas superficiais é decorrente das descargas de esgotos domésticos e efluentes industriais e tem interesse sanitário para águas de abastecimento público por sua ação laxativa, como sulfato de magnésio e o sulfato de sódio. Os íons sulfeto presentes na água podem precipitar na forma de sulfetos metálicos em condições anaeróbicas e na presença de determinados íons metálicos.

Todas as impurezas da água, com exceção dos gases dissolvidos, contribuem para a carga de sólidos presentes nos corpos de água. Os sólidos podem ser classificados de acordo com seu tamanho e características químicas. Os parâmetros sólidos totais e em suspensão encontram-se em conformidade com a Resolução CONAMA nº 357/2005 para rios classe 2, assim como a cor e a turbidez para todas as estações. A cor está associada ao grau de redução de intensidade que a luz sofre ao atravessar uma coluna de água, devido à presença de sólidos dissolvidos, podendo ser originada de forma natural (decomposição da matéria orgânica – ácidos húmicos e fúlvicos, além do ferro e manganês), ou de origem antropogênica (resíduos industriais e esgotos domésticos). Entretanto, a turbidez representa o grau de interferência com a passagem da luz através da água, conferindo uma aparência turva à mesma. Esta tem como origem natural a presença de matéria em suspensão como partículas de rocha, argila, silte, algas e outros microrganismos e como fonte antropogênica os despejos domésticos, industriais e a erosão. A alta turbidez reduz a fotossíntese da vegetação enraizada submersa e do fitoplâncton. Esse desenvolvimento reduzido de plantas pode, por sua vez, suprimir a produtividade de peixes, influenciando toda a comunidade biológica aquática (IGAM, 2007).

B) Parâmetros Bacteriológicos

Há décadas, a utilização de bactérias como indicador de qualidade de água é utilizada. A importância dada a esses microrganismos advém, principalmente, por sua alta adaptabilidade e elevada resistência a ambientes distintos e por apresentarem elevada proliferação em corpos hídricos, podendo causar inúmeros óbitos e gastos com saúde pública. Diversos estudos já demonstraram o caos que a falta de saneamento pode causar e, principalmente, a comparação em investimentos em saúde e saneamento básico.

Atualmente, utilizam-se como bioindicadores da qualidade da água as bactérias, como os coliformes fecais, já que água é normalmente habitada por vários tipos de microrganismos de vida livre e não parasitárias que dela extraem os elementos

indispensáveis a sua sobrevivência. Ocasionalmente, são introduzidos organismos patogênicos que, utilizando a água como veículo, constituem-se um perigo sanitário potencial, trazendo doenças como cólera, salmonelose, febres entéricas (hepatite, febre tifóide, ascaridíase), esquistossomose, dengue e malária.

Porém, a identificação e quantificação em águas de cada um dos microrganismos responsáveis pelas doenças infecto-parasitárias são impraticáveis. Bonacella (1991) relata que além das técnicas laboratoriais serem trabalhosas, esses organismos patogênicos ocorrem em número reduzido e ainda são intermitentes, sendo necessário pesquisar grandes volumes de água.

Como o intestino humano é habitado por vários outros microrganismos não patogênicos, que existem em maior número e que sobrevivem em condições semelhantes aos patógenos, inclusive quanto a sua resistência, é importante pesquisar a presença destes em águas, como os pertencentes ao Grupo Coliforme, que são indicadores da presença de microrganismos patogênicos em águas. O Grupo Coliforme é dividido em três principais subgrupos, mais comumente utilizado como indicadores de contaminação fecal de águas: coliformes totais, coliformes fecais e estreptococos fecais.

Os **coliformes totais (CT)** reúnem um grande número de bactérias, entre elas a *Escherichia coli*, de origem exclusivamente fecal e que dificilmente se multiplica fora do trato intestinal. O problema é que outras bactérias dos gêneros *Citrobacter sp*, *Enterobacter sp* e *Klebsiella sp* podem também ser encontradas no solo e nos vegetais. Desta forma, não é possível afirmar categoricamente que uma amostra de água com resultado positivo para coliformes totais tenha entrado em contato com contaminação fecal (BONACELLA, 1991).

Os **coliformes fecais (CF)** pertencem ao subgrupo dos coliformes totais, sendo exclusivos do trato intestinal de animais de sangue quente. Portanto, sua identificação na água permite afirmar se houve presença de matéria fecal, embora não exclusivamente de origem humana.

Quanto aos **estreptococos fecais (EF)**, embora sua identificação não seja feita em rotina, trata-se de um subgrupo importante, já que fazem parte as espécies do gênero *Streptococcus sp* que ocorrem apenas no trato intestinal do homem e de animais de sangue quente, como os coliformes fecais (BONACELLA, 1991).

A caracterização bacteriológica do atual estudo foi realizada mediante determinação de coliformes totais, coliformes fecais e estreptococos fecais, conforme **Tabela 6.23**. Os valores de coliformes fecais, importante indicadores de poluição orgânica, com enfoque aos esgotos domésticos estiveram acima do padrão para rios classe 2 nas estações SP-03 e SP-04, que segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005 é de no máximo 1000 colônias/100 mL. Nessas mesmas duas estações, os valores de

coliformes totais e estreptococos fecais atingiram valores não quantificáveis, devido à alta concentração destes microrganismos nos corpos d' água. Esses parâmetros indicam contaminação fecal nesses pontos e, assim, é muito provável a presença de organismos patogênicos, o que reforça a necessidade de cuidados quanto ao tratamento da água para abastecimento, principalmente no ponto SP-03, captação da COPASA.

Ainda para a estação MD-01, os coliformes totais estiveram acima de 1000 colônias/100 mL. Apesar de não garantida a origem fecal, precauções especiais também devem ser adotadas por se tratar de uma estação de captação de água para tratamento e abastecimento de parte do município de Pouso Alegre.

TABELA 6.23. Parâmetros Microbiológicos obtidos em pontos de amostragem nos rios Sapucaí , Sapucaí-Mirim e Mandu – Pouso Alegre/MG, em 14 de outubro de 2009.

| Parâmetros | Pontos de Coleta | | | | |
|--------------------------------------|------------------|-------|--------|--------|-------|
| | SP-01 | SP-02 | SP-03 | SP-04 | MD-01 |
| Coliformes Fecais n° COL/100mL | 320 | 60 | TNTC** | TNTC** | 240 |
| Coliformes Totais n° COL/100mL | 400 | 100 | TNTC* | TNTC* | TNTC* |
| Estreptococos Fecais n° COL/100mL | 30 | 40 | TNTC* | TNTC* | 360 |

*TNTC = elevado número de colônias (≥ 2000 COL/100 mL)

** Variáveis em desacordo com CONAMA n° 357/2005 para rios classe 2

A correlação entre a ocorrência de coliformes fecais e estreptococos fecais é normalmente utilizada em cursos d'água, e consiste em quantificar o número de microrganismos de cada um dos dois subgrupos existentes numa amostra (BRIDGMAN, 1995). Segundo o IGAM (2005), se esta relação resultar em número maior que 4, diz-se que a amostra apresenta contaminação fecal predominantemente humana. Se menor que um a contaminação fecal predominante será de outros animais de sangue quente, e entre esses dois valores, não permitem inferir nada a respeito da origem da contaminação.

Dessa forma, observa-se pela **Tabela 6.24** que, apesar de valores enquadrados na legislação, a estação SP-01 tem sua predominância da contaminação de origem humana, pois apesar de estar à montante e ainda não ter recebido grande parte da contribuição dos efluentes, os bairros que se localizam em sua proximidade majoritariamente lançam seus esgotos diretamente nos corpos d'água, conforme **Figura 6.95**. Em contrapartida, a estação do Rio Mandu (MD-01) teve como principal

contribuição a contaminação de origem em animais de sangue quente, estando este ponto mais afastado dos centros urbanos e residências, como pode visualizado na **Figura 6.95**. Os demais pontos nada pode-se concluir quanto à origem da contaminação.

TABELA 6.24. Relação coliformes fecais e estreptococos fecais nas estações de amostragem.

| Ponto | Coliformes Fecais | Estreptococos Fecais | CF/EF* |
|--------------|-------------------|----------------------|--------|
| | n° COL/100mL | | |
| SP-01 | 320 | 30 | 10,67 |
| SP-02 | 60 | 40 | 1,50 |
| SP-03 | 2000 | 2000 | 1,00 |
| SP-04 | 2000 | 2000 | 1,00 |
| MD-01 | 240 | 360 | 0,67 |

*CF/EF relação coliformes fecais e estreptococos fecais



FIGURA 6.95. Despejo de esgoto na estação SP-01 (esquerda) e imagem da estação MD-01 (direita).

C) Parâmetros Hidrobiológicos: Macroinvertebrados Bentônicos

A fauna de invertebrados em rios é dominada por organismos bentônicos, enquanto a fauna de vertebrados aquáticos é dominada por peixes. O permanente movimento unidirecional das águas é a característica dominante dos rios e controla a estrutura do fundo e do material que ocorre no sedimento. A biota aquática é, portanto, adaptada a esse fluxo unidirecional e à estrutura do sedimento, como seu tipo e composição química (TUNDISI & TUNDISI, 2008).

Dentre as diversidades de espécies existentes nos leitos dos corpos d'água destacam-se os macroinvertebrados bentônicos, esses, utilizados há décadas como um

importante bioindicador da qualidade da água. Dentre as principais características para tal importância, destaca-se o fato de: sobreviverem em diversos habitats ou micro-habitats dentro dos sistemas; apresentarem uma natureza sedentária, permitindo a análise espacial do impacto além de permitir análises de substâncias bioacumuladoras; possuírem ciclo de vida relativamente longo, possibilitando analisar as variações temporais e, conseqüentemente, avaliar os distúrbios ambientais; exercerem importante papel no processamento da matéria orgânica de corpos d' água, acelerando a decomposição, promovendo a reciclagem de nutrientes e a transferência de energia aos níveis tróficos superiores, sendo um elo fundamental na cadeia decompositora dos detritos; participarem da reciclagem de nutrientes principalmente de fósforo e nitrogênio inorgânicos, através do biorrevolvimento do substrato e suas atividades metabólicas de excreção.

As interpretações das variáveis físicas e químicas, aliadas aos resultados dos indicadores biológicos, oferecem uma forte e consistente base para inferências e tomadas de decisões no que se refere ao diagnóstico da área em estudo.

No presente trabalho utilizou-se como base a amostragem da macrofauna bentônica, em especial os invertebrados como um bioindicador da área em questão. Para tanto foram utilizados os valores de riqueza, índice de diversidade de Shannon- Weaver (1949), e o índice *Biological Monitoring Working Party* – BMWP. Ocorre a atribuição de “notas” para presença de ordens, famílias, gêneros e espécies consideradas indicadores de qualidade. Segundo Tundisi & Tundisi (2008), todos esses parâmetros são utilizados amplamente na comunidade científica para caracterização de comunidades e ecossistemas.

A distribuição desses organismos no leito do corpo aquático é influenciada por diversos fatores como, o tipo de substrato, disponibilidade de alimento, oxigênio dissolvido, temperatura da água, nível de poluição, velocidade da água, etc.

Os resultados de riqueza e diversidade da comunidade em questão se apresentaram extremamente baixos, conforme pode ser verificado na **Tabela 6.25**, uma vez que a amostragem do ponto SP-01 apresentou somente cinco indivíduos, SP-02 e SP-03 apenas três, SP-04 quatro, enquanto que o MD-01 nenhum indivíduo foi registrado. Esse fato pode ser explicado por duas razões: à dificuldade amostral ou mesmo pelas condições do rio que não favorecem o desenvolvimento da comunidade zoobentônica.

TABELA 6.25. Riqueza e Diversidade de Shannon-Weaver em todos os pontos amostrados.

| Riqueza e Diversidade | Riqueza (ind/amostra) | | | | |
|--|-----------------------|-------|-------|-------|-------|
| | SP-01 | SP-02 | SP-03 | SP-04 | MD-01 |
| FILO ARTHROPODA, CLASSE INSECTA | | | | | |
| Ordem Diptera (Chironomidae) | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| Ordem Coleoptera (Elmidae) | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 |
| FILO ANNELIDA | | | | | |
| Classe Oligochaeta | 1 | 3 | 1 | 2 | 0 |
| FILO MOLLUSCA, CLASSE BIVALVIA | | | | | |
| Ordem Unionoidea (Hyiidae, <i>Diplodon sp.</i>) | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Riqueza total da comunidade | 3 | 1 | 2 | 2 | 0 |
| Índice de diversidade Shannon – Weaver | 1,05 | 0 | 0,64 | 0,69 | 0 |

Os indivíduos amostrados apresentaram-se em três Filos: **Arthropoda** (Classe Insecta), **Annelida** (Classe Oligochaeta) e **Mollusca** (Classe Bivalvia).

Na Classe Insecta, os indivíduos foram divididos em duas ordens, Diptera (Chironomidae) e Coleoptera (Elmidae). A presença desses invertebrados é de extrema relevância, pois indivíduos dessa natureza são considerados indicadores de ambientes com elevada poluição, assim como a presença de indivíduos da classe Oligochaeta que se apresentaram em praticamente todas as amostras. Estes organismos são indicativos de ambientes com elevada carga orgânica, o que está diretamente relacionado à elevada carga de DBO, constituindo assim micro-habitats próximos ao sedimento com baixas concentrações de oxigênio, o que corrobora com experimentos de Piedras et al. (2006) apud Silva (2007), os quais confirmaram a correlação da classe Oligochaeta com baixas concentrações de oxigênio dissolvido. Com isso, os autores classificaram os Oligochaeta e os Chironomidae como invertebrados bentônicos mais tolerantes à poluição.

O índice *Biological Monitoring Working Party* – BMWP é calculado a partir de atribuição de “notas” (valores) para presença de ordens, famílias, gêneros e espécies consideradas indicadores de qualidade, conforme **Tabela 6.26**, de acordo com CETEC, (2007). Esse índice é amplamente utilizado pela comunidade científica e foi empregado no presente estudo. O mesmo apresentou-se com uma classificação extremamente crítica em todos os pontos amostrados, como pode ser observado na **Tabela 6.27**. Entretanto, vale ressaltar a presença de indivíduos *Diplodon sp* no ponto SP01. A

importância dada a esses indivíduos deve-se ao fato de serem considerados como referência para estado moderado de qualidade da água, o que pode ser explicado pela localização do ponto (à montante da cidade) ou seja, ausência da carga de poluição do centro urbano de Pouso Alegre.

TABELA 6.26. Índice BMWP - *Biological Monitoring Working Party*.

| Qualidade | Valor | Significado | Cor |
|---------------|-----------|--|-----|
| Boa | >150 | Águas muito limpas | |
| Boa | 101 - 120 | Águas limpas, sem alteração ou contaminação evidente | |
| Aceitável | 61 - 100 | Águas com alguns sinais de contaminação | |
| Duvidosa | 36 - 60 | águas contaminadas | |
| Crítica | 16 - 35 | Águas muito contaminadas | |
| Muito Crítica | <15 | Águas fortemente contaminadas | |

TABELA 6.27. Índice BMWP em todos os pontos amostrados.

| Índice BMWP | SP-01 | SP-02 | SP-03 | SP-04 | MD-01 |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| FILO ARTHROPODA, CLASSE INSECTA | | | | | |
| Ordem Diptera (Chironomidae) | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| Ordem Coleoptera (Elmidae) | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 |
| FILO ANNELIDA | | | | | |
| Classe Oligochaeta | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| FILO MOLLUSCA, CLASSE BIVALVIA | | | | | |
| Ordem Unionoidea (Hyiidae, Diplodon sp.) | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Índice BMWP | 9,00 | 1,00 | 3,00 | 6,00 | 0,00 |

Todos os resultados laboratoriais da análise hidrobiológica (zoobenton) encontram-se no **ANEXO 4**.

D) Cálculo do IQA – Índice de Qualidade de Água

Na caracterização da qualidade da água, utilizam-se alguns parâmetros que representam suas características físico-químicas e biológicas, e os indicadores de qualidade da água, que representam impurezas quando ultrapassam a certos valores estabelecidos. Estes parâmetros foram estabelecidos pela *National Sanitation Foundation* (NSF) nos Estados Unidos, a partir de pesquisa de opinião junto a vários especialistas da

área ambiental, para o desenvolvimento de um índice de qualidade da água (IQA), com enfoque na contaminação de origem orgânica. Com isso, nove parâmetros foram considerados mais representativos: oxigênio dissolvido, coliformes fecais, pH, demanda bioquímica de oxigênio, nitrato, fosfato total, temperatura da água, turbidez e sólidos totais. Para cada parâmetro foram traçadas curvas médias da variação da qualidade da água em função das suas respectivas concentrações, de onde se extraíram fórmulas específicas. Ainda, aos parâmetros foram atribuídos diferentes pesos, cuja soma ponderada gerou o IQA, conforme resultados apresentados na **Tabela 6.28**.

TABELA 6.28. Parâmetros e respectivos pesos, para cálculo do IQA.

| Parâmetro | Pesos | SP-01 | SP-02 | SP-03 | SP-04 | MD-01 |
|----------------------------|-------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| CF | 0,15 | 29,38 | 45,38 | 16,01 | 16,01 | 31,88 |
| DBO | 0,10 | 30,35 | 20,39 | 29,67 | 33,59 | 32,47 |
| OD | 0,17 | 94,68 | 95,95 | 91,11 | 93,47 | 93,90 |
| Turbidez | 0,08 | 35,33 | 37,58 | 32,78 | 40,61 | 31,65 |
| Fosfato Total | 0,10 | 77,21 | 96,60 | 74,70 | 86,96 | 95,30 |
| Nitrato | 0,10 | 100,12 | 100,12 | 100,12 | 100,12 | 100,12 |
| pH | 0,12 | 53,65 | 56,95 | 62,36 | 54,01 | 52,93 |
| Sólidos Totais | 0,08 | 86,82 | 86,78 | 86,83 | 86,84 | 86,77 |
| ΔT | 0,10 | 93,00 | 93,00 | 93,00 | 93,00 | 93,00 |
| IQA | | 59,78 | 63,62 | 54,57 | 56,34 | 61,49 |
| Nível de Qualidade | | Médio | Médio | Médio | Médio | Médio |
| IQA Área de Entorno | | 59,16 | | Médio | | |

Os resultados do IQA encontrados foram confrontados com a **Tabela 6.29**, onde está o Nível de Qualidade determinado pelo IGAM (2005). Todas as estações geraram um nível de qualidade **Médio**, mostrando que o nível de qualidade para a área de entorno do empreendimento foi considerado **Médio**. O que contribuiu para diminuir os valores de IQA foram os altos valores de coliformes fecais e DBO, que estiveram na grande maioria acima do estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para rios de classe 2. Os valores de turbidez também estiveram elevados o que também contribuiu para promover a redução do IQA.

TABELA 6.29. Nível de Qualidade.

| Nível de Qualidade | Faixa |
|--------------------|----------------------|
| Excelente | $90 < IQA \leq 100$ |
| Bom | $70 < IQA \leq 90$ |
| Médio | $50 < IQA \leq 70$ |
| Ruim | $25 < IQA \leq 50$ |
| Muito Ruim | $0 \leq IQA \leq 25$ |

E) Contaminação por Tóxicos

De acordo com o Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM (2005), o qual faz parte do projeto Águas de Minas, a Contaminação por Tóxicos pode ser avaliada considerando-se a concentração de amônia, arsênio, bário, cádmio, chumbo, cianetos, cobre, cromo, índice de fenóis, mercúrio, nitritos, nitratos e zinco. A Contaminação por Tóxico é classificada conforme **Tabela 6.30**, onde P corresponde ao limite para o contaminante tóxico definido na classe de enquadramento do curso d'água pela Deliberação Normativa do COPAM nº01/2008, para o trecho onde está localizada a estação de amostragem.

TABELA 6.30. Classificação do nível de Contaminação por Tóxicos.

| Contaminação por Tóxicos | Faixa |
|--------------------------|------------------|
| Baixa | $CT < 1,2P$ |
| Médio | $2P < CT < 1,2P$ |
| Alta | $CT > 2P$ |

Para o empreendimento em questão, todos os valores que foram analisados estiveram abaixo do estabelecido pelo COPAM para rios classe 2, portanto possuindo **Baixa** contaminação por tóxicos, reforçando pouca contribuição industrial.

Quando comparado o IQA do presente estudo ao IQA obtido pelo IGAM nos pontos próximos ao empreendimento (B044 e B045), verifica-se que o nível **Médio** é o que prevalece, porém em 2008 já houve registro de um IQA **Ruim**. De forma análoga, a Contaminação por Tóxicos predominante foi **Baixa**, tanto pelo IGAM como pelo presente estudo, com exceção da estação B045 que forneceu valor **Médio** nos dados de 2008.

F) Índice do Estado Trófico

Há diversas formas de se calcular o índice de estado trófico. Geralmente os parâmetros mais utilizados são a clorofila, disco de Secchi e a carga de fósforo, como o

IET proposto por Toledo et al. (1983), cujo critério de classificação encontra-se na **Tabela 6.31**.

Uma estimativa desse índice, para o empreendimento em questão, foi feita com base apenas nos valores de fosfato total, pela seguinte equação:

$$\text{IET (PO}_4\text{)} = 10 \cdot (6 - (\ln(21,67/\text{PO}_4)/\ln 2))$$

TABELA 6.31. Critério de Classificação do IET - índice de estado trófico

| IET | Estado trófico |
|---------|----------------|
| ≤ 44 | Oligotrófico |
| 44 a 54 | Mesotrófico |
| ≥ 54 | Eutrófico |

Todos os resultados das estações de amostragem apresentaram um IET eutrófico (**Tabela 6.32**). Segundo Tundisi & Tundisi (2008), um dos mais importantes impactos em rios é o da eutrofização, que afeta todos os ecossistemas aquáticos continentais. O aumento de nitrogênio e fósforo produzido pela atividade humana conduz a esse processo de eutrofização, deteriorando a qualidade da água, tornando-a não disponível para vários usos e encarecendo o processo de tratamento, além de afetar profundamente todo o ecossistema aquático. As principais causas da eutrofização estão relacionadas com as entradas de águas residuárias domésticas e industriais, a drenagem superficial, a contribuição de águas subterrâneas e de fertilizantes utilizados na agricultura e erosão do solo.

TABELA 6.32. Resultados do IET (índice de estado trófico) nas estações de amostragens.

| Pontos | Fosfato Total ug/L | IET | Estado trófico |
|--------|-----------------------|-------|----------------|
| SP-01 | 207 | 92,56 | Eutrófico |
| SP-02 | 25 | 62,06 | Eutrófico |
| SP-03 | 237 | 94,51 | Eutrófico |
| SP-04 | 106 | 82,90 | Eutrófico |
| MD-01 | 35 | 66,92 | Eutrófico |

No atual estudo, pode ser que o processo de eutrofização ainda não seja intenso, já que não se notou, em campo, florescimento de algas, nem odor acentuado, ainda mais

porque a concentração de nitrogênio esteve dentro do limite permitido para rios classe 2 (CONAMA n° 357, 2005). Porém, são recomendadas ações de contenção de poluição na bacia em questão, evitando futuros problemas mais intensos quanto à eutrofização dos corpos d'água.

Considerações finais

O Índice de Qualidade de Água **Médio** e a Contaminação por Tóxicos **Baixa** favorecem a captação de água para abastecimento. Porém, altos índices de coliformes, fosfato e de DBO devem ser considerados como problemas atuais de deterioração dos rios em função das atividades antrópicas em sua bacia. Portanto, ações para atividades mais sustentáveis devem ser estudadas e implantadas na área analisada, respeitando as áreas de preservação permanente; tratamento de efluentes, tanto doméstico quanto industrial; sistemas agrícolas e de pastagens corretamente manejadas.

As análises dos macroinvertebrados bentônicos indicaram que os cursos d'água em questão não favorecem a permanência da biota aquática, podendo este ser um indicador de deterioração da qualidade da água, o que dificulta a estabilidade dos ecossistemas aquáticos.

BIBLIOGRAFIA

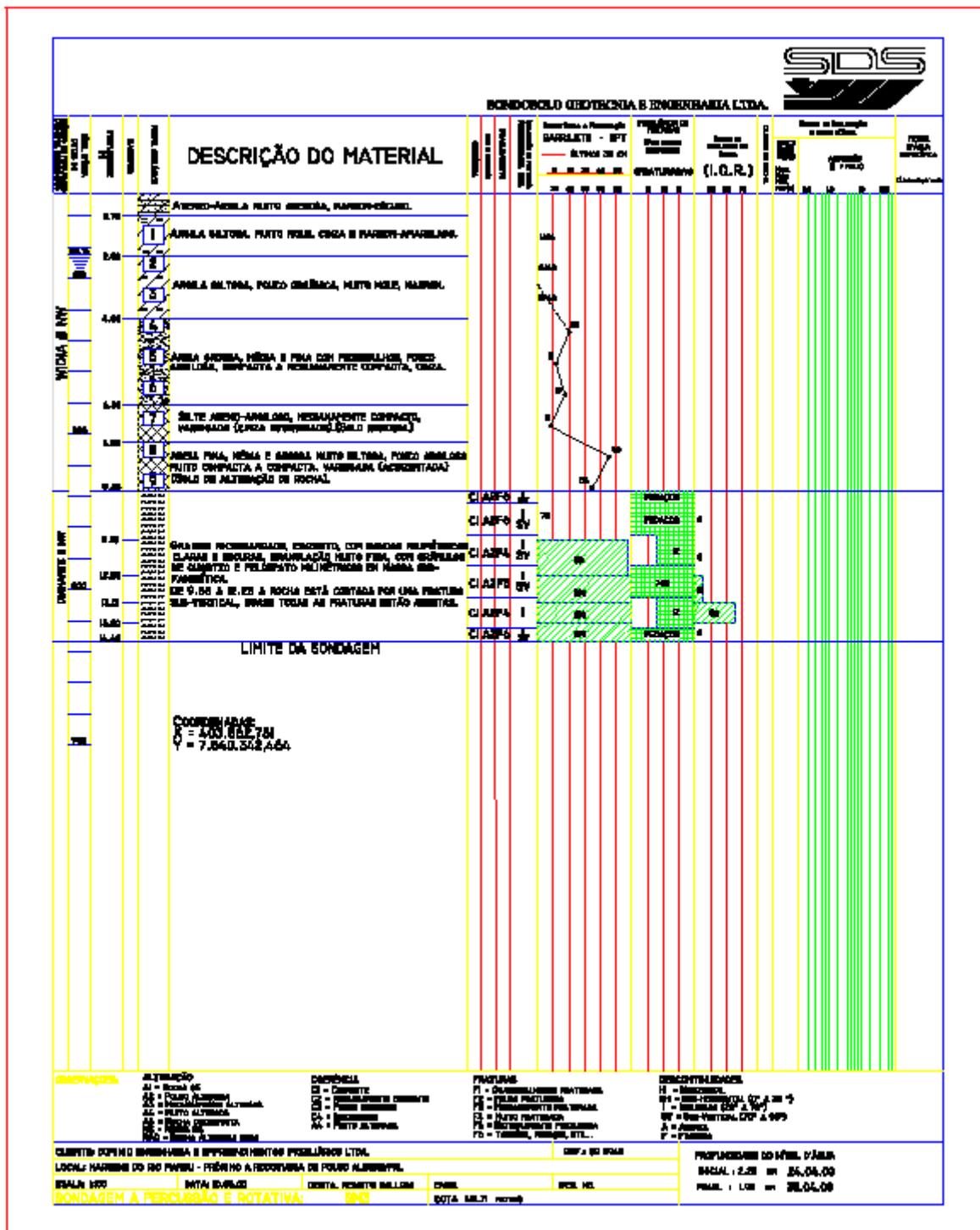
- AB'SABER, A.N. *Províncias geológicas e domínios morfoclimáticos no Brasil*. São Paulo: IGEOG/USP. 26p. (Geomorfologia, 20). 1965.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. *Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water*. 21 ed. Washington: 2005.
- APOSTILA SPRING Básico. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/manuais.html>>. Acesso em 10 fev. 2010.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR-6459: Determinação do Limite de Liquidez de Solos, 1984.
- _____. NBR 9898: Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. São Paulo, 1987.
- _____. NBR-6502: Rochas e Solos: Terminologias, 1995.
- _____. NBR-6508: Determinação da Massa Específica de Grãos de Solos, 1984.
- _____. NBR-7180: Determinação do Limite de Plasticidade de Solos, 1988.
- _____. NBR-7181: Análise Granulométrica de Solos, 1984.
- _____. NBR 9897: Planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. São Paulo, 1987.
- ASSOCIAÇÃO COMÉRCIO E INDÚSTRIA DE POUSO ALEGRE. Disponível em: <http://www.acipa.com.br/>. Acesso em 5 out. 2009.
- BARBOSA, A.A.; MATOS, A. J. S. Software para cálculo de curva-chave de canais naturais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AMBIENTAL, 3, 2004. *Anais...* Brasília: Universidade Católica de Brasília, Companhia Energética de Brasília, SEBRAE e CAESB, 2004.
- BARBOSA, A.A.; PIOLTINE, A. Caracterização do Coeficiente de Manning para a Bacia do Alto Sapucaí. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AMBIENTAL, 3, 2004. *Anais...* Brasília: Universidade Católica de Brasília, Companhia Energética de Brasília, SEBRAE e CAESB, 2004.
- BONACELLA, P.H. *A poluição das águas*. São Paulo: Moderna. 245p. 1991.
- BRASIL. CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Resolução nº 357, de 17 mar. 2005.
- BRIDGMAN, S.A.; ROBERTSON, R.M.P.; SYED, Q.; SPEED, N.; ANDREWS, N. Outbreak of cryptosporidiosis associated with a disinfected groundwater supply. *Epidemiol infect.*, v.115. 1995.
- CHOW, V. T. MAIDMENT, D. R.; MAYS, L. W. *Applied Hydrology*. Singapore: McGraw-Hill, 1988.
- CHOW, V. T. *Open-Channel Hydraulics*. New York: McGraw-Hill, 1959.
- CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente (2005). Resolução nº 357, de 17 mar. 2005. Ministério do Meio Ambiente, 23p.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE MUNICÍPIOS. Município de Pouso Alegre, 2006. Disponível em: <<http://www.cnm.org.br/>>. Acesso em 5 out. 2009.
- CPFL ENERGIA. Orientação Técnica: Ocupação de Faixa de Linha de Transmissão, 2007. Disponível em: <http://www.cpfl.com.br/>. Acesso em 01 dez. 2009.

- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. *Manual de Métodos e Análise de Solos*, 2ª ed., Rio de Janeiro: CNPS, 1997.
- _____. *Manual de métodos de análise de solo*. Rio de Janeiro, 1979. 212p.
- _____. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.
- ESTEVES, F.A. *Fundamentos de limnologia*. Interciência. 2ª Edição, Rio de Janeiro, 1998. 602p.
- FEAM (Fundação Estadual do Meio Ambiente), IGAM (Instituto Mineiro de Gestão das Águas). Programa para o cálculo do índice de qualidade da água – IQA “IQACALC”. Belo Horizonte, 2000.
- FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS (CETEC), Cálculo do Índice Biological Monitoring Working Party– BMWP. 2007. Disponível em <http://www.cetec.mg.gov.br/>. Acesso em 16 out. 2009.
- GONÇALVES J H.; SAMPAIO A. R.; JESUS J. D. A.; LEÃO R. *Coordenação do GEOBANK. CPRM – Serviço Geológico do Brasil*. 2008. Disponível em <<http://geobank.sa.cprm.gov.br>>. Acesso em 01 fev. 2010.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Mapa de Unidade de Relevo do Brasil*. Escala 1:5.000.000. Diretoria de Geociências, 2006.
- _____. Mapas de Pedologia. 2001. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/>>. Acesso em 18 nov. 2009.
- INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. *Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais da Bacia do Rio Grande*. Belo Horizonte: IGAM, 2009. 196 p.
- LEITE, C.A.S. (coord.). Folha SF-23 – RIO DE JANEIRO. In: SCHÖBERHAUS, C. et al. (eds.). *Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo*, Sistema de Informações Geológicas. Programa Geologia do Brasil (CPRM, Brasília, CD-Rom). 2004
- LEPSCH, I.F.. *Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso*. 4ª aproximação. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983.
- MATOS, A. L. S. *Análise numérica da translação de ondas de cheia em canais naturais - um trecho do Rio Sapucaí/MG*. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Energia). UNIFEI, Itajubá-MG.
- MATTOS, A. M. P. *Monitoramento Hidrológico - Via Telefonia Celular - para apoio a Sistemas de Previsão de Cheias*. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Energia), UNIFEI, Itajubá-MG.
- MINAS GERAIS. Instituto de Mineiro Gestão das Águas. Monitoramento das Águas Superficiais da Bacia do Rio Grande. Relatório Anual 2007. Disponível em <<http://aguas.igam.mg.gov.br/aguas/htmls/index.htm>>. Acesso em 09 set. 2009.
- _____. Mapa de Qualidade 2008. Disponível em <<http://aguas.igam.mg.gov.br/aguas/htmls/downloads.htm>>. Acesso em 09 set. 2009.
- _____. Sistema de Cálculo da Qualidade da Água (SCQA) – Estabelecimento das Equações do Índice de Qualidade das Águas (IQ). Belo Horizonte. 2005.
- _____. Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG n.º1, de 05 mai 2008.
- PINHEIRO, V. M. *Avaliação Técnica e Histórica das Enchentes em Itajubá – MG*. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Energia), UNIFEI, Itajubá-MG.
- PORTO, R. M. *Hidráulica básica*. 2. São Carlos: EESC-USP, 2001.

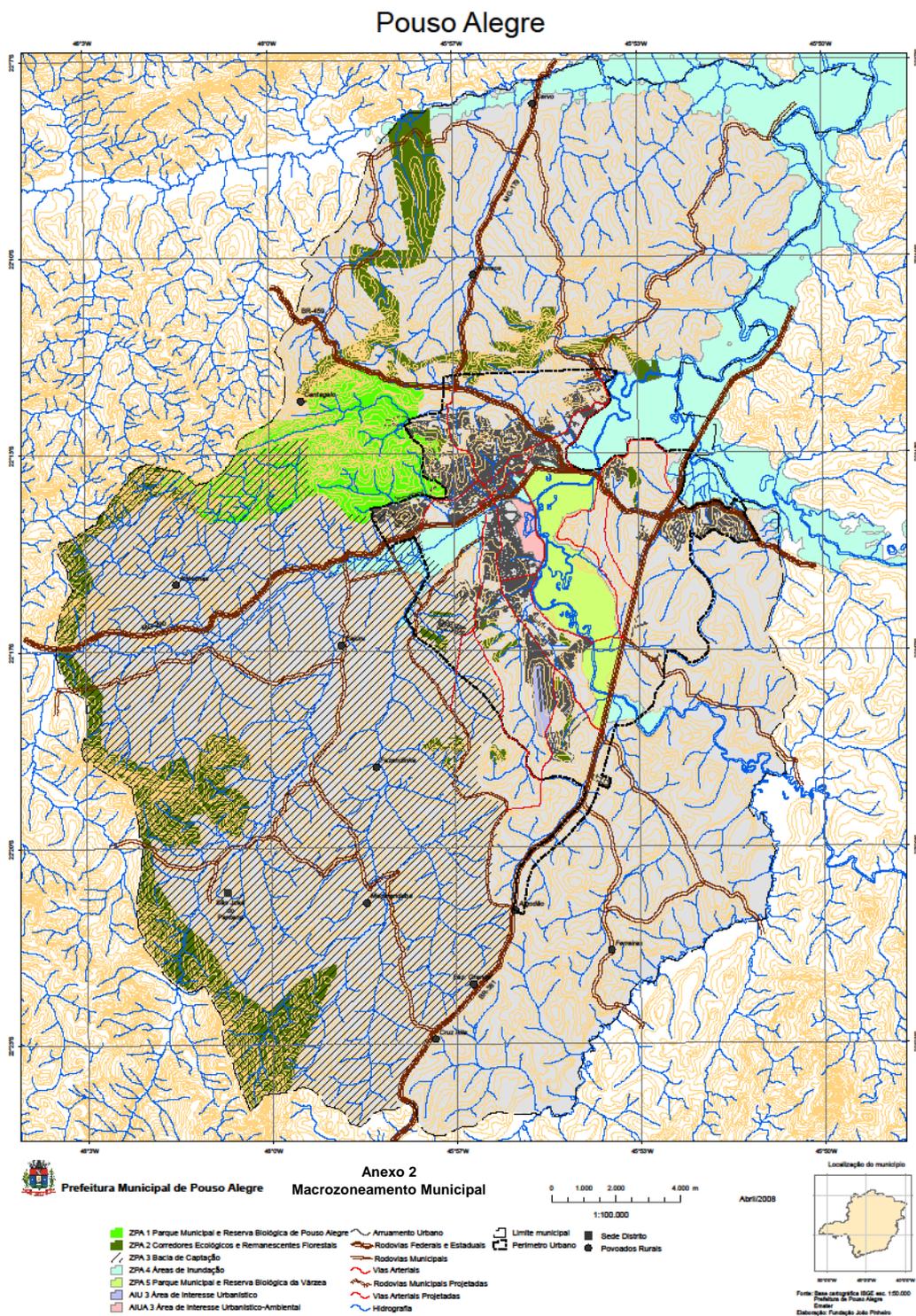
- PREFEITURA MUNICÍPIO DE POUSO ALEGRE. Lei Ordinária nº 4707, de 30 jun. 2008.
- RIGHETTO, A. M. *Hidrologia e recursos hídricos*. São Carlos: EESC/USP, 1998.
- SHANNON, C.; WEAVER, W. *The Mathematical Theory of Communication*. University of Illinois Press, Urbana. 1949.
- SILVA, A.P.M. *Elaboração de manchas de inundação para o município de Itajubá, utilizando SIG. 2006*. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Energia) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá - MG.
- SILVA, N. T. C.; *Macroinvertebrados bentônicos em áreas com diferentes graus de preservação ambiental na bacia do ribeirão Mestre d'Armas, DF. 2007*. Dissertação (Mestrado. Ecologia). Universidade de Brasília – UNB, Brasília.
- TOLEDO JR, A.P.; TALARICO, M.; CHINEZ, S.J.; AGUDO, E.G. A aplicação de modelos simplificados para a avaliação do processo da eutrofização em lagos e reservatórios tropicais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. *Anais...* Balneário Camboriú, Santa Catarina. 1983. p. 1- 34.
- TUCCI, C. E. M. (org.). *Hidrologia*. Ciência e aplicação. 2ed. Porto Alegre: ABRH, 1997.
- TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T.M. *Limnologia*. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 631p.

ANEXOS

ANEXO 1 – Sondagens na área do empreendimento realizadas em 2000.



ANEXO 2 – Macrozoneamento Municipal de Pouso Alegre.



ANEXO 3 – Boletim de Análises físicas e químicas



BOLETIM DE ANÁLISE

UNIFEI - IRN PROFESSORA ANA LÚCIA FONSECA

Monitorização

Local Início do Empreendimento
 Origem Rio Sapucaí Mirim
 Município Itajubá - MG
 Ponto 01 Rio

Data da Coleta 14/10/2009 13:30:00
 Data da Entrada 15/10/2009 10:45:00
 Data da Saída 28/10/2009
 Número da Amostra 73114
 Número da OS 5380

Limites dos parâmetros de acordo com
 DNC01/08 COPAM-CERH A.Classe II

| Parâmetro | Descrição | | Resultado | Lim. Inf. | Lim. Sup. |
|-----------|--------------------------|---------------------------|-----------|-----------|-----------|
| ENG004 | ALCALINIDADE TOTAL | mg CaCO ₃ /L = | 17,0 | | |
| ENG005 | AMÔNIA | mg/L < | 0,02 | | |
| ENG008 | CIANETO | mg/L < | 0,001 | | |
| ENG010 | COLIFORMES FECAIS | Nº COL/100mL = | 320 | | 1.000 |
| ENG011 | COLIFORMES TOTAIS | NºCOL/100mL = | 400 | | |
| ENG013 | DBO | mg/L = | 10,80 | | 5,00 |
| ENG014 | DQO | mg/L = | 30,10 | | |
| ENG016 | ESTREPTOCOCOS FECAIS | NºCOL/100mL = | 30 | | |
| ENG017 | FENÓIS | mg/L < | 0,001 | | |
| ENG021 | NITRATO | mg/L < | 0,01 | | 10,00 |
| ENG022 | NITRITO | mg/L < | 0,01 | | 1,00 |
| ENG023 | NITROGÊNIO ORGÂNICO | mg/L < | 0,001 | | |
| ENG024 | ÓLEOS E GRAXAS | mg/L | ND | | |
| ENG027 | SULFETO | mg/L < | 0,002 | | 0,002 |
| ENG033 | SÓLIDOS EM SUSPENSÃO | mg/L = | 49,0 | | 100,0 |
| ENG037 | NÍQUEL | mg/L < | 0,001 | | 0,025 |
| ENG039 | CLORETOS | mg/L = | 4,5 | | 250,0 |
| ENG042 | ALUMÍNIO | mg/L < | 0,001 | | |
| ENG043 | CHUMBO | mg/L < | 0,001 | | 0,010 |
| ENG045 | FOSFATO TOTAL | mg/L = | 0,207 | | |
| ENG047 | MANGANÊS | mg/L = | 0,10 | | 0,10 |
| ENG050 | SULFATO | mg/L < | 0,1 | | 250,0 |
| ENG051 | ZINCO | mg/L < | 0,02 | | 0,18 |
| ENG052 | CÁLCIO | mg/L = | 3,2 | | |
| ENG054 | ALCALINIDADE BICARBONATO | mg/L = | 17,0 | | |
| ENG061 | CÁDMIO | mg/L < | 0,001 | | 0,001 |
| ENG064 | COBRE | mg/L < | 0,003 | | |
| ENG065 | COR | µgPt/mL = | 1,0 | | 75,0 |
| ENG068 | CROMO TRIVALENTE | mg/L < | 0,005 | | |
| ENG069 | CROMO HEXAVALENTE | mg/L < | 0,005 | | |
| ENG072 | DUREZA CÁLCIO | mg CaCO ₃ /L = | 8,0 | | |
| ENG073 | DUREZA MAGNÉSIO | mg CaCO ₃ /L < | 0,1 | | |
| ENG076 | FERRO SOLÚVEL | mg/L = | 0,20 | | 0,30 |
| ENG079 | MAGNÉSIO | mg/L < | 0,6 | | |
| ENG095 | SÓLIDOS DISSOLVIDOS | mg/L = | 11,2 | | 500,0 |

Resp. Técnico: Ricardo Newton P. Vici
 CRQ/MG 02.403.102

Engequisa Engenharia Química Sanitária e Ambiental S/C Ltda.
 CGC 25.703.935/0001-65
 Rua Professor Carlos de Assis, 199 - Vila Recreio -
 Betim - MG - CEP 32.650-670

Beatriz Lopes do Carmo
 RT. CRBic/MG 18724/4-D

Telefone 0 XX 31 35944677
 e-mail engequisa@engequisa.com.br



BOLETIM DE ANÁLISE

| | | | | | |
|--------|----------------|------|---|-------|------|
| ENG097 | SÓLIDOS TOTAIS | mg/L | = | 60,2 | |
| ENG114 | POTÁSSIO | mg/L | = | 2,000 | |
| ENG154 | SÓDIO | mg/L | = | 5,00 | |
| ENG224 | BORO | mg/L | = | 0,06 | 0,50 |
| ENG397 | SURFACTANTES | mg/L | < | 0,02 | |

OBSERVAÇÃO:
AMOSTRAGEM EXECUTADA PELA ENGEQUISA SM.
TÉCNICO COLETOR: BRUNO.

ND = NÃO DETECTADO.

OS LIMITES PERMITIDOS IMPRESSOS NESTE BOLETIM SÃO SOMENTE ORIENTATIVOS. EXISTEM OUTRAS INFORMAÇÕES NO ART. 14 QUANTO AOS LIMITES DE DEMAIS PARÂMETROS NÃO CONSTANTES NA TABELA I E II PARA PADRÃO DE ÁGUAS QUE DEVERÃO SER CONSULTADOS NA PRÓPRIA DELIBERAÇÃO NORMATIVA CONJUNTA No.01 DO COPAM/CERH-MG DE 05 DE MAIO DE 2008 PARA O CASO ESPECÍFICO.

OS MÉTODOS DE REFERÊNCIA UTILIZADOS NAS ANÁLISES ACIMA MENCIONADAS ESTÃO DESCRITOS NO ANEXO 01.

** OS RESULTADOS EXPRESSOS NESTE BOLETIM DE ANÁLISE REFEREM-SE SOMENTE À AMOSTRA ANALISADA. **


Beatriz Lopes do Carmo
RT. CRDio/MG 16724/4-D


Resp. Técnico: Ricardo Newton P. Vieira
CRQ/MG 02.403.102



BOLETIM DE ANÁLISE

UNIFEI - IRN PROFESSORA ANA LÚCIA FONSECA

Monitorização

Local Estação de Monitoramento COPASA
 Origem Rio Sapucaí Mirim
 Município Itajubá - MG
 Ponto 02 Rio

Data da Coleta 14/10/2009 12:05:00
 Data da Entrada 15/10/2009 10:45:00
 Data da Saída 28/10/2009
 Número da Amostra 73115
 Número da OS 5380

Limites dos parâmetros de acordo com
 DNC01/08 COPAM-CERH A. Classe II

| Parâmetro | Descrição | | Resultado | Lim. Inf. | Lim. Sup. |
|-----------|--------------------------|---------------------------|-----------|-----------|-----------|
| ENG004 | ALCALINIDADE TOTAL | mg CaCO ₃ /L = | 17,0 | | |
| ENG005 | AMÔNIA | mg/L < | 0,02 | | |
| ENG008 | CIANETO | mg/L < | 0,001 | | |
| ENG010 | COLIFORMES FECAIS | Nº COL/100mL = | 60 | | 1.000 |
| ENG011 | COLIFORMES TOTAIS | NºCOL/100mL = | 100 | | |
| ENG013 | DBO | mg/L = | 14,40 | | 5,00 |
| ENG014 | DQO | mg/L = | 35,20 | | |
| ENG016 | ESTREPTOCOCOS FECAIS | NºCOL/100mL = | 40 | | |
| ENG017 | FENÓIS | mg/L < | 0,001 | | |
| ENG021 | NITRATO | mg/L = | 0,01 | | 10,00 |
| ENG022 | NITRITO | mg/L < | 0,01 | | 1,00 |
| ENG023 | NITROGÊNIO ORGÂNICO | mg/L = | 0,010 | | |
| ENG024 | ÓLEOS E GRAXAS | mg/L | ND | | |
| ENG027 | SULFETO | mg/L < | 0,002 | | 0,002 |
| ENG033 | SÓLIDOS EM SUSPENSÃO | mg/L = | 38,0 | | 100,0 |
| ENG037 | NÍQUEL | mg/L < | 0,001 | | 0,025 |
| ENG039 | CLORETOS | mg/L = | 4,5 | | 250,0 |
| ENG042 | ALUMÍNIO | mg/L < | 0,001 | | |
| ENG043 | CHUMBO | mg/L < | 0,001 | | 0,010 |
| ENG045 | FOSFATO TOTAL | mg/L = | 0,025 | | |
| ENG047 | MANGANÊS | mg/L = | 0,10 | | 0,10 |
| ENG050 | SULFATO | mg/L < | 0,1 | | 250,0 |
| ENG051 | ZINCO | mg/L < | 0,02 | | 0,18 |
| ENG052 | CÁLCIO | mg/L = | 3,2 | | |
| ENG054 | ALCALINIDADE BICARBONATO | mg/L = | 17,0 | | |
| ENG061 | CÁDMIO | mg/L < | 0,001 | | 0,001 |
| ENG064 | COBRE | mg/L < | 0,003 | | |
| ENG065 | COR | µgPt/mL = | 1,0 | | 75,0 |
| ENG068 | CROMO TRIVALENTE | mg/L < | 0,005 | | |
| ENG069 | CROMO HEXAVALENTE | mg/L < | 0,005 | | |
| ENG072 | DUREZA CÁLCIO | mg CaCO ₃ /L = | 8,0 | | |
| ENG073 | DUREZA MAGNÉSIO | mg CaCO ₃ /L < | 0,1 | | |
| ENG076 | FERRO SOLÚVEL | mg/L | | | 0,30 |
| ENG079 | MAGNÉSIO | mg/L < | 0,01 | | |
| ENG095 | SÓLIDOS DISSOLVIDOS | mg/L = | 11,1 | | 500,0 |

Resp. Técnico: Ricardo Newton de Almeida
 CRQ/MG 02.403.102

Engequisa Engenharia Química Sanitária e Ambiental S/C Ltda.
 CGC 25.703.935/0001-65
 Rua Professor Carlos de Assis, 199 - Vila Recreio -
 Betim - MG - CEP 32.650-670

Beatriz Lopes de Carmo
 RT. CRBio/MG 167244-D

Telefone 0 XX 31 35944677
 e-mail engequisa@engequisa.com.br



BOLETIM DE ANÁLISE

| | | | | | |
|--------|----------------|------|---|-------|------|
| ENG097 | SÓLIDOS TOTAIS | mg/L | = | 49,1 | |
| ENG114 | POTÁSSIO | mg/L | = | 1,000 | |
| ENG154 | SÓDIO | mg/L | = | 6,00 | |
| ENG224 | BORO | mg/L | = | 0,07 | 0,50 |
| ENG397 | SURFACTANTES | mg/L | < | 0,02 | |

OBSERVAÇÃO:
AMOSTRAGEM EXECUTADA PELA ENGEQUISA SM.
TÉCNICO COLETOR: BRUNO.

ND = NÃO DETECTADO.

OS LIMITES PERMITIDOS IMPRESSOS NESTE BOLETINS SÃO SOMENTE ORIENTATIVOS. EXISTEM OUTRAS INFORMAÇÕES NO ART.14 QUANTO AOS LIMITES DE DEMAIS PARÂMETROS NÃO CONSTANTES NA TABELA I E II PARA PADRÃO DE AGUAS QUE DEVERÃO SER CONSULTADOS NA PRÓPRIA DELIBERAÇÃO NORMATIVA CONJUNTA No.01 DO COPAM/CERH-MG DE 05 DE MAIO DE 2008 PARA O CASO ESPECÍFICO.

OS MÉTODOS DE REFERÊNCIA UTILIZADOS NAS ANÁLISES ACIMA MENCIONADAS ESTÃO DESCRITOS NO ANEXO 01.

** OS RESULTADOS EXPRESSOS NESTE BOLETIM DE ANÁLISE REFEREM-SE SOMENTE À AMOSTRA ANALISADA. **


Beatriz Lopes do Carmo
RT. CRBio/MG 167244-D


Resp. Técnico: Ricardo Newton P. Vieira
CRQ/MG 02.403.102



BOLETIM DE ANÁLISE

UNIFEI - IRN PROFESSORA ANA LÚCIA FONSECA

Monitorização

Local Confluência do Mandu com o Sapucaí
 Origem Rio Sapucaí Mirim
 Município Itajubá - MG
 Ponto 03 Rio

Data da Coleta 14/10/2009 10:00:00
 Data da Entrada 15/10/2009 10:45:00
 Data da Saída 28/10/2009
 Número da Amostra 73116
 Número da OS 5380

Limites dos parâmetros de acordo com
 DNC01/08 COPAM-CERH A. Classe II

| Parâmetro | Descrição | | Resultado | Lim. Inf. | Lim. Sup. |
|-----------|--------------------------|---------------------------|-----------|-----------|------------|
| ENG004 | ALCALINIDADE TOTAL | mg CaCO ₃ /L = | 18,0 | | |
| ENG005 | AMÔNIA | mg/L < | 0,02 | | |
| ENG008 | CIANETO | mg/L < | 0,001 | | |
| ENG010 | COLIFORMES FECAIS | Nº COL/100mL | TNTC | | 1.000,0000 |
| ENG011 | COLIFORMES TOTAIS | NºCOL/100mL | TNTC | | |
| ENG013 | DBO | mg/L = | 11,00 | | 5,00 |
| ENG014 | DQO | mg/L = | 31,20 | | |
| ENG016 | ESTREPTOCOCOS FECAIS | NºCOL/100mL | TNTC | | |
| ENG017 | FENÓIS | mg/L < | 0,001 | | |
| ENG021 | NITRATO | mg/L < | 0,01 | | 10,00 |
| ENG022 | NITRITO | mg/L < | 0,01 | | 1,00 |
| ENG023 | NITROGÊNIO ORGÂNICO | mg/L < | 0,001 | | |
| ENG024 | ÓLEOS E GRAXAS | mg/L | ND | | |
| ENG027 | SULFETO | mg/L < | 0,002 | | 0,002 |
| ENG033 | SÓLIDOS EM SUSPENSÃO | mg/L = | 40,0 | | 100,0 |
| ENG037 | NÍQUEL | mg/L < | 0,001 | | 0,025 |
| ENG039 | CLORETOS | mg/L = | 4,0 | | 250,0 |
| ENG042 | ALUMÍNIO | mg/L < | 0,001 | | |
| ENG043 | CHUMBO | mg/L < | 0,001 | | 0,010 |
| ENG045 | FOSFATO TOTAL | mg/L = | 0,237 | | |
| ENG047 | MANGANÉS | mg/L = | 0,10 | | 0,10 |
| ENG050 | SULFATO | mg/L < | 0,1 | | 250,0 |
| ENG051 | ZINCO | mg/L < | 0,02 | | 0,18 |
| ENG052 | CÁLCIO | mg/L = | 3,2 | | |
| ENG054 | ALCALINIDADE BICARBONATO | mg/L = | 18,0 | | |
| ENG061 | CÁDMIO | mg/L < | 0,001 | | 0,001 |
| ENG064 | COBRE | mg/L < | 0,003 | | |
| ENG065 | COR | µgPt/mL = | 1,0 | | 75,0 |
| ENG068 | CROMO TRIVALENTE | mg/L < | 0,005 | | |
| ENG069 | CROMO HEXAVALENTE | mg/L < | 0,005 | | |
| ENG072 | DUREZA CÁLCIO | mg CaCO ₃ /L = | 8,0 | | |
| ENG073 | DUREZA MAGNÉSIO | mg CaCO ₃ /L < | 0,1 | | |
| ENG076 | FERRO SOLÚVEL | mg/L = | 0,30 | | 0,30 |
| ENG079 | MAGNÉSIO | mg/L < | 0,01 | | |
| ENG095 | SÓLIDOS DISSOLVIDOS | mg/L = | 12,0 | | 500,0 |

Engequisa Engenharia Química Sanitária e Ambiental S/C Ltda.
 CGC 25.703.935/0001-65
 Rua Professor Carlos de Assis, 199 - Vila Recreio -
 Betim - MG - CEP 32.650-670

Telefone 0 XX 31 35944677
 e-mail engequisa@engequisa.com.br

Beatriz Lopes do Carmo
 RT. CRB/MG 16724/4-D

Resp. Técnico: Ricardo Newton P. Vieira
 CRQ/MG 03.403.102



BOLETIM DE ANÁLISE

| | | | | | |
|--------|----------------|------|---|-------|------|
| ENG097 | SÓLIDOS TOTAIS | mg/L | = | 52,0 | |
| ENG114 | POTÁSSIO | mg/L | = | 1,000 | |
| ENG154 | SÓDIO | mg/L | = | 6,00 | |
| ENG224 | BORO | mg/L | = | 0,64 | 0,50 |
| ENG397 | SURFACTANTES | mg/L | < | 0,02 | |

OBSERVAÇÃO:
AMOSTRAGEM EXECUTADA PELA ENGEQUISA SM.
TÉCNICO COLETOR: BRUNO.

ND = NÃO DETECTADO.

TNTC " TOO NUMEROUS TO COUNT" = No. DE COLÔNIAS >2000/mL.

OS LIMITES PERMITIDOS IMPRESSOS NESTE BOLETIM SÃO SOMENTE ORIENTATIVOS. EXISTEM OUTRAS INFORMAÇÕES NO ART.14 QUANTO AOS LIMITES DE DEMAIS PARÂMETROS NÃO CONSTANTES NA TABELA I E II PARA PADRÃO DE AGUAS QUE DEVERÃO SER CONSULTADOS NA PRÓPRIA DELIBERAÇÃO NORMATIVA CONJUNTA No.01 DO COPAM/CERH-MG DE 05 DE MAIO DE 2008 PARA O CASO ESPECÍFICO.

OS MÉTODOS DE REFERÊNCIA UTILIZADOS NAS ANÁLISES ACIMA MENCIONADAS ESTÃO DESCRITOS NO ANEXO 01.

** OS RESULTADOS EXPRESSOS NESTE BOLETIM DE ANÁLISE REFEREM-SE SOMENTE À AMOSTRA ANALISADA. **


Beatriz Lopes do Carmo
R/CRO/MG 16724/4-D


Resp. Técnico: Ricardo Newton P. Vieira
CRO/MG 02.403.102



BOLETIM DE ANÁLISE

UNIFEI - IRN PROFESSORA ANA LÚCIA FONSECA

Monitorização

Local Fim do Empreendimento
 Origem Rio Sapucaí Mirim
 Município Itajubá - MG
 Ponto 04 Rio

Data da Coleta 14/10/2009 15:40:00
 Data da Entrada 15/10/2009 10:45:00
 Data da Saída 28/10/2009
 Número da Amostra 73117
 Número da OS 5380

Limites dos parâmetros de acordo com
 DNC01/08 COPAM-CERH A. Classe II

| Parâmetro | Descrição | | Resultado | Lim. Inf. | Lim. Sup. |
|-----------|--------------------------|---------------------------|-----------|-----------|------------|
| ENG004 | ALCALINIDADE TOTAL | mg CaCO ₃ /L = | 18,0 | | |
| ENG005 | AMÔNIA | mg/L < | 0,02 | | |
| ENG008 | CIANETO | mg/L < | 0,001 | | |
| ENG010 | COLIFORMES FECAIS | Nº COL/100mL | TNTC | | 1.000,0000 |
| ENG011 | COLIFORMES TOTAIS | NºCOL/100mL | TNTC | | |
| ENG013 | DBO | mg/L = | 9,90 | | 5,00 |
| ENG014 | DQO | mg/L = | 34,20 | | |
| ENG016 | ESTREPTOCOCOS FECAIS | NºCOL/100mL | TNTC | | |
| ENG017 | FENÓIS | mg/L < | 0,001 | | |
| ENG021 | NITRATO | mg/L = | 0,01 | | 10,00 |
| ENG022 | NITRITO | mg/L < | 0,01 | | 1,00 |
| ENG023 | NITROGÊNIO ORGÂNICO | mg/L = | 0,011 | | |
| ENG024 | ÓLEOS E GRAXAS | mg/L | ND | | |
| ENG027 | SULFETO | mg/L < | 0,002 | | 0,002 |
| ENG033 | SÓLIDOS EM SUSPENSÃO | mg/L = | 41,0 | | 100,0 |
| ENG037 | NÍQUEL | mg/L < | 0,001 | | 0,025 |
| ENG039 | CLORETOS | mg/L = | 4,5 | | 250,0 |
| ENG042 | ALUMÍNIO | mg/L < | 0,001 | | |
| ENG043 | CHUMBO | mg/L < | 0,001 | | 0,010 |
| ENG045 | FOSFATO TOTAL | mg/L = | 0,106 | | |
| ENG047 | MANGANÉS | mg/L < | 0,04 | | 0,10 |
| ENG050 | SULFATO | mg/L < | 0,1 | | 250,0 |
| ENG051 | ZINCO | mg/L < | 0,02 | | 0,18 |
| ENG052 | CÁLCIO | mg/L = | 3,2 | | |
| ENG054 | ALCALINIDADE BICARBONATO | mg/L = | 18,0 | | |
| ENG061 | CÁDMIO | mg/L < | 0,001 | | 0,001 |
| ENG064 | COBRE | mg/L < | 0,003 | | |
| ENG065 | COR | µgPt/mL = | 1,0 | | 75,0 |
| ENG068 | CROMO TRIVALENTE | mg/L < | 0,005 | | |
| ENG069 | CROMO HEXAVALENTE | mg/L < | 0,005 | | |
| ENG072 | DUREZA CÁLCIO | mg CaCO ₃ /L = | 8,0 | | |
| ENG073 | DUREZA MAGNÉSIO | mg CaCO ₃ /L < | 0,1 | | |
| ENG076 | FERRO SOLÚVEL | mg/L = | 0,20 | | 0,30 |
| ENG079 | MAGNÉSIO | mg/L < | 0,01 | | |
| ENG095 | SÓLIDOS DISSOLVIDOS | mg/L = | 12,0 | | 500,0 |

Engequisa Engenharia Química Sanitária e Ambiental S/C Ltda.
 CGC 25.703.935/0001-65
 Rua Professor Carlos de Assis, 199 - Vila Recreio -
 Betim - MG - CEP 32.650-670

Beatriz Lopes do Carmo
 RT. CRB1006 197244-D

Telefone 0 XX 31 35944677
 e-mail engequisa@engequisa.com.br



BOLETIM DE ANÁLISE

| | | | | | |
|--------|----------------|------|---|-------|------|
| ENG097 | SÓLIDOS TOTAIS | mg/L | = | 53,0 | |
| ENG114 | POTÁSSIO | mg/L | = | 1,000 | |
| ENG154 | SÓDIO | mg/L | = | 7,00 | |
| ENG224 | BORO | mg/L | = | 0,05 | 0,50 |
| ENG397 | SURFACTANTES | mg/L | < | 0,02 | |

OBSERVAÇÃO:
AMOSTRAGEM EXECUTADA PELA ENGEQUISA SM.
TÉCNICO COLETOR: BRUNO.

ND = NÃO DETECTADO.

TNTC " TOO NUMEROUS TO COUNT" = No. DE COLÔNIAS >2000/mL.

OS LIMITES PERMITIDOS IMPRESSOS NESTE BOLETIM SÃO SOMENTE ORIENTATIVOS. EXISTEM OUTRAS INFORMAÇÕES NO ART.14 QUANTO AOS LIMITES DE DEMAIS PARÂMETROS NÃO CONSTANTES NA TABELA I E II PARA PADRÃO DE AGUAS QUE DEVERÃO SER CONSULTADOS NA PRÓPRIA DELIBERAÇÃO NORMATIVA CONJUNTA No.01 DO COPAM/CERH-MG DE 05 DE MAIO DE 2008 PARA O CASO ESPECÍFICO.

OS MÉTODOS DE REFERÊNCIA UTILIZADOS NAS ANÁLISES ACIMA MENCIONADAS ESTÃO DESCRITOS NO ANEXO 01.

** OS RESULTADOS EXPRESSOS NESTE BOLETIM DE ANÁLISE REFEREM-SE SOMENTE À AMOSTRA ANALISADA. **


Beatriz Lopes do Carmo
RT. CRBio/MG 16724/4-D


Resp. Técnico Ricardo Newton
CRQ/MG 01 16724/4-D



BOLETIM DE ANÁLISE

UNIFEI - IRN PROFESSORA ANA LÚCIA FONSECA

Monitorização

Local Estação de Monitoramento COPASA
 Origem Rio Mandú
 Município Itajubá - MG
 Ponto 05 Rio

Data da Coleta 14/10/2009 14:30:00
 Data da Entrada 15/10/2009 10:45:00
 Data da Saída 28/10/2009
 Número da Amostra 73118
 Número da OS 5380

Limites dos parâmetros de acordo com
 DNC01/08 COPAM-CERH A. Classe II

| Parâmetro | Descrição | | Resultado | Lim. Inf. | Lim. Sup. |
|-----------|--------------------------|---------------------------|-----------|-----------|-----------|
| ENG004 | ALCALINIDADE TOTAL | mg CaCO ₃ /L = | 17,0 | | |
| ENG005 | AMÔNIA | mg/L < | 0,02 | | |
| ENG008 | CIANETO | mg/L < | 0,001 | | |
| ENG010 | COLIFORMES FECAIS | Nº COL/100mL = | 240 | | 1.000 |
| ENG011 | COLIFORMES TOTAIS | NºCOL/100mL | TNTC | | |
| ENG013 | DBO | mg/L = | 10,20 | | 5,00 |
| ENG014 | DQO | mg/L = | 31,70 | | |
| ENG016 | ESTREPTOCOCOS FECAIS | NºCOL/100mL = | 360 | | |
| ENG017 | FENÓIS | mg/L < | 0,001 | | |
| ENG021 | NITRATO | mg/L = | 0,01 | | 10,00 |
| ENG022 | NITRITO | mg/L < | 0,01 | | 1,00 |
| ENG023 | NITROGÊNIO ORGÂNICO | mg/L = | 0,013 | | |
| ENG024 | ÓLEOS E GRAXAS | mg/L | ND | | |
| ENG027 | SULFETO | mg/L < | 0,002 | | 0,002 |
| ENG033 | SÓLIDOS EM SUSPENSÃO | mg/L = | 54,0 | | 100,0 |
| ENG037 | NÍQUEL | mg/L < | 0,001 | | 0,025 |
| ENG039 | CLORETOS | mg/L = | 4,0 | | 250,0 |
| ENG042 | ALUMÍNIO | mg/L < | 0,001 | | |
| ENG043 | CHUMBO | mg/L < | 0,001 | | 0,010 |
| ENG045 | FOSFATO TOTAL | mg/L = | 0,035 | | |
| ENG047 | MANGANÊS | mg/L < | 0,04 | | 0,10 |
| ENG050 | SULFATO | mg/L < | 0,1 | | 250,0 |
| ENG051 | ZINCO | mg/L < | 0,02 | | 0,18 |
| ENG052 | CÁLCIO | mg/L = | 3,2 | | |
| ENG054 | ALCALINIDADE BICARBONATO | mg/L = | 17,0 | | |
| ENG061 | CÁDMIO | mg/L < | 0,001 | | 0,001 |
| ENG064 | COBRE | mg/L < | 0,003 | | |
| ENG065 | COR | µgPt/mL = | 1,0 | | 75,0 |
| ENG068 | CROMO TRIVALENTE | mg/L < | 0,005 | | |
| ENG069 | CROMO HEXAVALENTE | mg/L < | 0,005 | | |
| ENG072 | DUREZA CÁLCIO | mg CaCO ₃ /L = | 8,0 | | |
| ENG073 | DUREZA MAGNÉSIO | mg CaCO ₃ /L < | 0,1 | | |
| ENG076 | FERRO SOLÚVEL | mg/L = | 0,30 | | 0,30 |
| ENG079 | MAGNÉSIO | mg/L | 0,01 | | |
| ENG095 | SÓLIDOS DISSOLVIDOS | mg/L | 500,0 | | 500,0 |

Resp. Técnico: Ricardo Newton P. Vieira
 CRQ/MG 02.403.197

Engequisa Engenharia Química Sanitária e Ambiental S/C Ltda.
 CGC 25.703.935/0001-65
 Rua Professor Carlos de Assis, 199 - Vila Recreio
 Betim - MG - CEP 32.650-670

Beatriz Inês do Carmo

Telefone 0 XX 31 35944677
 e-mail engequisa@engequisa.com.br



BOLETIM DE ANÁLISE

| | | | | | |
|--------|----------------|------|---|-------|------|
| ENG097 | SÓLIDOS TOTAIS | mg/L | = | 63,7 | |
| ENG114 | POTÁSSIO | mg/L | = | 1,000 | |
| ENG154 | SÓDIO | mg/L | = | 5,00 | |
| ENG224 | BORO | mg/L | = | 0,10 | 0,50 |
| ENG397 | SURFACTANTES | mg/L | < | 0,02 | |

OBSERVAÇÃO:
AMOSTRAGEM EXECUTADA PELA ENGEQUISA SM.
TÉCNICO COLETOR: BRUNO.

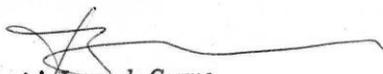
ND = NÃO DETECTADO.

TNTC " TOO NUMEROUS TO COUNT" = No. DE COLÔNIAS >2000/mL.

OS LIMITES PERMITIDOS IMPRESSOS NESTE BOLETINS SÃO SOMENTE ORIENTATIVOS. EXISTEM OUTRAS INFORMAÇÕES NO ART.14 QUANTO AOS LIMITES DE DEMAIS PARÂMETROS NÃO CONSTANTES NA TABELA I E II PARA PADRÃO DE AGUAS QUE DEVERÃO SER CONSULTADOS NA PRÓPRIA DELIBERAÇÃO NORMATIVA CONJUNTA No.01 DO COPAM/CERH-MG DE 05 DE MAIO DE 2008 PARA O CASO ESPECÍFICO.

OS MÉTODOS DE REFERÊNCIA UTILIZADOS NAS ANÁLISES ACIMA MENCIONADAS ESTÃO DESCRITOS NO ANEXO 01.

** OS RESULTADOS EXPRESSOS NESTE BOLETIM DE ANÁLISE REFEREM-SE SOMENTE À AMOSTRA ANALISADA. **


Beatriz Lopes do Carmo
RT. CRBio/MG 16724/4-D


Resp. Técnico: Ricardo Newton P. Vieira
- CRQ/MG 02.403.102 -

| Métodos utilizados em Análise | | | | |
|--|------|--------------------------|--------------------------------------|---|
| Dados Gerais | | | | |
| Cliente: UNIFEI - IRN PROFESSORA ANA LÚCIA FONSECA | | | | |
| Endereço: Av. BPS, 1303 - Pinheirinho | | | | |
| Cidade: Itajubá | | UF: MG | Cep: 37.500-903 | |
| Ordem de Serviço do Cliente: 5380 | | | | |
| Boletim de Análise vinculado: 73114 a 73118 | | | | |
| Método* | Rev. | Parâmetros | Nº | Norma Referência** |
| ME028 | 05 | Agentes Tensoativos | 5540 C | Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater - 21ª ed. 2005 |
| ME109 | 01 | Alcalinidade Bicarbonato | 2320 B | Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater - 21ª ed. 2005 |
| ME015 | 03 | Alcalinidade total | 2320 B | Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater - 21ª ed. 2005 |
| ME001 | 05 | Alumínio | 3500-Al B | Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater - 21ª ed. 2005 |
| ME022 | 04 | Amônia | 4500-NH3 F | Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater - 21ª ed. 2005 |
| ME054 | 04 | Boro | 4500-B B | Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater - 21ª ed. 2005 |
| ME027 | 02 | Cádmio | 3500-Cd | Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater - 19ª ed. 1998 |
| ME049 | 03 | Cálcio | 3500-Ca B | Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater - 21ª ed. 2005 |
| ME012 | 04 | Chumbo | 3500-Pb B | Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater - 21ª ed. 2005 |
| ME039 | 03 | Cianeto | 4500-CN E | Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater - 21ª ed. 2005 |
| ME016 | 04 | Cloretos | 4500-Cl B | Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater - 21ª ed. 2005 |
| ME026 | 03 | Cobre | 3500-Cu B | Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater - 21ª ed. 2005 |
| ME046 | 04 | Coliforme Fecal | 9222 D | Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater - 21ª ed. 2005 |
| ME042 | 04 | Coliformes Totais | 9222 B | Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater - 21ª ed. 2005 |
| ME066 | 02 | Cor | 2120 C | Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater - 21ª ed. 2005 |
| ME018 | 03 | Cromo Hexavalente | 3500-Cr B | Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater - 21ª ed. 2005 |
| ME118 | 00 | Cromo trivalente | 3500-Cr B | Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater - 21ª ed. 2005 |
| ME121 | 02 | DBO | 5210 B | Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater - 21ª ed. 2005 |
| ME005 | 06 | DQO | 5220 D | Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater - 21ª ed. 2005 |
| ME048 | 01 | Dureza cálcio | 2340 B | Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater - 21ª ed. 2005 |
| ME050 | 02 | Dureza magnésio | 2340 B/C | Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater - 21ª ed. 2005 |
| ME043 | 03 | Estreptococos fecais | 9230 C | Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater - 21ª ed. 2005 |
| ME003 | 04 | Fenóis | 5530 D | Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater - 21ª ed. 2005 |
| ME098 | 00 | Ferro solúvel | 3500-Fe B | Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater - 21ª ed. 2005 |
| ME064 | 04 | Fosfato Total | 4500-P E | Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater - 21ª ed. 2005 |
| ME056 | 01 | Magnésio | 3500-Mg B | Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater - 21ª ed. 2005 |
| ME025 | 03 | Manganês | 3500-Mn B | Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater - 21ª ed. 2005 |
| ME065 | 02 | Níquel | 3500-Ni | Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater - 21ª ed. 2005 |
| ME011 | 04 | Nitrato | 4500-NO ₃ ²⁻ E | Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater - 21ª ed. 2005 |
| ME033 | 03 | Nitrito | 4500-NO ₂ ⁻ B | Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater - 21ª ed. 2005 |
| ME060 | 01 | Nitrogênio Orgânico | 4500-Norg B | Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater - 21ª ed. 2005 |
| ME023 | 05 | Óleos e graxas | 5520 B | Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater - 21ª ed. 2005 |
| ME076 | 00 | Potássio | 3500-K B | Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater - 21ª ed. 2005 |
| ME071 | 00 | Sódio | 3500-Na B | Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater - 21ª ed. 2005 |
| ME021 | 04 | Sólidos dissolvidos | 2540 C | Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater - 21ª ed. 2005 |
| ME020 | 05 | Sólidos em suspensão | 2540 D | Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater - 21ª ed. 2005 |
| ME019 | 05 | Sólidos totais | 2540 B | Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater - 21ª ed. 2005 |
| ME006 | 04 | Sulfato | 4500-SO ₄ ²⁻ E | Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater - 21ª ed. 2005 |
| ME002 | 04 | Sulfeto | 4500-S ²⁻ F | Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater - 21ª ed. 2005 |
| ME036 | 03 | Zinco | 3500-Zn B | Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater - 21ª ed. 2005 |

(*) Método utilizado como referência direta nos ensaios, adaptado e validado.

(**) Método normalizado.

Resp. Técnico: Ricardo Newton P. Vieira
CRQ/MG 02.403.102



Engenharia Química, Sanitária e Ambiental

RESULTADO DE ANÁLISE MICROBIOLÓGICA
 QUENTE, GRUPO 1

pág.02/02

| Qualidade | Valor | Significado | Cor |
|-------------------|---------|--|----------|
| Boa (I) | > 150 | Águas muito limpas | Azul |
| | 101-120 | Águas limpas, sem alteração ou contaminação evidente | |
| Aceitável (II) | 61-100 | Águas com alguns sinais de contaminação | Verde |
| Duvidosa (III) | 36-60 | Águas contaminadas | Amarelo |
| Crítica (IV) | 16-35 | Águas muito contaminadas | Laranja |
| Muito Crítica (V) | < 15 | Águas fortemente contaminadas | Vermelho |

Classes de qualidade, significado dos valores do índice BMWP e cores a utilizar nas representações cartográficas (CETEC -Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais-, 2007. Padronização e Consolidação Metodológica de um Índice Biótico de Qualidade de Água para Ambientes Lóticos: bacia do rio Paraíba do Sul; Relatório técnico final. FAPEMIG, Belo Horizonte, 106 pp.). Entre parênteses observa-se a classe a que pertence a água.

| Identificação dos pontos: | Data/Hora | Temp. amostra | Temp. ambien. |
|--|--------------------|---------------|---------------|
| SP01: rio Sapucaí Mirim - Início do empreendimento. | 14/10/09 às 13:30h | 21,6°C | 26°C |
| SP02: rio Sapucaí Mirim - Estação de monitoramento COPASA. | 14/10/09 às 12:05h | 21,6°C | 31,8°C |
| SP03: rio Sapucaí Mirim - Confluência do Mandu com o Sapucaí | 14/10/09 às 10:00h | 21,5°C | 26,8°C |
| SP04: rio Sapucaí Mirim - Fim do empreendimento | 14/10/09 às 15:40h | 21,5°C | 27,2°C |
| MD01: rio Mandu - Estação de monitoramento COPASA. | 14/10/09 às 12:05h | 21,3°C | 32,2°C |

20/10/2009

ANEXO 4 – Resultado de análise hidrobiológica (zoobenton)



RESULTADO DE ANÁLISE HIDROBIOLÓGICA: ZOOBENTON
 CLIENTE: UNIFEI - IRN

pág.01/02

Riqueza e Diversidade

| Sítio de amostragem | Riqueza (ind/amostra) | | | | |
|---|-----------------------|------------|-------------|-------------|------------|
| | 59- SP01 | 60 - SP02 | 61 - SP 03 | 62 - SP 04 | 63 - MD 01 |
| Taxon | | | | | |
| FILO ARTHROPODA | | | | | |
| CLASSE INSECTA | | | | | |
| Ordem Diptera | | | | | |
| Chironomidae | 2,0 | | 2,0 | | |
| Ordem Coleoptera | | | | | |
| Elmidae | | | | 2,0 | |
| FILO ANNELIDA | | | | | |
| CLASSE OLIGOCHAETA | 1,0 | 3,0 | 1,0 | 2,0 | |
| FILO MOLLUSCA | | | | | |
| CLASSE BIVALVIA | | | | | |
| Ordem Unionoidea | | | | | |
| Hyriidae | | | | | |
| <i>Diplodon sp</i> | 2,0 | | | | |
| RIQUEZA TOTAL DA COMUNIDADE | 3,0 | 1,0 | 2,0 | 2,0 | 0,0 |
| ÍNDICE DE DIVERSIDADE SHANNON-WIENER | 1,05 | * | 0,64 | 0,69 | * |

*Não se calculou o índice nos pontos devido a ausência ou presença de um único taxa na amostra

Índice BMWP

| Sítio de amostragem | Riqueza (ind/amostra) | | | | |
|---------------------------|-----------------------|-----------|------------|------------|------------|
| | 59- SP01 | 60 - SP02 | 61 - SP 03 | 62 - SP 04 | 63 - MD 01 |
| Taxon | | | | | |
| FILO ARTHROPODA | | | | | |
| CLASSE INSECTA | | | | | |
| Ordem Diptera | | | | | |
| Chironomidae | 2,0 | | 2,0 | | |
| Ordem Coleoptera | | | | | |
| Elmidae | | | | 5,0 | |
| FILO ANNELIDA | | | | | |
| CLASSE OLIGOCHAETA | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | |
| FILO MOLLUSCA | | | | | |
| CLASSE BIVALVIA | | | | | |
| Ordem Unionoidea | | | | | |
| Hyriidae | | | | | |
| <i>Diplodon sp</i> | 6,0 | | | | |
| | 9 | 1 | 3 | 6 | 0 |