

Universidade Federal de Juiz de Fora  
Programa de Pós - Graduação em Ecologia

Maria Magaly Heidenreich Silva Bucci

CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA NA REPRESA DR.  
JOÃO PENIDO (JUIZ DE FORA, MG)

Juiz de Fora

2011

Maria Magaly Heidenreich Silva Bucci

CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA NA REPRESA DR. JOÃO PENIDO  
(JUIZ DE FORA, MG)

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Juiz de Fora, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre do Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada ao Manejo e Conservação de Recursos Naturais.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Fernando Cappa de Oliveira

Juiz de Fora  
2011

Bucci, Maria Magaly Heidenreich Silva.

Caracterização da qualidade da água na represa Dr. João Penido  
(Juiz de Fora, MG) / Maria Magaly Heidenreich Silva Bucci. – 2011.  
161 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Ecologia)–Universidade Federal de Juiz de  
Fora, Juiz de Fora, 2011.

1. Ecologia. 2. Análise da água – Juiz de Fora (MG). I. Título.

CDU 574

MARIA MAGALY HEIDENREICH SILVA BUCCI

CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA NA REPRESA DR. JOÃO PENIDO  
(JUIZ DE FORA, MG)

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Juiz de Fora, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre do Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada ao Manejo e Conservação de Recursos Naturais.

Aprovada: 27 de janeiro de 2011.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup> Maria Carolina Silva Soares  
Universidade Federal de Juiz de Fora

---

Prof. Dr. Antonio Teixeira de Matos  
Universidade Federal de Viçosa

---

Prof. Dr. Luiz Fernando Cappa de Oliveira  
(Orientador – Universidade Federal de Juiz de Fora)

“A água constitui o fundo do universo. É a substância de que tudo se deriva, a origem e matriz de todas as coisas.”

(Tales de Mileto)

“Nunca perca a fé na humanidade, pois ela é como um oceano. Só porque existem algumas gotas de água suja, não quer dizer que ele esteja poluído por completo.”

(Mahatma Gandhi)

Dedico este trabalho ao único que é digno de  
toda honra e toda glória, meu grande e  
poderoso **DEUS!**

Dedico também ao meu esposo e  
companheiro, Ronaldo

Às minhas queridas filhas Thaís e Rafaela

À minha mãe, Marina.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço em primeiro lugar a **DEUS**, que me sustentou em todas as dificuldades, abrindo portas, derramando bênçãos sem medidas em minha vida e colocando pessoas maravilhosas em meu caminho, que me ajudaram e contribuíram muito para que este trabalho fosse realizado. Agradeço em especial e com muito carinho:

Ao meu orientador Luiz Fernando que esteve ao meu lado todo o tempo e acreditou no meu trabalho.

Aos meus grandes amigos da Polícia Ambiental, Sargento Gilson, Sargento Prudente, Cabo Gerson e Cabo Neilton, que me acompanharam de barco em todas as campanhas com zelo e dedicação. Concederam apoio incondicional e imprescindível, através do qual esse trabalho de pesquisa pode ser realizado.

À Claudinha do Laboratório Acqualab Monitoramento Ambiental, que também me acompanhou em todas as campanhas, ajudando nas coletas, análises e medições em campo.

Aos colegas do PGECOL, em especial, ao Nathan, que com sua boa vontade e disponibilidade contribuiu com seus conhecimentos, me ajudando a finalizar os resultados. Ao Gladson, que cuidou das minhas amostras e realizou as análises com cuidado e responsabilidade. Ao Rafael, que me ajudou com as planilhas de cálculo do IET. À Virgínia, que foi tão gentil em contribuir para que os gráficos Box-plot ficassem com a melhor apresentação possível.

À Professora Dr<sup>a</sup> Fátima Salimena, por todos os emails respondidos e por ter me ajudado a escrever os nomes científicos corretos das plantas aquáticas.

Ao doutorando Marcos Vinícius da UFMG, que contribuiu e teve muita atenção, identificando as espécies de macrófitas existentes na represa.

À Professora Dr<sup>a</sup> Míriam Aparecida de Oliveira Pinto do Laboratório de Análise de Águas e Alimentos da Faculdade de Farmácia e Bioquímica, que cuidou das análises de coliformes com zelo e dedicação, me ajudando a compreender os resultados obtidos.

À Martha Eunice de Bessa do Laboratório de Análise de Águas e Alimentos da Faculdade de Farmácia e Bioquímica, que realizou as análises microbiológicas com zelo e dedicação.

Ao José Carlos, por toda atenção dedicada, emails respondidos e acompanhamento das disciplinas no período do mestrado.

Aos componentes da banca Prof. Dr. Antonio Teixeira de Matos e Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Maria Carolina Silva Soares, pela honra que nos deram em aceitar o convite e pelas contribuições feitas.

Aos meus colegas de trabalho da Agenda JF, em especial à grande amiga e companheira Ederwanda, por ter contribuído para que os mapas ficassem com a melhor apresentação possível. À Vania, pelo companherismo e força nos momentos difíceis. Ao meu amigo, Venâncio, pelas horas concedidas para que eu pudesse assistir às aulas e realizar os trabalhos de campo.

Ao meu amigo Paulo Valverde, presidente do Comitê da Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros dos Rios Preto e Paraibuna, que acompanhou o início deste trabalho e sempre me atendeu quando precisei, além de ter me apresentado importantes contatos no IGAM.

À Zenilde do IGAM, que gentilmente cedeu material teórico sobre o IQA e a planilha de cálculo utilizada no projeto “Águas de Minas”.

Aos colegas Fabrício e Carol da Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Econômico (SPDE/PJF), pela atenção e cuidados dedicados ao local os pontos na ortofoto da represa.

À minha família maravilhosa, que partilhou comigo as minhas lutas, dificuldades, alegrias e tristezas, em especial:

Ao meu esposo, Ronaldo e minhas filhas, Thaís e Rafaela, que são meus grandes tesouros e iluminam a minha vida.

À minha mãe, Marina, pelo exemplo de força e coragem e por estar presente em todos os momentos de minha vida. E também por não ter deixado que eu desistisse de meus sonhos.

À minha irmã, Ana Paula, meus sobrinhos, Juninho e Ana Luíza e meu cunhado, Gustavo, pessoas que eu amo e fazem parte de minha vida.

E, por fim, À Jully, minha cachorrinha tão querida, que sempre me alegra nos momentos difíceis, permanecendo fiel e sempre ao meu lado enquanto eu escrevia esta dissertação.



## RESUMO

A represa Dr. João Penido é o principal manancial de abastecimento de água de Juiz de Fora (MG). Apesar da importância, não há estudos sobre a qualidade de suas águas, sendo desconhecida para a comunidade científica. As formas de uso e ocupação do solo têm produzido impactos negativos no ecossistema aquático. As margens da represa apresentam-se degradadas, e não há mata ciliar. Existe abundância de macrófitas em vários pontos do espelho d'água e nas regiões dos tributários, indicando processos de eutrofização. Nesta dissertação, foi realizado o monitoramento da qualidade das águas superficiais do reservatório e de dois principais tributários: ribeirão dos Burros e córrego da Grama. As campanhas foram realizadas mensalmente, durante um ano. Foram monitorados dezesseis parâmetros em cinco pontos amostrais: três na represa e um em cada tributário. O objetivo principal foi caracterizar a qualidade da água do manancial. Os parâmetros analisados foram comparados com a Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005), referentes a águas doces, classe 1. Verificou-se que o oxigênio dissolvido, pH, turbidez, DBO e fósforo total apresentaram-se em desconformidade com a citada norma. Foi calculado o Índice de Qualidade da Água (IQA) para os pontos amostrais, com a utilização de nove parâmetros. Constatou-se que na represa, houve predomínio do nível “médio” nas zonas fluvial e lacustre. A zona intermediária apresentou nível “bom” em todas as amostras analisadas. Os tributários apresentaram resultados que variaram de “ruim” a “bom”, com predomínio do nível “médio”. Foi calculado também o Índice de Estado Trófico (IET) para os pontos amostrais, com a utilização dos parâmetros fósforo total e clorofila *a*. Verificou-se o predomínio do estado “mesotrófico” para todos os pontos, havendo um registro de “supereutrófico” para tributário e “eutrófico” para a represa, no mês de julho de 2009 (estiagem). Espera-se que os estudos aqui apresentados possam contribuir para a gestão integrada da represa Dr. João Penido, de forma a garantir água de boa qualidade para os atuais e futuros usuários. O monitoramento da qualidade da água demonstrou ser ferramenta fundamental, auxiliando na tomada de decisões que envolvem a preservação do manancial.

Palavras chave: Monitoramento. Índice de Estado Trófico. Índice de Qualidade da Água.

## ABSTRACT

"Dr. João Penido" dam is the main drinking water supply in Juiz de Fora (MG). Despite its importance, no studies have been reported on its water quality, being unknown data for the scientific community. The use and occupation of the land have caused negative impact on the aquatic ecosystems. The sides of the dam are damaged and without riparian forests. There is abundance of macrophytes in various sites of the water mirror and in the regions of the tributaries, indicating that there are processes of eutrophication. In this dissertation, it was carried out the water quality monitoring of the surface of the reservoir and of two main tributaries: "*ribeirão dos Burros*" and "*córrego da Grama*" (*Burros* brook and *Gramma* stream). The samplings were performed monthly, during one year. Sixteen parameters were analyzed in five sample sites: three at the dam and one in each tributary. The main objective was to characterize the water quality of the water supply. The parameters analyzed were compared with the CONAMA Resolution 357/2005 (BRAZIL, 2005), which refers to freshwater, class 1. It was observed that the dissolved oxygen, pH, turbidity, BOD and total phosphorus were in disagreement with that resolution. The Water Quality Index (WQI) was calculated for the sample sites, with the use of nine parameters. It was noticed predominance of the "medium" level in the fluvial and lacustrine zones in the dam. The intermediate zone showed "good" level in all samples analyzed. The tributaries showed results which varied from "bad" to "good", mainly with "medium" level. It was also calculated the Trophic State Index (TSI) for the sample sites, with the use of the parameters total phosphorus and chlorophyll *a*. It was noticed predominance of "mesotrophic" state for all sites, and there was a register of "supereutrophic" for tributary and "eutrophic" for the dam, in July of 2009 (dry season). Hopefully, the studies demonstrated in this work may contribute with the integrated management of Dr. João Penido dam, in order to ensure good quality water supplies for people now and for future generations. Water quality monitoring is an essential tool, which helps to make the right decisions in relation to preservation of the water supply.

Key words: Monitoring. Trophic State Index. Water Quality Index.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Mapa 1:</b> Área da Bacia Hidrográfica da Represa Dr. João Penido .....	21
<b>Fotografia 1:</b> Características de degradação na represa, em área próxima ao ribeirão dos Burros .....	24
<b>Fotografia 2:</b> Características de degradação na represa, em área próxima ao córrego Vista Alegre .....	24
<b>Mapa 2:</b> Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul .....	53
<b>Mapa 3:</b> Rede Hidrográfica da Área Urbana de Juiz de Fora .....	56
<b>Mapa 4:</b> Cobertura Vegetal do Município de Juiz de Fora .....	58
<b>Mapa 5:</b> Bairro Represa no Município de Juiz de Fora .....	59
<b>Fotografia 3:</b> Ortofoto do voo aerofotogramétrico datada de 2007, indicando os pontos de coleta .....	64
<b>Fotografia 4:</b> Margens do córrego da Grama.....	66
<b>Fotografia 5:</b> Jusante do ponto de coleta PT2.....	67
<b>Fotografia 6:</b> Ponto de coleta PT2, quase tomado pelas macrófitas .....	67
<b>Fotografia 7:</b> Ponto PR1 da represa .....	68
<b>Fotografia 8:</b> Ponto PR2 da represa .....	69
<b>Fotografia 9:</b> Ponto PR3 da represa .....	70
<b>Fotografia 10:</b> Rede coletora clandestina de esgotos, direcionando os efluentes para tributário do ribeirão dos Burros, à montante do PT2.....	81
<b>Fotografia 11:</b> Macrófitas arrancadas ou cortadas e deixadas na água do ribeirão dos Burros, à montante do PT2.....	93
<b>Fotografia 12:</b> Movimentação de terra e erosão na margem direita da represa, à montante do PR3 .....	98
<b>Fotografia 13:</b> Movimentação de terra e vegetação rasteira queimada à margem direita da represa, à montante do PR1 .....	99
<b>Fotografia 14:</b> Córrego da Grama com pouca vazão e volume de água, assoreado por sedimentos e macrófitas .....	102
<b>Fotografia 15:</b> Córrego da Grama após o mês de maior pluviosidade do período: maior volume de água.....	103
<b>Fotografia 16:</b> Erosão na margem direita da represa, à montante do PR3 .....	104
<b>Fotografia 17:</b> Erosão e movimento de terra na margem de trás do PR1 .....	111

<b>Fotografia 18:</b> Ilegalidade observada: vegetação rasteira queimada à margem direita da represa, à montante do PR3.....	112
<b>Fotografia 19:</b> Ilegalidades observadas: perfuração de poço sem autorização e remoção da vegetação ciliar na margem esquerda do córrego da Grama.....	120
<b>Fotografia 20:</b> Margem direita da represa, na direção e à montante do PR2.....	129
<b>Fotografia 21:</b> Margem esquerda da represa, na direção e à montante do PR2.....	129

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1:</b> Variação mensal dos resultados de temperatura da água nos pontos amostrados.....	76
<b>Gráfico 2:</b> <i>Box plot</i> representativo da variação espacial dos resultados de temperatura da água nos pontos amostrados .....	77
<b>Gráfico 3:</b> Variação mensal dos resultados de temperatura do ar nos pontos amostrados.....	77
<b>Gráfico 4:</b> <i>Box plot</i> representativo da variação espacial dos resultados de temperatura do ar nos pontos amostrados .....	78
<b>Gráfico 5:</b> Variação mensal dos resultados de OD nos pontos amostrados.....	84
<b>Gráfico 6:</b> <i>Box plot</i> representativo da variação espacial dos resultados de OD nos pontos amostrados.....	84
<b>Gráfico 7:</b> Variação mensal dos resultados de condutividade elétrica nos pontos amostrados.....	86
<b>Gráfico 8:</b> <i>Box plot</i> representativo da variação espacial dos resultados de condutividade elétrica nos pontos amostrados.....	87
<b>Gráfico 9:</b> Variação mensal dos resultados de pH nos pontos amostrados.....	90
<b>Gráfico 10:</b> <i>Box plot</i> representativo da variação espacial dos resultados de pH nos pontos amostrados.....	90
<b>Gráfico 11:</b> Variação mensal dos resultados da cor nos pontos amostrados.....	95
<b>Gráfico 12:</b> Variação mensal dos resultados de turbidez nos pontos amostrados.....	96
<b>Gráfico 13:</b> <i>Box plot</i> representativo da variação espacial dos resultados da cor nos pontos amostrados.....	96
<b>Gráfico 14:</b> <i>Box plot</i> representativo da variação espacial dos resultados de turbidez nos pontos amostrados .....	97
<b>Gráfico 15:</b> Variação mensal dos resultados de sólidos totais nos pontos amostrados.....	100
<b>Gráfico 16:</b> <i>Box plot</i> representativo da variação espacial dos resultados de sólidos totais nos pontos amostrados .....	100
<b>Gráfico 17:</b> Variação mensal dos resultados de DBO nos pontos amostrados .....	106
<b>Gráfico 18:</b> <i>Box plot</i> representativo da variação espacial dos resultados de DBO nos pontos amostrados.....	106
<b>Gráfico 19:</b> Variação mensal dos resultados de amônio nos pontos amostrados.....	108

<b>Gráfico 20:</b> <i>Box plot</i> representativo da variação espacial dos resultados de amônio nos pontos amostrados.....	108
<b>Gráfico 21:</b> Variação mensal dos resultados de nitrito nos pontos amostrados .....	109
<b>Gráfico 22:</b> <i>Box plot</i> representativo da variação espacial dos resultados de nitrito nos pontos amostrados.....	110
<b>Gráfico 23:</b> Variação mensal dos resultados de nitrato nos pontos amostrados .....	113
<b>Gráfico 24:</b> <i>Box plot</i> representativo da variação espacial dos resultados de nitrato nos pontos amostrados.....	114
<b>Gráfico 25:</b> Variação mensal dos resultados de NT nos pontos amostrados .....	115
<b>Gráfico 26:</b> <i>Box plot</i> representativo da variação espacial dos resultados de NT nos pontos amostrados.....	115
<b>Gráfico 27:</b> Variação mensal dos resultados de PT nos pontos amostrados .....	118
<b>Gráfico 28:</b> <i>Box plot</i> representativo da variação espacial dos resultados de PT nos pontos amostrados.....	118
<b>Gráfico 29:</b> Variação mensal dos resultados de clorofila <i>a</i> nos pontos amostrados .....	121
<b>Gráfico 30:</b> <i>Box plot</i> representativo da variação espacial dos resultados de clorofila <i>a</i> nos pontos amostrados .....	121

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Classificação do Estado Trófico para rios, de acordo com Lamparelli (2004).....	46
<b>Tabela 2:</b> Classificação do Estado Trófico para reservatórios, de acordo com Lamparelli (2004) .....	46
<b>Tabela 3:</b> Classificação do IET .....	47
<b>Tabela 4:</b> Pesos referentes a cada parâmetro analisado .....	48
<b>Tabela 5:</b> Nível de qualidade da água e respectivas faixas .....	48
<b>Tabela 6:</b> Características morfométricas do reservatório .....	61
<b>Tabela 7:</b> Localização, altitude e profundidade média dos pontos de coleta .....	65
<b>Tabela 8:</b> Parâmetros analisados e seus respectivos métodos de ensaio .....	71
<b>Tabela 9:</b> Equipamentos utilizados nas medições .....	72
<b>Tabela 10:</b> Coliformes termotolerantes (NMP/100 mL) em águas de tributários e represa .....	123
<b>Tabela 11:</b> Coliformes totais (NMP/100 mL) em águas de tributários e represa.....	124
<b>Tabela 12:</b> Resultados IQA tributários.....	125
<b>Tabela 13:</b> Resultados IQA reservatório .....	127
<b>Tabela 14:</b> Resultados IET tributários.....	133
<b>Tabela 15:</b> Porcentagens dos resultados obtidos para cada estado trófico nos pontos amostrais dos tributários.....	133
<b>Tabela 16:</b> Resultados IET reservatório .....	135
<b>Tabela 17:</b> Porcentagens dos resultados obtidos para cada estado trófico nos pontos amostrais do reservatório.....	136

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	16
1.1 A ÁGUA: DAS CIVILIZAÇÕES ANTIGAS AOS TEMPOS ATUAIS .....	16
1.2 A BACIA HIDROGRÁFICA DA REPRESA DR. JOÃO PENIDO: PROBLEMÁTICA E JUSTIFICATIVA.....	18
2 OBJETIVOS.....	26
3 REVISÃO DA LITERATURA.....	27
3.1 A CONSTRUÇÃO DA REPRESA DR. JOÃO PENIDO: REVIVENDO A HISTÓRIA DE JUIZ DE FORA .....	27
3.2 AS CONSEQUÊNCIAS DOS REPRESAMENTOS E IMPACTOS NA QUALIDADE DAS ÁGUAS .....	29
3.3 EUTROFIZAÇÃO DE MANANCIASIS .....	34
3.4 IMPORTÂNCIA DA FAIXA DE SEGURANÇA SANITÁRIA NA PROTEÇÃO DOS MANANCIASIS .....	36
3.5 MACRÓFITAS AQUÁTICAS .....	41
3.6 ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO (IET) .....	43
3.7 ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA (IQA) .....	47
4 MATERIAL E MÉTODOS .....	52
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	52
4.1.1 Município de Juiz de Fora (MG).....	52
4.1.1.1 Localização.....	52
4.1.1.2 Características .....	54
4.1.2 Bairro Represa.....	59
4.1.3 Área ocupada pela represa Dr. João Penido.....	60
4.1.3.1 Localização e características gerais.....	60
4.1.3.2 Aspectos físicos e geológicos.....	61
4.1.4 Pontos de coleta.....	62
4.1.4.1 Características de cada ponto de coleta.....	65
4.2 METODOLOGIA .....	70



5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	73
5.1 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DOS PARÂMETROS INDIVIDUAIS E COMPARAÇÃO COM A RESOLUÇÃO CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005).....	74
5.1.1 Temperatura do ar e da água .....	75
5.1.2 Oxigênio dissolvido (OD) .....	78
5.1.3 Condutividade elétrica.....	85
5.1.4 Potencial Hidrogeniônico (pH) .....	87
5.1.5 Cor verdadeira e turbidez .....	90
5.1.6 Sólidos totais .....	97
5.1.7 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO <sub>5,20</sub> ) .....	101
5.1.8 Íon amônio (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) .....	106
5.1.9 Íon nitrito (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ) .....	109
5.1.10 Íon nitrato (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) .....	110
5.1.11 Nitrogênio total (NT) .....	114
5.1.12 Fósforo total (PT) .....	115
5.1.13 Clorofila <i>a</i> .....	118
5.1.14 Coliformes termotolerantes .....	121
5.1.15 Coliformes totais .....	123
5.2 ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA (IQA) MENSAL PARA CADA PONTO.....	124
5.2.1 Análise dos tributários.....	125
5.2.2 Análise do reservatório.....	127
5.3 ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO (IET) MENSAL PARA CADA PONTO .....	131
5.3.1 Análise dos tributários.....	132
5.3.2 Análise do reservatório.....	135
6 CONCLUSÕES.....	140
REFERÊNCIAS .....	146
ANEXOS.....	152

## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 A ÁGUA: DAS CIVILIZAÇÕES ANTIGAS AOS TEMPOS ATUAIS

A água é um recurso imprescindível para a vitalidade dos seres no planeta. Tales De Mileto, considerado o “Pai da Filosofia Grega” e grande pensador do século VI a.C., foi o primeiro investigador das coisas da natureza como um todo. Ele afirmava que a água era o princípio de todas as coisas e que a terra estava deitada sobre ela e, sendo a origem de tudo, os seres dela se derivavam (PARISI; COTRIM, 1987). Já nessa época, a importância da água já era observada pelos grandes pensadores e filósofos.

As civilizações foram se desenvolvendo ao longo da história, habitando as margens dos rios, bem como em regiões costeiras e insulares. Construíram seus impérios e no decorrer dos tempos, foram modificando os ambientes naturais. Assim, no decorrer dos tempos, as cidades foram sendo edificadas ao longo dos cursos d’água, sendo que o destino destes sempre esteve condicionado ao fluxo do próprio processo civilizatório.

A aglomeração de milhares de pessoas levou o homem, desde a antiguidade, a enfrentar problemas de sobrevivência. Para vencer as dificuldades, foi preciso desenvolver obras de engenharia, irrigação e captação de água potável para abastecimento humano. Nesse sentido, cabe lembrar que as civilizações antigas do Egito, China, Índia e Mesopotâmia ficaram conhecidas como “civilizações hidráulicas”.

As primeiras referências de construção de represas remontam ao ano 4.000 a.C., na região do Oriente Médio, cujo objetivo principal era acumular água para irrigação e consumo humano. Dentre vários testemunhos históricos desse fato, destaca-se a represa de Java, situada próxima à capital da Jordânia. Foi construída no ano 3.000 a.C. com paredes de alvenaria e aterro de argila, encontrando-se preservada até os dias de hoje (VON SPERLING, 1999).

As questões que envolvem a demanda por recursos hídricos e abastecimento público continuam sendo relevantes na atualidade. O crescimento da urbanização, bem como a expansão das atividades industriais e agropecuárias tem ocorrido de forma desordenada, produzindo impactos negativos sobre a qualidade das águas, que, dessa forma, recebem maiores volumes de esgotos e resíduos poluidores em geral. As modificações no ambiente provenientes deste processo ficaram mais evidentes a partir do século XX, havendo registros de alterações no ciclo hidrológico e no regime dos cursos d’água.

O panorama atual demonstra que o constante crescimento pela demanda de água implica na necessidade de aumentar a disponibilidade deste recurso, tendo em vista os seus

múltiplos usos<sup>1</sup>. Isso justifica o incremento da construção de reservatórios em todo o Brasil, que podem ser definidos como ambientes lacustres criados artificialmente, mediante o barramento de cursos d'água para diversas finalidades.

Embora o uso mais nobre que se possa dar a um recurso hídrico seja o consumo humano, Carneiro, Pegorini e Andreoli (2005) afirmam que os reservatórios para abastecimento público no Brasil não têm recebido a atenção adequada e merecida das autoridades, apresentando uma progressiva e crescente deterioração da qualidade de suas águas.

Para que os problemas acima mencionados possam ser minimizados, é preciso estabelecer políticas públicas voltadas para a proteção dos nossos mananciais e promover a sua utilização de forma racional e sustentável. Desta forma, é fundamental promover a gestão ambiental integrada dos recursos hídricos, conforme determina o artigo 3º, inciso III, da Lei Federal nº 9433/1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997).

A água é considerada uma excelente indicadora da qualidade e saúde ambiental de uma bacia hidrográfica. Bollmann, Carneiro e Pegorini (2005) afirmam que, pelo seu poder de diluir e solubilizar grande parte das substâncias, desempenha importante papel como elemento de ligação entre os compartimentos ambientais. Sendo o veículo natural de escoamento das impurezas presentes no meio, tudo o que ocorre na área de uma bacia será refletido, direta ou indiretamente, na qualidade dos corpos d'água.

Sendo assim, para sustentar e direcionar a implementação dos instrumentos de gestão integrada, é essencial realizar o estudo da qualidade da água, sendo o monitoramento, considerado ferramenta fundamental no processo (BOLLMANN; CARNEIRO; PEGORINI, 2005; TUNDISI, 2003). Além de propiciar conhecimentos, gera informações estratégicas, possibilitando o acompanhamento das ações realizadas, bem como a orientação e definição de diretrizes, programas e atividades para manutenção e melhoria da qualidade ambiental do ecossistema.

Diante dessas considerações e, seguindo as diretrizes gerais da Lei Federal nº 9433/1997 (BRASIL, 1997), esse trabalho foi estruturado, observando que o sistema de

---

<sup>1</sup> Em função dos progressos sociais e industriais que vem atravessando a humanidade, pode-se enumerar, dentre outros, os seguintes usos múltiplos da água: abastecimento público, consumo industrial, matéria-prima para a indústria, irrigação, recreação, dessedentação de animais, geração de energia elétrica, transporte, diluição de despejos, preservação da fauna e flora. Os quatro primeiros usos referidos exigem a retirada de água dos mananciais, ao passo que nos demais não se observa tal necessidade (BENETTI; BIDONE, 2001).

informações sobre recursos hídricos é um sistema de coleta, tratamento, armazenamento e recuperação de dados sobre os mesmos, que após analisados, devem fornecer subsídios para a sua gestão, conforme artigo 25 da referida Lei.

## 1.2 A BACIA HIDROGRÁFICA DA REPRESA DR. JOÃO PENIDO: PROBLEMÁTICA E JUSTIFICATIVA

Além das questões citadas anteriormente, observa-se também uma grande carência de informações associadas às pequenas bacias hidrográficas, como é o caso da bacia da represa Dr. João Penido, situada no município de Juiz de Fora (MG), objeto principal desta dissertação. Foi feito um levantamento e constatou-se que muito pouco se tem pesquisado sobre o principal manancial de Juiz de Fora. Não existem estudos sistematizados sobre a qualidade da água deste ecossistema, tornando-o desconhecido para a comunidade científica. A seguir, são descritas brevemente as principais informações obtidas.

Em 1986 foi desenvolvido um trabalho na represa por Rocha e Branco (1986), onde a mesma foi inspecionada em toda sua orla e região ribeirinha. Assim como ocorre atualmente, foram observadas muitas casas sendo construídas às margens do reservatório, bem como vários e precários sistemas de captação de água e de disposição inadequada de esgotos domésticos na área da bacia da represa. Nos corpos d'água e nas áreas próximas aos mesmos foi observada a presença de lixo doméstico. Animais, como bois e cavalos foram vistos pastando às margens do reservatório. Dados qualitativos e quantitativos de análises físico-químicas realizadas àquela época demonstraram assoreamento e enriquecimento de nutrientes de suas águas, sendo detectados os primeiros indícios de eutrofização da represa (não se teve acesso a estes dados).

Dentre muitas observações, esses pesquisadores relataram que:

Evidenciou-se mesmo à vista desarmada, que existe um acentuado processo de maturação em andamento. Assim, ainda que grande parcela da represa apresente, visualmente aspecto paisagístico e estético extremamente agradável e atraente, vê-se em sua cabeceira, entradas do Ribeirão dos Burros e Córrego Grama, seus principais formadores, que por cerca de 500 m. águas abaixo de cada um desses braços, há um compacto conjunto vegetativo onde predomina a planta do gênero Thypha sp (taboa) entremeada com gramíneas, família Cyperaceae. Nesses locais não há mais possibilidade de navegação, tendo-se formado um verdadeiro pântano, criadouro de mosquitos e atração para aves, principalmente garças do gênero Bubalus sp. [...]

Em toda a represa aparecem restos flutuantes de vegetação aquática superior, com formação de alguns aglomerados de aguapés de grande tamanho que se deslocam sob ação do vento.

Nas regiões de baías pronunciadas, a vegetação ancora formando extensas massas. O predomínio é subsequentemente de: *Eichornia* sp (aguapé); *Potamogeton* sp, uma erva que aparece enraizada; *Salvinia* aquática; *Nymphaea* sp com algumas folhas submersas e raros *Myriophyllum*, o pinheirinho d'água. [...]

A presença dessa vegetação é um bom indicador do estado trófico atual da represa, possibilitando à luz da análise dos dados físico-químicos existentes, inferir quanto ao processo de eutrofização, em andamento, antes referido (ROCHA; BRANCO, 1986, p.3-8).

Observaram também a presença de alguns organismos que são bons indicadores do equilíbrio do ecossistema, como por exemplo: peixes Poecilidae “Guaru-guaru ou Barrigudinho”, traíras, tilápias, carpas e lambaris. Próximo à região litoral, foram vistos insetos, percevejos aquáticos das famílias Gerridae e Notonectidae, indicadoras de águas limpas, isentas de poluição orgânica acentuada.

Portanto, através dos estudos realizados, os pesquisadores concluíram que a represa estava, ainda àquela época, de certo modo, em estado ecológico satisfatório. Porém, se intervenções antrópicas continuassem a ocorrer, a represa sofreria uma rápida deterioração, acelerando o processo de eutrofização já em andamento. Concluíram o trabalho recomendando a adoção de medidas de proteção e correção necessárias à preservação do manancial, como a recomposição vegetal em torno da represa, ou pelo menos, nas áreas mais sujeitas à erosão e transporte de sedimentos (ROCHA; BRANCO, 1986).

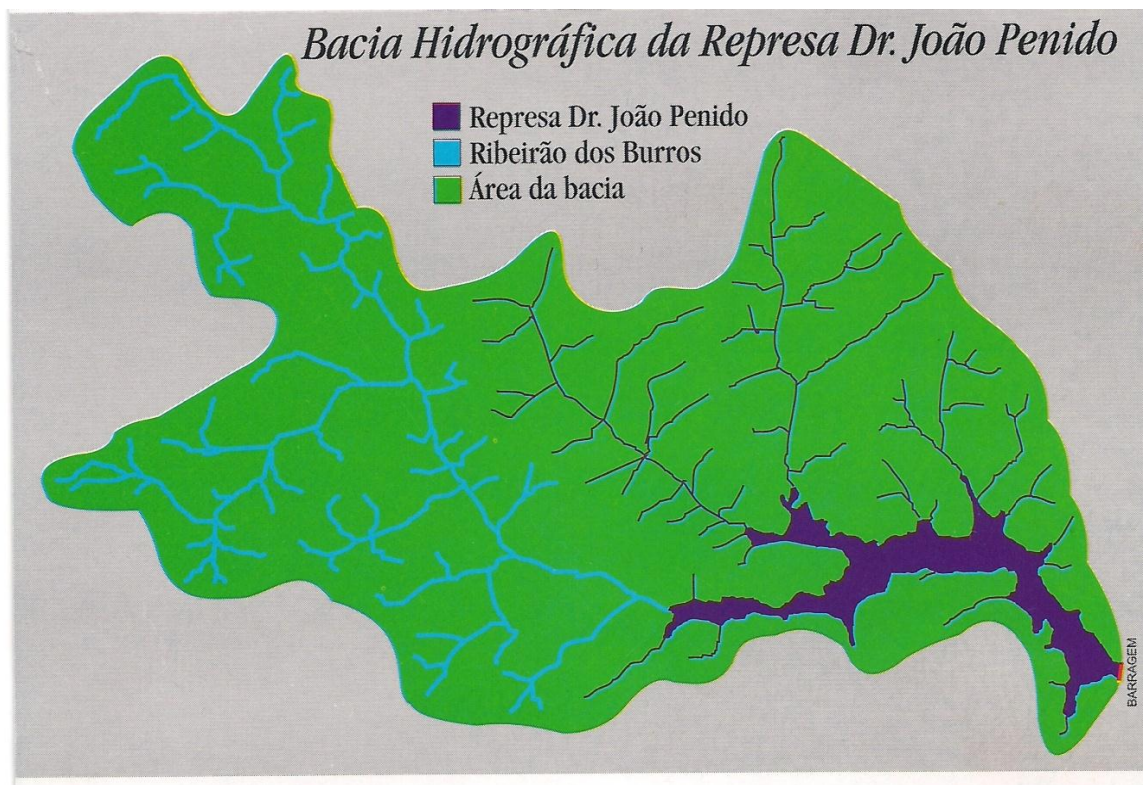
Em 1987 foi desenvolvido outro trabalho na represa por Pereira (1991), dando enfoque à qualidade de suas águas. Foram feitas duas coletas de amostras de água nos dias 15 e 16 de dezembro de 1987, em sete estações amostrais ao longo da represa. Apesar do período desse estudo ter sido restrito ao mês de dezembro, esses são os únicos dados físico-químicos de qualidade da água do reservatório encontrados na literatura. Alguns desses dados obtidos serão comparados e abordados juntamente com a discussão dos resultados desta dissertação (capítulo 5). Com relação às plantas aquáticas, foi relatado que numa área superficial de 3,7 km<sup>2</sup>, a represa apresentava uma área de 0,215 km<sup>2</sup> ocupada por macrófitas, ou seja, 5,81 %. As espécies de macrófitas identificadas foram “*Eichornia* sp., *Tifa* sp. *Salvinia* sp., e ninfeáceas” (PEREIRA, 1991, p. 50).

Outro trabalho desenvolvido na represa foi realizado por Perensin (1998). Neste estudo, foi feita uma batimetria de algumas seções e constatado que o acelerado processo de assoreamento em toda a área investigada vinha destruindo o manancial. Em sua conclusão, há o destaque para a necessidade do controle de aporte de sedimentos e adoção de medidas reguladoras da descarga sólida trazida pelos principais tributários. Os pontos relevantes serão abordados ao longo da discussão desta dissertação.

A situação atual da represa Dr. João Penido assemelha-se ao descrito por Rocha e Branco (1986), Pereira (1991) e Perensin (1998). Porém, as interferências promovidas pelo homem continuaram a ocorrer e a ocupação na área da bacia é crescente, agravando a situação e comprometendo a qualidade da água. A região segue a tendência geral de expansão urbana desordenada, com infraestrutura precária e características de degradação ambiental. Apesar de ser o principal manancial que fornece água potável para a cidade de Juiz de Fora, toda problemática que envolve os recursos hídricos citada anteriormente no item 1.1, além daquela descrita pelos autores acima referidos, continuam fazendo parte da realidade local.

Segundo dados fornecidos por aerofotogrametria, existiam aproximadamente 1.023 habitantes em 312 edificações estabelecidas na bacia da represa em 1986. Às margens do manancial verificava-se a existência de 71 casas de veraneio, 2 clubes recreativos e uma população flutuante em torno de 234 pessoas (CESAMA, 2010). Com exceção dos referidos clubes (Náutico e Tupinambás), atualmente esses números são bem maiores, porém não existem dados de pesquisa disponíveis.

A Prefeitura de Juiz de Fora, através do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano, preservou cinco bacias hidrográficas do município. O objetivo é atender à crescente demanda de água para o abastecimento público e resguardá-las da degradação ambiental. Dentre elas, destaca-se a *Área de Proteção Ambiental da Bacia Hidrográfica da Represa Dr. João Penido*, que pode ser visualizada através do mapa 1. Esta área é protegida pelas Leis Municipais de números 6087/1981 (JUIZ DE FORA, 1981), que dispõe sobre o parcelamento, uso e ocupação do solo na área de sua bacia hidrográfica, e 7255/1987 (JUIZ DE FORA, 1987), que proíbe atividades incompatíveis com os objetivos preservacionistas propostos para a mesma.



**Mapa 1:** Área da Bacia Hidrográfica da Represa Dr. João Penido.  
**Fonte:** REPRESA... [19--].

Apesar da ampla legislação que protege os mananciais, as áreas de seu entorno vem sofrendo os impactos provocados pelas ações antrópicas, sendo ocupadas de forma desordenada e ilegal. Hoje podem ser observadas diversas irregularidades, como granjeamentos rurais, loteamentos, áreas de invasão, bem como inúmeras habitações precárias de médio/baixo padrão social. A área também é utilizada como lazer, principalmente pela presença de inúmeros sítios e chácaras com casas de veraneio, observando-se em suas margens diversas residências de luxo ocupando Áreas de Preservação Permanente (APP).

Essas áreas são definidas pela Lei Federal nº 4771/1965 (Código Florestal) em seu artigo 2º, item 5, alínea b: “Consideram-se de preservação permanente, pelo só efeito desta Lei, as florestas e demais formas de vegetação natural situadas: [...] ao redor de lagoas, lagos ou reservatórios d’água naturais e artificiais;” (BRASIL, 1965). No caso específico da represa Dr. João Penido, as APPs da bacia hidrográfica são definidas pela Lei Municipal nº 6087/1981 (JUIZ DE FORA, 1981), que preconiza, em seu artigo 3º:

Art. 3º - Para efeitos desta Lei são consideradas as áreas de preservação em todo o perímetro da bacia hidrográfica da Represa Dr. João Penido:

I - Os corpos d'água;

II - A faixa de proteção da Represa Dr. João Penido, medindo 100 metros de largura em projeção horizontal a partir da curva de nível da cota 744,00 metros, acima do nível do mar, corresponde ao nível máximo da Represa;

III - A faixa de proteção de 50 metros de largura medidos em projeção horizontal, a partir dos limites do leito menor, em cada uma das margens dos cursos d'água;

IV - a faixa de proteção das nascentes, definida por círculo de raio igual a 50 metros, medidos em projeção horizontal e tendo a nascente como centro;

V - os topos e morros, as florestas e demais formas de vegetação ali existentes, conforme o disposto na legislação florestal.

O panorama atual descrito é agravado pelas práticas inadequadas de uso e ocupação do solo, como queimadas, remoção de vegetação e mata ciliar, movimentação de terra e cortes irregulares para construções, assoreamento, práticas agrícolas e criação de animais (bois e cavalos) às margens do manancial. Com isso, existe a possibilidade de contaminação dos cursos d'água por micro-organismos patogênicos e poluentes diversos. Este fato tem causado grande preocupação, pois de acordo com a Prefeitura (JUIZ DE FORA, 2004), o manancial é responsável por 65 % do abastecimento público de água potável da cidade.

Além das características de degradação ambiental citadas, existe também a proliferação de macrófitas<sup>2</sup> em vários pontos da represa e de seus tributários, situação observada também por Rocha e Branco (1986), e também por Pereira (1991) caracterizando possivelmente ambientes eutrofizados (ricos em elementos minerais nutrientes). Nos reservatórios do Estado de Minas Gerais, a presença de espécies como *Eichhornia azurea* (aguapé) ou *Typha* spp. (taboa), dentre outras, indica, em geral, que a qualidade das águas não é boa e que os usos podem estar comprometidos. Especialmente em algumas usinas hidrelétricas do estado, observa-se que a ocorrência destas e de outras espécies está diretamente relacionada à progressiva eutrofização do reservatório, como ocorre em outras regiões do país. Essas espécies citadas, dentre outras, são encontradas no reservatório em estudo, conforme descrito no item 5.

Algumas características geomorfológicas da região, como a baixa profundidade média da represa (em torno de seis metros) e a planície aluvionar em que está inserida, também

---

<sup>2</sup> Macrófitas: grupo de plantas que ocorrem em ambientes sazonalmente ou permanentemente inundados (PADIAL; BINI; THOMAZ, 2008).



contribuem para o desenvolvimento de ambientes eutrofizados, conforme destacam Pegorini, Carneiro e Andreoli (2005).

A partir dessas informações, há indicativos de que o ecossistema aquático está em processo de eutrofização e seus múltiplos usos podem estar comprometidos. Torna-se necessário investigar a qualidade da água do manancial, bem como de seus tributários, tendo em vista que Thornton (1990a) afirma que os rios afluentes contribuem com a maior carga de nutrientes e sedimentos que entram no reservatório.

Para a realização deste estudo, foram coletadas amostras mensais nos pontos selecionados na represa e em dois de seus principais tributários, pelo período de um ano (2009/2010), perfazendo um total de doze campanhas. Através dos resultados obtidos das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras, foi feita uma comparação com a Resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005), a fim de verificar se os corpos d'água atendem aos padrões referentes às águas doces, classe 1. Também foi determinado o Índice de Qualidade da Água (IQA) e o Índice de Estado Trófico (IET) dos pontos amostrais estudados. Este trabalho torna-se ainda mais relevante, tendo em vista que não há atualmente nenhum programa dessa natureza sendo realizado na represa<sup>3</sup> e em seus tributários por parte dos governos municipal, estadual ou federal.

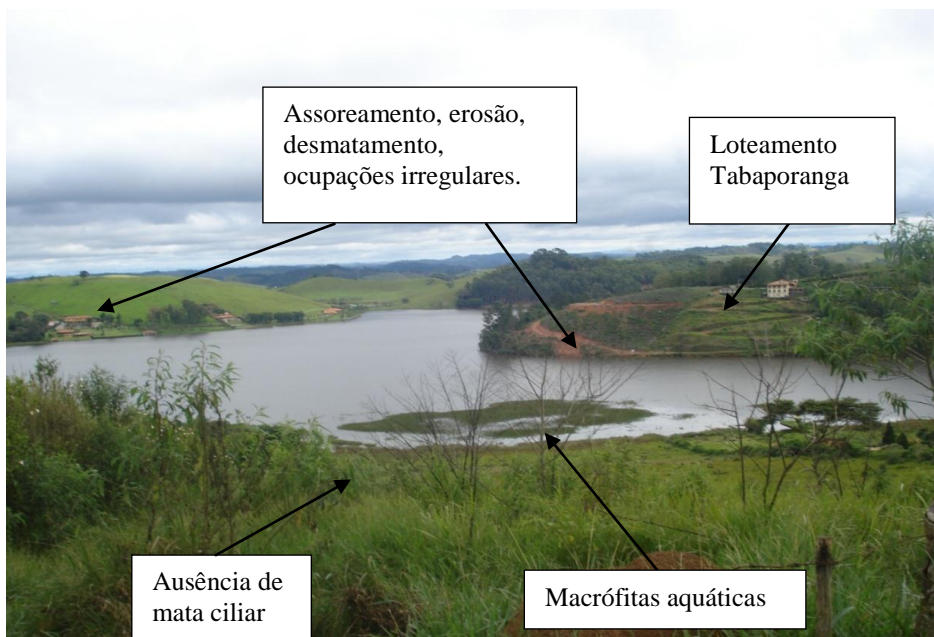
Alguns dos fatores indicativos de degradação ambiental da represa Dr. João Penido citados anteriormente, podem ser observados nas fotografias 1 e 2.

---

<sup>3</sup> A COMPANHIA DE SANEAMENTO MUNICIPAL (CESAMA) realiza o monitoramento da qualidade da água apenas na Estação de Tratamento de Água (ETA), antes (tomada d'água) e após o tratamento.



**Fotografia 1:** Características de degradação na represa, em área próxima ao ribeirão dos Burros (fotografia capturada do alto do loteamento Tabaporanga) (abril de 2009).  
**Fonte:** O autor.



**Fotografia 2:** Características de degradação na represa, em área próxima ao córrego Vista Alegre (fotografia capturada do granjeamento rural “Enseada II”) (abril de 2009).  
**Fonte:** O autor.

Tendo em vista a carência de informações e diante de tamanha relevância para o município de Juiz de Fora, a represa Dr. João Penido necessita de especial atenção. Observa-se que a realidade desta bacia hidrográfica é bem diferente do que preconizam as leis de proteção de mananciais, demonstrando que as mesmas não vêm sendo aplicadas como deveriam.

Fica evidente a importância de se desenvolverem estudos em busca de alternativas que a preservem e permitam a sua utilização de forma racional e sustentável. Assim, espera-se que esse trabalho possa fornecer subsídios para pesquisas posteriores na área, e também para que os órgãos competentes possam elaborar um plano de gestão ambiental integrada para a represa, visando sua proteção e recuperação na tentativa de garantir água de boa qualidade para os atuais e futuros usuários de Juiz de Fora.

## 2 OBJETIVOS

1º) Caracterizar a qualidade das águas da represa Dr. João Penido e de dois de seus principais tributários, córrego da Grama e ribeirão dos Burros, através de análises químicas, físico-químicas e microbiológicas.

Para atender a esse objetivo geral, três objetivos específicos foram delineados:

- a) Verificar se os parâmetros ambientais analisados atendem ao preconizado na Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005), referentes a águas doces, classe 1;
- b) Determinar o Índice de Qualidade da Água (IQA) mensal dos pontos amostrais estudados, no período compreendido entre dezembro de 2009 e junho de 2010.
- c) Investigar o grau de trofia dos corpos hídricos, através da determinação do Índice de Estado Trófico (IET) mensal dos pontos amostrais estudados, no período compreendido entre julho de 2009 e junho de 2010.

2º) A partir dos resultados obtidos, espera-se fornecer dados e informações relevantes que possam:

- a) Subsidiar estratégias de ação para proteção do manancial e contribuir para a elaboração de um plano de gestão integrada para a bacia hidrográfica da represa Dr. João Penido;
- b) Contribuir para fornecer diretrizes ao meio acadêmico e profissional, possibilitando o desenvolvimento de pesquisas futuras na região.

### 3 REVISÃO DA LITERATURA

A seguir são discutidos alguns fundamentos teóricos relacionados ao desenvolvimento deste trabalho de pesquisa.

#### 3.1 A CONSTRUÇÃO DA REPRESA DR. JOÃO PENIDO: REVIVENDO A HISTÓRIA DE JUIZ DE FORA

Para sustentar a base de informações promovidas por essa dissertação, conforme relatado anteriormente e atendendo ao que preconiza a Lei Federal nº 9433/1997 (BRASIL, 1997), no que diz respeito a “recuperar dados”, foi feita uma pesquisa ao acervo da Companhia de Saneamento Municipal (CESAMA) do município, na tentativa de resgatar a história da construção da represa.

Assim sendo, foi permitida a consulta ao relatório elaborado em 1934 pela Prefeitura de Juiz de Fora e apresentado em [1935] ao governo do Estado de Minas Gerais, contido na obra de Carvalho (1935). Já naquela época, o abastecimento de água da cidade carecia de investimentos e tratava-se do maior e vital problema da cidade, cuja solução exigia máxima urgência e ônus elevado para os cofres públicos, face o crescimento rápido da cidade. Consta no Parecer do Conselho Consultivo sobre o “novo” abastecimento de água do município daquela época (referência à represa Dr. João Penido), com transcrição literal a seguir:

A penuria da água fornecida atualmente á cidade é flagrantemente provada necessitando de 15 a 16 milhões de litros por 24 horas, á razão de 200 litros por habitante, o abastecimento atual é apenas de 8 milhões de litros de água impura.

De fato, as análises química e bacteriológica procedidas no Laboratorio de Análises da Inspeção de Aguas e Esgotos da Capital Federal, das aguas colhidas com todo rigor técnico do rio Paraibuna, do ribeirão dos Pintos<sup>4</sup> e do Iung (este já a longos anos captado), revelam a péssima qualidade da água, demonstrada exuberantemente pela sua excessiva riqueza em matéria orgânica e em cloretos e, sobretudo, pelo seu elevadíssimo teor colimétrico. Os outros manadeiros de volume apreciável se acham em condições análogas de poluição habitual.

Por isso, qualquer que seja o manadeiro a utilizar-se, impõe-se o tratamento completo para a necessária purificação da agua de modo a abastecer-se a cidade de excelente e verdadeira agua potável, [...]

A favor do ribeirão dos Pintos há as seguintes vantagens:

- a) O grande beneficio da açudagem, que proporcionará ‘agua mais facilmente tratável’ e de ‘melhor qualidade’ do que a do Paraibuna, [...] permitindo, portanto a solução do problema do abastecimento de agua, não só presentemente quando a cidade tem de 76 a 80 mil habitantes, como provendo a um futuro ainda bem distante, [...]
- b) Maior simplicidade de execução do projeto por evitar o recalque da agua para o abastecimento;

---

<sup>4</sup> Ribeirão dos Pintos: hoje denominado ribeirão dos Burros, principal tributário da represa.

c) Concorrer pela açudagem para atenuar as inundações da cidade pelo Paraibuna, [...]

Demais, este operoso povo que tanto contribue para os erários municipal, estadual e federal, tem incontestável direito de ser provido com a melhor água potável, ainda que com maior encargo financeiro, [...]

Terminando, sou de parecer de conformidade com as considerações expendidas, se utilize o ribeirão dos Pintos, convenientemente açudado, para o abastecimento de água, que deve sofrer tratamento completo de sorte a fornecer o mais puro e cristalino líquido, como o merece e a higiene o reclama, a laboriosa população da cidade e que se autorize o digníssimo prefeito solicitar do governo do Estado a aprovação para as necessárias operações de crédito, visando a pôr em prática a solução do mais importante e aflitivo problema da cidade (CARVALHO, 1935, p. 75-79).

Assim, a represa Dr. João Penido foi construída através do represamento do ribeirão dos Burros. As obras terminaram em 1934, no governo do Prefeito Menelick de Carvalho, que exaustivamente trabalhou para que os serviços fossem concluídos com êxito, registrando em diário as etapas do processo de construção da barragem e da Estação de Tratamento de Água (ETA). Tais fatos constam na obra de Carvalho (1940), obtida também através de consulta ao acervo da CESAMA, da qual foram extraídas algumas partes, na tentativa de resgatar a história do manancial, conforme transcrito a seguir:

*A barragem dos Pintos. Meditações à beira de um lago...*

Tendo sempre em presença a escassez d'água que a população padecia [...], cuidei de dedicar as horas de folga a uma constante assistência aos trabalhos da barragem e da estação de tratamento, situadas ambas na Cachoeira dos Pintos.

Terminado o expediente da Prefeitura e mesmo antes dêle, seguia para lá, tirava o palitô e punha-me a estimular os engenheiros e operários, fingindo que os estava ajudando, [...]

Chegamos a ter 300 homens a mexer e remexer numa área de igual número de metros quadrados, [...]

A obra exigia cuidados especiais, porque era um maciço de terra apiloada entre duas ombreiras e destinava-se a represar 16 milhões de metros cúbicos de águas, que sempre meteram medo aos moradores: enchentes atrevidas, cada qual mais abundante e desmornadora, [...]

Mas o que inspirava confiança, pelo menos nas partes mais sérias, como fossem as junções com os mórros e paredes de concreto, era incontestavelmente a mão-de-pilão, manejada por caboclos, mulheres e garotos de bons músculos e longa prática na arte de socar café e pilar arroz.

Daí a razão por que houve necessidade de muita gente. A obra tinha que correr e ficar segura.

Houve espetáculos emocionantes, [...]

Então, todo o mundo vivido ontem e as perspectivas do dia de amanhã, passavam em revista entre os meus olhos e aquele manso lago que se vinha formando com as primeiras chuvas: quanta alegria não contive lá de cima e quanto sofrimento não divisei cá por baixo!...

A peleja da mão-de-pilão durou um ano, e não me afastei dela, senão quando o piedoso bispo D. Justino José de Sant'Ana estivera lá, pedindo as bênçãos do Céu para a obra concluída, [...]

Nada faltou ali para que o povo tivesse água muita e boa.

Otacílio Negrão, o grande prefeito de Belo Horizonte, vendo a represa, não se conteve: 'Vou fazer uma igual na Capital'

E fez a barragem do Pampulha.

Na cidade, mórro da Papéra, estava concluído o reservatório-mestre, [...]

E' a represa 'João Penido', que abastecerá Juiz de Fora pelo futuro a dentro, ainda que a sua população se eleve a três centenas de milhares.

E bendito há de ser, também futuro a dentro, o braço negro que fez de tanta terra frouxa o bloco capaz de barrar o tremendo poder daquelas aguadas, [...]

Em homenagem a benemérito e ilustre filho desta terra, em cuja administração a Câmara de 44 anos passados cuidou, com larga visão do saneamento urbano, demos a essa obra a denominação de 'Represa Dr. João Penido', [...]

(\*) Pouco tempo depois, o dr. Lincoln Continentino, engenheiro – chefe do Serviço do Saneamento e Urbanismo do Estado, designado para inspecionar essas obras, dizia no final de seu relatório:

'E' digna dos maiores louvores a administração pública da cidade de Juiz de Fora pela obra importante de saneamento (abastecimento d'água) em vias de conclusão e que será a mais perfeita e completa do Estado.'[...] (CARVALHO, 1940, p. 91-123).

Como se pode observar, a represa Dr. João Penido foi uma importante obra de saneamento para o município de Juiz de Fora, sendo uma das pioneiras no Estado de Minas Gerais. Dada sua importância, é fundamental a sua preservação para que, conforme transcrito acima, a “água muita e boa” citada por Carvalho (1940), continue sendo uma realidade para a vida atual e futura dos cidadãos juizforanos, como foi um dia no passado.

### 3.2 AS CONSEQUÊNCIAS DOS REPRESAMENTOS E IMPACTOS NA QUALIDADE DAS ÁGUAS

Reservatórios são ecossistemas artificiais, com alto grau de heterogeneidade espacial, temporal (TUNDISI, 1996), e limnológica (KIMMEL; LIND; PAULSON, 1990). São frequentemente designados como sistemas ‘híbridos rio-lago’<sup>5</sup>, por ser transição entre o ambiente lótico e lêntico (ESTEVES, 1998; KIMMEL; LIND; PAULSON, 1990). Sua construção torna-se necessária para atender à demanda de água potável e satisfazer as necessidades humanas, como o exemplo da represa Dr. João Penido em Juiz de Fora (MG).

Por um lado, isso representa o progresso através da construção de barragens para diversos fins, como abastecimento público, produção de energia elétrica, irrigação, regularização da vazão de rios (BRANCO; ROCHA, 1977), lazer, navegação, paisagismo, pesca, geração de empregos, bem como a valorização de terras (SILVA, 2002), dentre outros. Em contraposição, acarreta uma série de impactos ambientais decorrentes da transformação de um ambiente lótico em lêntico. Traz sérias consequências para o ambiente, perturbando profundamente o comportamento natural dos cursos d'água represados, como também atingindo as regiões circunvizinhas. Envolve alterações hidrológicas e geológicas, produzindo

---

<sup>5</sup> Segundo Kimmel, Lind e Paulson (1990), esta característica confere heterogeneidade espacial e limnológica a esses sistemas lacustres.

efeitos sobre o micro-clima e a paisagem, além de causar repercussões ecológicas, afetando profundamente a flora e fauna locais (VON SPERLING, 1999). Dependendo do dimensionamento e do sistema de operação dos reservatórios, são “construídos” outros ambientes, os quais podem se manter por muitas décadas e permitir o surgimento de novos ecossistemas (SILVA, 2002). Essas modificações generalizadas provocadas pelo represamento também concorrem para provocar alterações nas características da qualidade das águas.

No processo de formação dos reservatórios, a elevação do nível d’água faz com que ela vá ocupando gradativamente as encostas até que seja estabelecido seu contorno, que acompanha as curvas de nível daquela cota, por isso, geralmente as represas possuem formato dendrítico<sup>6</sup> (VON SPERLING, 1999), estreito e alongado (WETZEL, 1990). O aumento do espelho d’água contribui para ampliar a incidência de luz e energia no ambiente aquático, favorecendo o desenvolvimento de organismos fotossintetizantes, principalmente algas.

As características morfológicas do ambiente definem a configuração da região litorânea (margens), limnética ou pelágica (água livre) e profunda (sedimentos) do reservatório. Elas influem também de maneira relevante na qualidade da massa de água armazenada e no metabolismo do ecossistema (VON SPERLING, 1999), afetando os processos biológicos de diversas formas, sendo que o mais importante é a disponibilidade de luz e nutrientes no meio (WETZEL, 1990).

A forma alongada característica dos reservatórios possibilita a formação de gradientes longitudinais de sedimentação e ambientes diferenciados dentro da massa líquida. Von Sperling (1999) afirma que o formato dendrítico apresenta várias reentrâncias ou baías, onde o tempo de residência<sup>7</sup> da água é mais elevado. Isso favorece o processo de enriquecimento de nutrientes devido à decomposição e o acúmulo de matéria orgânica nessas regiões, que são ambientes rasos, de pouca movimentação de água e com coluna líquida intensamente exposta à radiação solar. Em contraposição, margens com esse tipo de conformação propiciam o desenvolvimento de uma vegetação litorânea mais extensa, o que implica em uma maior capacidade assimiladora de poluentes, adequado sombreamento e condições de moradia para muitas espécies aquáticas. A cobertura vegetal nessas áreas também contribui para a proteção das margens contra a erosão e reduz a amplitude térmica do ambiente. O balanço desses dois

---

<sup>6</sup> Dendrítico: (grego, *dendron*, árvore); palavra utilizada para designar ambientes aquáticos com contornos de margem fortemente irregulares (VON SPERLING, 1999).

<sup>7</sup> Tempo de residência: tempo de permanência da água na represa, também chamado de tempo de retenção (ESTEVEZ, 1998).



fenômenos antagônicos relativos ao formato dendrítico das represas, na maioria dos casos, favorece o predomínio das condições positivas de resistência aos impactos poluidores e assimilação de nutrientes (VON SPERLING, 1999).

Os parâmetros morfométricos dos reservatórios vão se modificando ao longo do tempo. Isso implica em diversas transformações nos ambientes lacustres, conduzindo a uma redução gradativa do volume de massa líquida e da área do espelho d'água, tornando-se cada vez mais rasos e menores. Por isso, são considerados ambientes transitórios e destinados ao desaparecimento. A velocidade com que ocorre esse processo é extremamente variável, sendo que os principais fatores que o influenciam são, a seguir, descritos brevemente, de acordo com Von Sperling (1999):

- Clima: o efeito do clima é mais pronunciado em ambientes semi-áridos, áridos e hiper-áridos, onde ocorre predomínio quantitativo da evaporação sobre a precipitação.

- Assoreamento: tipo de sedimentação de caráter físico ou mecânico causado pelo intenso aporte de material mineral (areia, argila e silte) para os corpos hídricos. As represas apresentam um tempo de residência da água elevado, se comparado aos rios, por isso, também ocorre deposição de material na região de entrada dos tributários. Gradativamente, o processo vai se estendendo por todo o reservatório, provocando assim a diminuição de seu tempo de vida.

- Eutrofização: fertilização excessiva dos corpos d'água decorrente do recebimento de nutrientes, geralmente através de esgotos domésticos, provocando a floração de vegetais aquáticos (algas e plantas superiores). A longo prazo, o reservatório vai armazenando cada vez menos água, até o desaparecimento final.

- Sedimentação: além do tipo de sedimentação citada anteriormente, pode ocorrer também a precipitação de compostos como consequência das reações químicas ou bioquímicas que ocorrem nos ambientes lacustres. A longo prazo, o reservatório pode ir perdendo uma parte de seu volume de água, ocorrendo diminuição de sua profundidade máxima e, conseqüentemente, de sua vida útil (VON SPERLING, 1999). Thornton (1990b) acrescenta que a sedimentação contribui também para carrear substâncias que contaminam os corpos d'água como pesticidas, resíduos orgânicos, nutrientes e organismos patogênicos. O transporte e a deposição de sedimentos são processos dominantes em reservatórios e influenciam significativamente nas respostas ecológicas do sistema.

- Alterações hidrológicas: o fenômeno mais comum é a diminuição de vazão ou mesmo eliminação de afluentes em decorrência do represamento, desvio de rios ou retirada de água para outros fins.

Outros fatores que causam impacto negativo na qualidade da água armazenada são aqueles oriundos das fases seguintes ao represamento. Moss (2001) afirma que o lago recém-formado pode apresentar uma grande produtividade, uma vez que nutrientes são liberados dos solos inundados e da decomposição da massa vegetal terrestre presente na área.

Nessa fase posterior à inundação da região, poderá ocorrer florescimento de algas e grandes áreas poderão ficar cobertas por plantas aquáticas. Após alguns anos, a fertilidade do reservatório diminui através da diluição pelas suas águas afluentes. Assim, a infestação por plantas aquáticas e os problemas dela decorrentes tendem a acompanhar esse declínio. Porém, se esgotos ou águas drenadas de campos agrícolas fertilizados forem lançados no reservatório, as infestações poderão perpetuar-se, constituindo um problema a ser solucionado (MOSS, 2001).

Outro fator que deve ser considerado na avaliação da qualidade da água de um reservatório é a zonação ao longo do seu eixo longitudinal, considerando que há um contínuo no sentido afluentes – barragem. Observam-se então três regiões, denominadas zonas fluvial, de transição e lacustre, que se diferenciam quanto à sedimentação e às propriedades físicas, químicas e biológicas da água (PAGIORO *et al.*, 2005; THORNTON, 1990a, 1990b; KENNEDY; WALKER, 1990)

Thornton (1990b), afirma que o gradiente longitudinal referente à sedimentação resulta em estados tróficos diferentes, variando de eutrófico na zona fluvial a oligotrófico, na zona lacustre. Kennedy e Walker (1990) acrescentam que os gradientes físicos, químicos e biológicos resultam das influências da hidrodinâmica do sistema e da morfologia da bacia hidrográfica. Citam ainda que essas três regiões são dinâmicas e de acordo com a velocidade da água, o escoamento superficial e a operação do sistema, podem expandir-se ou contrair-se. A localização das mesmas é temporariamente instável e, seus limites, difíceis de serem delineados ao longo do reservatório.

A seguir são apresentadas algumas características de cada zona:

Zona fluvial ou lótica: localizada na parte alta do reservatório, correspondente à região de entrada dos afluentes (delta). É geralmente estreita e bem misturada (THORNTON, 1990b), possuindo maior velocidade de escoamento da água, maiores concentrações de nutrientes e sólidos totais, menor tempo de residência e menor penetração de luz. As condições aeróbicas são mantidas, mesmo ocorrendo degradação da carga orgânica alóctone demandando consumo do oxigênio dissolvido, por ser uma região tipicamente rasa (THORNTON, 1990b; KIMMEL; LIND; PAULSON, 1990).

Zona de transição: localizada na porção intermediária do reservatório, entre a região lótica e lêntica. Com o alargamento do reservatório, ocorre a diminuição no escoamento da água e, conseqüentemente, da turbidez. Como a disponibilidade de nutrientes é grande, normalmente é a região mais fértil do reservatório, apresentando maior produtividade e biomassa fitoplanctônica. O tempo de retenção nessa região é maior do que na zona fluvial (KIMMEL; LIND; PAULSON, 1990) e com isso, ocorre o aumento na sedimentação das partículas em suspensão, permitindo maior penetração de luz (THORNTON, 1990b).

Zona lacustre ou lêntica: localizada próximo à barragem, onde é comum ocorrer estratificações térmicas na coluna d'água. Caracteriza-se por ser a região mais profunda do reservatório, possuir maior transparência, menores concentrações de nutrientes e partículas em suspensão e maior tempo de residência (KIMMEL; LIND; PAULSON, 1990). A sedimentação de partículas inorgânicas é baixa nessa região (THORNTON, 1990b).

Os reservatórios apresentam grande variação no nível de flutuação da água<sup>8</sup> em função do seu tempo de residência, que é determinado pelo sistema de operação dos mesmos (WETZEL, 1990). Este é o principal fator que define se a represa vai se assemelhar mais a um rio ou a um lago (NOGUEIRA, 2000; BRANDIMARTE *et al.*, 2008). Quando esse tempo tende a ser pequeno, o escoamento no sistema é mais rápido. A retenção de nutrientes é menor e assim, a represa se assemelha mais a um rio, prevalecendo as características da zona fluvial (KIMMEL; LIND; PAULSON, 1990; NÜRNBERG, 2001). Caso contrário, o reservatório terá características mais semelhantes a lagos.

Kennedy e Walker (1990) relatam que o sistema de operação dos reservatórios também influencia diretamente nos gradientes longitudinais dos mesmos e na dinâmica dos nutrientes, sendo que máximos gradientes são desenvolvidos em reservatórios com longo tempo de residência e altas taxas de sedimentação. Assim, pode-se inferir que o tempo de residência interfere significativamente na ecologia do sistema lacustre e na qualidade de suas águas.

Todos os fatores citados acima são relevantes na caracterização da qualidade hídrica das represas e podem ser intensificados pelas interferências promovidas pelo homem. Podem atuar isoladamente ou em conjunto, acelerando o processo de desaparecimento dos ambientes lacustres, bem como promovendo a degradação da qualidade de suas águas.

Pode-se evitar a morte de uma represa, adotando-se medidas corretivas e preventivas em toda a bacia de drenagem, como por exemplo: disciplinamento do uso e ocupação do solo,

---

<sup>8</sup> Este fato contribui para a heterogeneidade ambiental dos reservatórios.

controle dos focos de erosão, construção de interceptores, implantação de bacias de sedimentação nos tributários, dragagem de sedimentos, dentre outras. Implementar programas de educação ambiental com os moradores do entorno dos cursos d'água, associados às medidas conservacionistas adotadas, também é fundamental para que as ações propostas sejam mais efetivas e possam produzir efeitos positivos para o meio ambiente (VON SPERLING, 1999).

### 3.3 EUTROFIZAÇÃO DE MANANCIAS

Eutrofização é o incremento da concentração de nutrientes nos ecossistemas aquáticos, especialmente fósforo e nitrogênio, trazendo como consequência o aumento de sua produtividade (ESTEVES, 1998; LAMPARELLI, 2004; TUNDISI, 2003). É de aceitação geral que a eutrofização representa a principal causa de deterioração de ambientes lacustres, e que o fósforo é o principal causador do processo (BERNARDI; GIUSSANI, 2001; ESTEVES, 1998).

Segundo Esteves (1998), quando ocorre naturalmente, é um processo lento e contínuo, que resulta do aporte de nutrientes trazidos pelas chuvas e também pelo escoamento superficial. Corresponde ao que poderia ser chamado de “envelhecimento natural” do reservatório. A eutrofização artificial ou antrópica é responsável pelo “envelhecimento precoce” do reservatório. É considerada uma forma de poluição e tem como característica principal a homeostasia, ou seja, a quebra de estabilidade do ecossistema. É um processo dinâmico, onde ocorrem profundas modificações nas comunidades aquáticas, nas condições físicas e químicas do meio e no nível de produção do sistema. Dentre as principais fontes antrópicas de fósforo e nitrogênio, que são ricas em matéria orgânica, destacam-se os efluentes domésticos e industriais, bem como aqueles provenientes das atividades agropecuárias. O incremento por nutrientes em reservatórios pode também ter contribuição das precipitações atmosféricas, sendo que o aporte varia conforme a região e é influenciado pelas condições meteorológicas e nível de poluição do ar (ESTEVES, 1998).

As consequências da eutrofização podem ser drásticas para o meio ambiente. Esteves (1998) afirma que logo após o lançamento no corpo d'água, a matéria orgânica começa a ser decomposta provocando decréscimo das concentrações de oxigênio dissolvido, especialmente nas camadas mais profundas dos reservatórios, devido à sedimentação. As consequências

desse processo sobre o hipolímnio<sup>9</sup> são diversas. Além dos efeitos sobre as comunidades aquáticas, as características físicas e químicas desta camada são fortemente alteradas. O aumento da concentração de detritos orgânicos contribui para a formação de sedimentos na parte inferior da coluna d'água e consome grandes quantidades de oxigênio dissolvido, produzindo condições de semianaerobiose. Inicialmente o processo se dá na interface água-sedimento, a partir do qual pode se estender até atingir o metalímnio<sup>10</sup>, sendo comum também, a formação de gás sulfídrico e metano nesses ambientes.

Outra consequência da eutrofização citada por Esteves (1998) é a interferência qualitativa e quantitativa sobre a densidade de organismos fitoplanctônicos, provocando aumento da produção primária do sistema. Com isso, surgem efeitos imediatos sobre os organismos produtores secundários, especialmente zooplâncton e peixes. Muitas espécies apresentam redução do número de indivíduos ou desaparecem, sendo substituídas por outras que passam a dominar quantitativamente o ambiente. O aumento da densidade do fitoplâncton provoca também alterações na cor e redução na transparência da água na região limnética do reservatório, fato que contribui também para aumentar a produtividade global do ecossistema. Outro efeito importante é o aumento da biomassa de algas e macrófitas aquáticas. Segundo Esteves (1998), o crescimento de diferentes grupos ecológicos destas plantas aquáticas é favorecido pelo processo inicial da eutrofização artificial. Todos estes fatores afetam diretamente a rede alimentar do ecossistema, pois assim como as comunidades que se alimentam de algas vão ser impactadas, os níveis tróficos superiores também serão.

As florações de algas, especialmente as cianobactérias potencialmente tóxicas, podem prejudicar seriamente a qualidade das águas, ocorrendo relatos diversos de prejuízos à saúde humana e morte de animais (LAMPARELLI, 2004; TUNDISI, 2003).

Além das interferências no meio ambiente citadas anteriormente, o processo de eutrofização traz sérias consequências socioeconômicas para a região, como por exemplo, a impossibilidade de natação, redução qualitativa e quantitativa da pesca, mortandade em massa de peixes, prejuízos aos esportes náuticos, bem como à economia regional e ao turismo. Tundisi (2003) acrescenta que além das perdas econômicas, ocorrem também impactos sociais provocados pela redução da capacidade de gerar emprego e renda, havendo em muitos casos, a migração de populações para outras regiões.

---

<sup>9</sup> Hipolímnio: região próxima ao fundo do reservatório, onde predomina a anaerobiose e temperaturas menores.

<sup>10</sup> Metalímnio: região intermediária da coluna d'água entre a superfície e o fundo.

A velocidade de quaisquer desses processos eutrofizantes pode ser acelerada pelas atividades antrópicas, comprometendo a qualidade sanitária das represas e onerando o sistema de tratamento de água para abastecimento público (ROCHA; BRANCO, 1986). No Reino Unido, Pretty *et al.* (2002 *apud* LAMPARELLI, 2004) mostraram uma correlação positiva entre a eutrofização e os custos associados ao tratamento das águas, bem como as consequências negativas para os usos múltiplos dos recursos hídricos. Esteves (1998) acrescenta que os prejuízos podem também, afetar a produção de energia elétrica e causar danos às tubulações e turbinas de usinas hidrelétricas.

O estágio final do processo de eutrofização artificial é praticamente irreversível e, como pode ser demonstrado, traz sérias e indesejáveis consequências para os ecossistemas aquáticos e o meio ambiente em que estão inseridos. Para Salas e Martino (1991), conhecer e analisar a evolução do processo é importante para planejar as ações de controle a serem adotadas. Nesse sentido, torna-se necessário realizar procedimentos de manejo hídrico no sentido de reduzir ou eliminar as fontes poluidoras, adotando-se medidas corretivas, preventivas e mitigadoras em toda a bacia de drenagem.

Segundo a CETESB (2010), para o controle da eutrofização, deve-se investir preferencialmente na minimização do aporte de fósforo nos sistemas. A redução do nitrogênio é comprometida pela multiplicidade de fontes deste nutriente, algumas muito difíceis de serem controladas, como a fixação atmosférica por parte de alguns gêneros de algas.

A contenção dos processos de eutrofização dos corpos d'água é uma importante tarefa político-social, que precisa ser realizada com efetividade pelas autoridades responsáveis, a fim de evitar o envelhecimento precoce e consequente morte dos sistemas lacustres.

#### 3.4 IMPORTÂNCIA DA FAIXA DE SEGURANÇA SANITÁRIA NA PROTEÇÃO DOS MANANCIAIS

Existem duas zonas dentro de uma bacia hidrográfica que possuem particular importância e precisam ser protegidas para garantir a manutenção da quantidade e qualidade da água: as áreas de recarga hídrica e as zonas ripárias, situadas às margens dos cursos d'água. As primeiras são responsáveis pela recepção de água que precipita e penetra no solo, chegando aos cursos d'água e abastecendo os aquíferos. Nas zonas ripárias, as matas ciliares se desenvolvem e possuem importantes funções, dentre elas, atuar como barreira física, regulando os processos de troca entre o ambiente terrestre e o aquático (MARQUES; SOUZA, 2005).

Muitas dessas regiões têm sido modificadas pelas atividades realizadas referentes ao uso e ocupação do solo, deixando de exercer a função de proteção e manutenção dos recursos hídricos. Como a água é resultado da drenagem da bacia hidrográfica correspondente, é importante conhecer os tipos de poluição ou contaminação que chegam aos mananciais, para definir as medidas a serem adotadas a fim de preservá-los.

Podem-se destacar dois tipos principais de fontes poluidoras dos recursos hídricos: pontuais e não pontuais ou difusas. Nas fontes pontuais, a carga poluidora atinge o corpo hídrico em um ponto específico, como por exemplo, tubulações de descarga de efluentes, galerias de águas pluviais, dentre outras. Já nas fontes difusas, os poluentes alcançam os corpos d'água de maneira dispersa ao longo de sua extensão. Essas formas de poluição citadas podem atuar isoladamente ou em conjunto, provocando alterações adversas no ecossistema aquático, podendo trazer graves consequências para a saúde humana (BRASIL, 2009).

A proteção dos mananciais contra as interferências diretas e lançamento de efluentes provenientes de fontes pontuais é feita através de adoção de medidas, tais como seleção de atividades permissíveis, zoneamento da área, construção de interceptores e fiscalização. Porém, os efeitos produzidos pelas fontes difusas referentes ao escoamento das águas superficiais e à infiltração são mais difíceis de serem controlados, mas podem ser minimizados pelo estabelecimento de uma **faixa de segurança sanitária** com cobertura vegetal adequada em torno do reservatório.

Como o manancial em estudo está mais sujeito à poluição difusa, a ênfase dessa discussão será dada às fontes desta natureza. O escoamento superficial das águas de chuva ou de irrigação transporta, além de materiais orgânicos e inorgânicos em solução, finas partículas em suspensão, provocando erosões. Há dois tipos principais de erosão: erosão laminar, causada pela água que escoar sobre toda a superfície do terreno e erosão em canais, em que a água segue caminhos preferenciais, escavando o terreno nas regiões de maior velocidade, dando origem a grandes enxurradas. Essa última produz efeitos mais drásticos às águas receptoras, por conduzir maior quantidade de detritos (BRANCO; ROCHA, 1977).

A intensidade do fenômeno de transporte de material para o manancial (efeito das enxurradas) depende de alguns fatores, como:

- Quantidade e intensidade de chuvas: o agravamento do fenômeno da erosão ocorre nos períodos chuvosos e como consequência, as interferências e os efeitos que o material arrastado provoca na qualidade das águas receptoras são potencializados. Por isso, muitas

alterações da qualidade das águas brutas podem ter um caráter cíclico ou sazonal, como por exemplo, turbidez, cor e concentração de poluentes.

- Estrutura e composição geológica do terreno: a maior facilidade com que as partículas do solo são transportadas pelas águas pluviais depende do grau de desagregação das rochas constituintes do terreno. Assim, rochas vulcânicas como granitos e basaltos são menos susceptíveis ao efeito direto do impacto da água de chuva, se comparados a solos desagregados (BRANCO; ROCHA, 1977).

- Declividade: quanto maior a declividade de uma determinada área, maior será a influência dos processos erosivos, sendo maior a quantidade de água que escoar pela superfície (SOUZA *et al.*, 2005).

- Cobertura vegetal: é um dos fatores mais importantes relacionados ao transporte de material pelas chuvas. São várias as razões para proteção do solo pela vegetação. Em particular, as plantas rasteiras e gramíneas constituem barreira física, reduzindo a velocidade de escoamento da água, por possuírem denso sistema radicular. Outras razões importantes são: a presença de raízes aumenta a porosidade do solo, facilitando a infiltração; a cobertura de folhas amortece o impacto da chuva; a matéria orgânica coloidal originada da decomposição dos vegetais constitui um material de grande poder aglutinante e confere ao solo uma textura granular, aumentando sua porosidade e capacidade de absorção. Dessa forma, reduz a água de drenagem, que, de outra forma, atingiria o manancial (pela infiltração ou pelo rolamento), contribuindo para a secagem mais rápida do terreno (BRANCO; ROCHA, 1977).

Marques e Souza (2005) dão um enfoque especial à importância das matas ciliares na manutenção das bacias e qualidade das águas. Dentre os inúmeros benefícios, destaca-se a sua capacidade de funcionar como um “filtro”, onde ficam retidos grande quantidade de sedimentos, produtos tóxicos e nutrientes que escoam para os cursos d’água. Segundo Davide *et al.* (2000 *apud* MARQUES E SOUZA, 2005), essas matas conseguem reter cerca de 80% do fósforo e 89% do nitrogênio provenientes do escoamento superficial das áreas adjacentes. Permitem também a estabilidade das margens, pois as raízes formam uma malha que dá resistência às encostas. A água do escoamento superficial é retida pela serrapilheira (formada pelo acúmulo de material vegetal depositado no solo) que exerce a função de esponja, auxiliando a infiltração da água e sua retenção no solo, reduzindo as enxurradas. Tucci (2001) acrescenta que o tipo de vegetação caracteriza a quantidade de gotas de chuva que cada folha pode reter e a densidade da mesma indica o volume retido numa superfície de bacia.



Geralmente as folhas interceptam a maior parte da precipitação, mas a disposição dos troncos contribui significativamente para minimizar os impactos das águas pluviais.

Além da importância da vegetação presente no solo do entorno dos reservatórios, Von Sperling (1999) ressalta a importância da vegetação presente em suas regiões litorâneas, na absorção de impactos poluidores e resistência ao estabelecimento da eutrofização. A proteção é favorecida pelo aumento da capacidade de assimilação de poluentes oferecida por essas plantas aquáticas.

- Tamanho da área de drenagem da bacia hidrográfica: nem todo o material deslocado ou erodido pelas águas de chuva ou de irrigação chega até o manancial. Grande parte é retida ou precipitada em regiões de menor velocidade provocadas por presença de vegetação, depressões, terraços, etc. Quanto maior for a área de drenagem da bacia, menor será a quantidade de material transportado em relação ao que foi deslocado pelas águas. Áreas de drenagem menores que 25 km<sup>2</sup> produzem em média sete vezes mais sedimentos por unidade de área do que os terrenos maiores que 25 km<sup>2</sup> (BRANCO; ROCHA, 1977). No caso da represa Dr. João Penido, a área da bacia de drenagem é de 68 km<sup>2</sup>, fato que deveria contribuir para menor produção de sedimentos no reservatório.

Além dos fatores descritos acima referentes ao transporte de material para os mananciais, deve-se observar que as águas de infiltração também contribuem de forma relevante para a contaminação dos mesmos. Os solos apresentam uma autodepuração semelhante ao que ocorre nos cursos d'água, ocorrendo um efeito de diluição dos materiais introduzidos por infiltração através do lançamento direto ou indireto de águas residuárias e esgotos domésticos nos terrenos.

Branco e Rocha (1977) afirmam que o transporte subterrâneo depende principalmente dos seguintes fatores, que são apresentados sucintamente, a seguir:

- Capacidade de retenção do solo e permeabilidade do terreno: a capacidade de retenção do solo mantém uma relação inversa com a permeabilidade. A velocidade desenvolvida pela água que infiltra através das areias e arenitos chega a ser da ordem de 1 a 10 metros por dia, enquanto que, geralmente, no interior de camadas argilosas ela é bem menor. Assim, os terrenos argilosos podem ser fator de proteção contra esse tipo de contaminação por serem resistentes à percolação.

- Profundidade do lençol freático: a importância da profundidade do lençol freático relaciona-se com o fato de que as águas residuárias lançadas à superfície do solo ou a uma fossa podem sofrer depuração por meio de retenção ou oxidação antes de atingir o lençol, o qual depende da espessura da camada de aeração do solo. Nos períodos chuvosos, as próprias

precipitações podem elevar o nível freático, fazendo com que o mesmo se aproxime das regiões superficiais, ficando em contato direto com as fossas ou camadas contaminadas do solo.

- Distância entre o foco da contaminação e a água sujeita a ser contaminada: quanto maior a distância entre a represa e o ponto de infiltração, maior é diluição dos poluentes e o tempo de depuração, sendo maiores as oportunidades de retenção de micro-organismos e materiais por adsorção, filtração e oxidação. Mesmo em terrenos arenosos, as possibilidades de contaminação bacteriana estariam restritas aos casos em que a distância entre a água e o foco de contaminação fosse inferior a 30 metros.

- Diferença de nível entre a represa e o ponto de infiltração: a possibilidade de contaminação da água de um reservatório por águas de infiltração aumenta quando existe um desnível favorável ao escoamento.

Diante das considerações feitas sobre poluição difusa (escoamento superficial e infiltração), pode-se esperar que uma faixa de segurança sanitária tenha como objetivos principais reter micro-organismos e substâncias transportadas por infiltração, bem como reduzir, na medida do possível, o transporte por rolamento de materiais em suspensão.

Isso posto, fica evidente que, embora a faixa de segurança sanitária não constitua barreira intransponível ao transporte de poluentes, proporciona oportunidade de retenção e autodepuração. Atenua o impacto de substâncias estranhas à água, constituindo uma verdadeira zona de transição entre os ambientes aquático e terrestre. Constitui uma área em que o Poder Público pode utilizar na construção ou fixação de dispositivos ou sistemas retentores de poluentes específicos, bem como na adoção de medidas mitigadoras e conservacionistas, visando evitar a erosão e o assoreamento dos corpos d'água. O controle pode ser feito através de aplicação de técnicas que reduzam a velocidade da água, tais como manutenção de cobertura vegetal adequada e construção de terraços ou sulcamentos. Além disso, criar e implantar efetivamente leis que regulem o zoneamento do uso e ocupação do solo e as atividades a serem desenvolvidas por trás das faixas de segurança também é fundamental.

No caso da represa Dr. João Penido, essa faixa de segurança sanitária, considerada como APP, é definida no artigo 3º da Lei Municipal nº 6087/1981 (JUIZ DE FORA, 1981), conforme transcrito no item 1.2. A citada Lei também preconiza em seu artigo 9º, o seguinte:

Art. 9º - É vedado qualquer tipo de ocupação nas áreas consideradas de preservação nos termos do disposto no art. 3º desta Lei.

Parágrafo único – O disposto neste artigo **não se aplica** aos serviços, obras e edificações destinadas a:

- a- Proteção de mananciais;
- b- Controle de recuperação de erosões;
- c- Estabilização de encostas;
- d- Irrigação;
- e- Manutenção da saúde pública

No entanto, essas medidas corretivas e mitigadoras de impactos poluidores não vêm sendo realizadas pelos órgãos competentes na represa. Para agravar a situação, a fiscalização é ineficiente na região e as construções às margens da represa avançam a cada dia, conforme já relatado. Essa norma legal não vem sendo respeitada, assim como as demais que visam proteger os mananciais.

### 3.5 MACRÓFITAS AQUÁTICAS

Segundo Moss (2001), o termo “macrófita” significa plantas grandes e tornou-se popular entre os cientistas que trabalham com disciplinas ligadas às águas.

Nos ambientes aquáticos tropicais, a intensidade da radiação solar e as altas temperaturas favorecem o crescimento dessas plantas aquáticas e segundo Thomaz e Bini (2003 *apud* BARBOSA *et al.*, 2009), áreas alagáveis, represas e lagoas costeiras são os ecossistemas onde há maior expressividade do grupo.

Esteves (1998) afirma que dentre os diversos efeitos negativos provocados pelo represamento de cursos d'água, destaca-se o aumento explosivo das comunidades de macrófitas aquáticas. Essa alteração ambiental é provocada pela redução da turbulência da água e incremento da concentração de nutrientes. As condições climáticas favoráveis e ausência de espécies competidoras e predadoras contribuem para as altas taxas de crescimento desses vegetais, que se transformam em verdadeiras “pragas” em algumas represas.

Esses vegetais são heterogêneos, não só em relação aos grupos taxonômicos, mas também às diversas adaptações que permitem a colonização de ambientes aquáticos. Suportam desde submergências ocasionais até o hábito exclusivamente aquático, pois suas partes vegetativas exibem grandes modificações estruturais, se comparadas às plantas terrestres (Sculthorpe, 1967; Pompêo; Moschini-Carlos, 2003 *apud* BARBOSA *et al.*, 2009).

Existem diversas classificações complexas para esses vegetais, porém, de acordo com Moss (2001), uma classificação simplificada é apresentada a seguir:

Macrófitas emergentes: firmemente enraizadas em solo submerso, apresentando suas bases sob as águas e seu caule, flores e folhas acima da superfície. São típicas de águas rasas (2 a 3 metros) e são mais tolerantes às secas, ocasiões em que o nível das águas atinge o nível do solo. Obtém a maior parte de seus nutrientes dos sedimentos, que são ricos em fósforo.

Macrófitas flutuantes com folhas: possuem raízes, mas suas flores e folhas boiam na superfície da água. Também são típicas de águas rasas (2 a 3 metros). Assim como as emergentes, obtém a maior parte de seus nutrientes dos sedimentos.

Macrófitas totalmente submersas: normalmente possuem raízes e quando isso ocorre, o sistema não é muito grande. As suas folhas são muito finas e bastante subdivididas, sendo bem diferentes das emergentes e das flutuantes. Isso favorece as baixas taxas de difusão de nutrientes e de dióxido de carbono no meio (Madsen; Sand-Jensen, 1991 *apud* MOSS, 2001). A pouca espessura das folhas contribui para aumentar a disponibilidade de energia luminosa para as mesmas. O meio ambiente submerso é sombrio devido às substâncias nele dissolvidas ou suspensas, e também à grande capacidade de absorção das águas.

Macrófitas flutuantes: ficam confinadas em locais abrigados e formam grandes tapetes embaraçados, ligados por estolões, que absorvem todos os nutrientes das águas e não dos sedimentos. Devido ao seu tamanho, competem por nutrientes com o fitoplâncton. Os tapetes formados prejudicam o desenvolvimento do plâncton pela sombra que formam e pela estagnação da coluna d'água. A água que está sob densas camadas de espécies flutuantes torna-se anaeróbia devido à decomposição desses vegetais, principalmente em regiões de clima quente.

O padrão habitual é que uma zona de plantas emergentes ocupe a região entre a terra seca e as águas rasas e, os outros tipos de plantas ocupem progressivamente a região entre as plantas emergentes e as águas profundas, onde predominam as espécies submersas (MOSS, 2001).

Quando a eutrofização aumenta nos locais onde se desenvolvem plantas submersas e flutuantes, ela pode causar problemas para a navegação ou para a pesca, devido à deriva das ilhas de macrófitas existentes. As redes de pesca podem ficar colmatadas com ervas daninhas e com as grandes massas flutuantes. Durante à noite, abaixo dessa camada, pode ocorrer aguda falta de oxigênio devido à decomposição de parte desses vegetais (MOSS, 2001).

As plantas associadas aos ambientes aquáticos desempenham importante papel no metabolismo e na estrutura dos ecossistemas, retendo materiais particulados, nutrientes e sedimentos. Schäffer *et al.* (1993 *apud* MOSS, 2001) afirmam que elas contribuem também

para fixar sedimentos, impedindo seu revolvimento por ação eólica e o consequente aumento na turbidez das águas do reservatório.

As macrófitas aquáticas contribuem ainda para o aumento da heterogeneidade estrutural dos habitats. Constituem importante mantenedora da biodiversidade presente nos ecossistemas aquáticos, pois proporcionam refúgio, abrigo e recursos para grande variedade de animais (Agostinho *et al.*, 2003; Barrat-Segretain, 1996 *apud* BARBOSA *et al.*, 2009). Moss (2001) acrescenta que esses vegetais permitem grande diversidade dos ambientes além de fornecer condições físicas para nichos, tocaias para predadores e locais para desova ou deposição de ovos fertilizados.

Muitas vezes, as macrófitas tornam-se um problema, sendo necessário a adoção de medidas a fim de impedir ou conter os processos de proliferação das mesmas. Moss (2001) recomenda grande atenção antes da implementação de medidas gerenciais para controle dessas infestações, pois às vezes, elas podem adiar ou induzir a novos e posteriores problemas. As decisões referentes ao manejo e gerenciamento dessas plantas aquáticas devem ser fruto de uma cuidadosa análise sobre a real existência do problema, de suas potenciais causas e quais seriam as consequências negativas das ações corretivas sobre o restante do ecossistema.

Prevenir o problema por meio da utilização racional da área de mananciais, minimizando a entrada de nutrientes, bem como conservando os sistemas naturais existentes, incluindo as áreas de várzea e dos vales formadores dos rios que afluem no sistema, é a melhor solução. Devem ser utilizados métodos bem direcionados, buscando remediar as causas e, tratar os sintomas, somente se a primeira alternativa for impossível. Muitas vezes é necessário adotar procedimentos e técnicas de engenharia biológica, visando restaurar os mecanismos capazes de estabilizar um sistema governado por plantas aquáticas, o que pode ser bastante difícil (MOSS, 2001).

### 3.6 ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO (IET)

O estudo e classificação dos corpos hídricos em relação ao seu grau de eutrofização, “teve início com Naumann (1919, 1929) e Thienemann (1925,1931) (*apud* Schäfer, 1985)” (LAMPARELLI, 2004, p. 7). Nesta abordagem, os termos oligotrófico, mesotrófico e eutrófico eram utilizados para classificar o estado trófico dos reservatórios. Um ambiente oligotrófico apresentaria baixa concentração de nutrientes e baixa produtividade, ao contrário de um ambiente eutrófico.

Conforme as ideias de Train (2005), a caracterização trófica dos reservatórios se faz problemática, em decorrência da grande heterogeneidade temporal e espacial que esses ecossistemas apresentam. Lamparelli (2004) acrescenta que as características dos corpos d'água são as mais distintas possíveis e a bibliografia disponível sobre o assunto muitas vezes reflete condições de regiões muito diferentes das estudadas. Cabe ressaltar que grande parte dos trabalhos publicados sobre determinação do grau de trofia dos corpos d'água, refere-se a ambientes de clima temperado, onde o metabolismo dos ecossistemas aquáticos difere muito dos tropicais.

Esteves (1988) afirma que a limnologia<sup>11</sup> tem se preocupado em identificar organismos e variáveis ambientais que possam caracterizar ecossistemas aquáticos quanto ao seu estado trófico. Apesar de intensas pesquisas, nenhum organismo ou variável ambiental foi encontrada que fosse exclusiva para um determinado tipo de ecossistema aquático (oligotrófico, mesotrófico ou eutrófico).

Tundisi (2003) cita que os Índices de Estado Trófico (IET) foram desenvolvidos para facilitar a classificação de corpos d'água e proporcionar aos gestores dos recursos hídricos, informações quantitativas que pudessem ser comparadas ao longo do tempo ou caracterizar a tipologia de estados tróficos para diversos ecossistemas. Dentre outros, o Índice de Carlson (CARLSON, 1977) tem sido usado frequentemente, mas o Índice de Salas e Martino (SALAS; MARTINO, 1991) é mais comumente aplicado para ambientes tropicais.

O IET tem por finalidade classificar os corpos d'água em diferentes graus de trofia, ou seja, avaliar a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo das algas ou macrófitas aquáticas no corpo d'água (LAMPARELLI, 2004; CETESB, 2009).

Na metodologia proposta por Lamparelli (2004) para a determinação do IET, foram sugeridas equações que consideram as variáveis fósforo total (PT), clorofila *a* (CL) e transparência (S), levando-se em conta a relação existente entre elas. Este método vem sendo utilizado pela CETESB, em sua rede de monitoramento de qualidade da água dos rios e reservatórios do Estado de São Paulo. Porém, nesta abordagem, a CETESB adotou como procedimento a utilização apenas dos parâmetros fósforo total e clorofila *a* na determinação do IET. Os valores de transparência muitas vezes não são representativos do estado de trofia do ambiente, pois podem ser afetados pela turbidez decorrente das partículas minerais em suspensão e não, pela densidade de organismos planctônicos. Além disso, muitas vezes não

---

<sup>11</sup> Limnologia: refere-se ao estudo de lagos e reservatórios (TUCCI, 2001).

havia disponível dados dessa variável na rede de monitoramento do Estado de São Paulo. Desta forma, a CETESB não considera, no cálculo do IET, o índice de transparência em reservatórios e rios (CETESB, 2009).

Os resultados correspondentes ao fósforo total (IET (PT)), representam uma medida do potencial de eutrofização, uma vez que este nutriente é o principal causador do processo. A avaliação referente à clorofila *a* (IET (CL)) deve ser entendida como uma medida da resposta do corpo hídrico ao agente causador. Assim, o índice médio engloba de forma satisfatória a causa e o efeito do processo (CETESB, 2009).

Dessa forma, as equações para os cálculos do IET são:

**Ambientes lóticos (rios):**

$$\text{IET (CL)} = 10 \times ( 6 - (( - 0,7 - 0,6 \times ( \ln \text{CL} )) / \ln 2)) - 20$$

$$\text{IET (PT)} = 10 \times ( 6 - ((0,42 - 0,36 \times ( \ln \text{PT} )) / \ln 2 )) - 20$$

**Ambientes lênticos (reservatórios):**

$$\text{IET (CL)} = 10 \times ( 6 - (( 0,92 - 0,34 \times ( \ln \text{CL} )) / \ln 2))$$

$$\text{IET (PT)} = 10 \times ( 6 - ( 1,77 - 0,42 \times ( \ln \text{PT} ) / \ln 2 ))$$

Onde:

PT : concentração de fósforo total em µg/L (medida à superfície da água) ;

CL: concentração de clorofila *a* em µg/L (medida à superfície da água) ;

ln: logaritmo natural

O resultado do IET, apresentado nas tabelas 1 e 2, será a média aritmética simples dos índices relativos ao fósforo total e a clorofila *a*, conforme a equação:

$$\text{IET} = [ \text{IET (PT)} + \text{IET (CL)} ] / 2$$

Os limites estabelecidos para a classificação do grau de trofia para rios e reservatórios estão descritos nas tabelas 1 e 2.

**Tabela 1 – Classificação do Estado Trófico para rios, de acordo com Lamparelli (2004)**

<b>Categoria do Estado trófico</b>	<b>Ponderação (IET final)</b>	<b>PT (<math>\mu\text{g/L}</math>)</b>	<b>CL <math>\mu\text{g/L}</math></b>
Ultraoligotrófico	$\text{IET} \leq 47$	$\text{PT} \leq 13$	$\text{CL} \leq 0,74$
Oligotrófico	$47 < \text{IET} \leq 52$	$13 < \text{PT} \leq 35$	$0,74 < \text{CL} \leq 1,31$
Mesotrófico	$52 < \text{IET} \leq 59$	$35 < \text{PT} \leq 137$	$1,31 < \text{CL} \leq 2,96$
Eutrófico	$59 < \text{IET} \leq 63$	$137 < \text{PT} \leq 296$	$2,96 < \text{CL} \leq 4,70$
Supereutrófico	$63 < \text{IET} \leq 67$	$296 < \text{PT} \leq 640$	$4,70 < \text{CL} \leq 4,76$
Hipereutrófico	$\text{IET} > 67$	$\text{PT} > 640$	$\text{CL} > 7,46$

Fonte: CETESB (2009); LAMPARELLI (2004).

**Tabela 2 – Classificação do Estado Trófico para reservatórios, de acordo com Lamparelli (2004)**

<b>Categoria do Estado trófico</b>	<b>Ponderação (IET final)</b>	<b>PT (<math>\mu\text{g/L}</math>)</b>	<b>CL <math>\mu\text{g/L}</math></b>
Ultraoligotrófico	$\text{IET} \leq 47$	$\text{PT} \leq 8$	$\text{CL} \leq 1,17$
Oligotrófico	$47 < \text{IET} \leq 52$	$8 < \text{PT} \leq 19$	$1,17 < \text{CL} \leq 3,24$
Mesotrófico	$52 < \text{IET} \leq 59$	$19 < \text{PT} \leq 52$	$3,24 < \text{CL} \leq 11,03$
Eutrófico	$59 < \text{IET} \leq 63$	$52 < \text{PT} \leq 120$	$11,03 < \text{CL} \leq 30,55$
Supereutrófico	$63 < \text{IET} \leq 67$	$120 < \text{PT} \leq 233$	$30,55 < \text{CL} \leq 69,05$
Hipereutrófico	$\text{IET} > 67$	$\text{PT} > 233$	$\text{CL} > 69,05$

Fonte: CETESB (2009); LAMPARELLI (2004).

A classificação do IET está apresentada na tabela 3.



**Tabela 3 – Classificação do IET**

<b>Categoria do Estado Trófico</b>	<b>Ponderação/ Classes IET</b>
Ultraoligotrófico	0,5
Oligotrófico	1
Mesotrófico	2
Eutrófico	3
Supereutrófico	4
Hipereutrófico	5

**Fonte:** CETESB (2009); LAMPARELLI (2004).

### 3.7 ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA (IQA)

Para a avaliação da qualidade da água, tem sido crescente a aplicação do método do Índice da Qualidade da Água (IQA). Apresenta a vantagem de fácil entendimento para um público leigo, mas interessado em conhecer o nível de poluição de mananciais utilizados nas comunidades. Apresenta-se como um número graduado de 0 a 100, representativo da qualidade da água amostrada e obtido a partir dos parâmetros considerados mais significativos (BENETTI; BIDONE, 2001).

Em Minas Gerais, desde 1997, o Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) está desenvolvendo o Projeto “Águas de Minas”, em parceria com a Fundação Estadual de Meio Ambiente (FEAM). Neste trabalho, o monitoramento da qualidade das águas superficiais é realizado em 244 estações de amostragem distribuídas em oito bacias hidrográficas, abrangendo cerca de 98% da área total do estado de Minas Gerais. Para facilitar os cálculos do IQA, criou-se um sistema de gerenciamento de banco de dados relacional através do *Oracle 9i Standard Edition*, denominado Sistema de Cálculo da Qualidade da Água (SCQA) (MINAS GERAIS, 2005). As informações prestadas a seguir sobre o IQA foram obtidas através do IGAM e do Ministério de Meio Ambiente (MMA)/ Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD) (IGAM, 2010a; MINAS GERAIS, 2005).

Para a caracterização da qualidade das águas, foi definido pela *National Sanitation Foudantion*, nos Estados Unidos, um conjunto de nove parâmetros considerados mais representativos: oxigênio dissolvido, coliformes termotolerantes, pH, demanda bioquímica de oxigênio, nitrato, fosfato total, variação de temperatura da água, turbidez e sólidos totais. Para

cada parâmetro foi atribuído um peso de acordo com a sua importância relativa no cálculo do IQA, conforme apresentado na tabela 4 abaixo:

**Tabela 4 – Pesos referentes a cada parâmetro analisado**

<b>Parâmetro</b>	<b>Peso - w<sub>i</sub></b>
Oxigênio dissolvido – OD (%OD)	0,17
Coliformes termotolerantes (NMP/100mL)	0,15
pH	0,12
Demanda bioquímica de oxigênio – DBO (mg/L)	0,10
Nitrato (mg/L NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	0,10
Fosfato total (mg/L PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	0,10
Variação na temperatura (°C)	0,10
Turbidez (UNT)	0,08
Sólidos Totais (mg/L)	0,08

**Fonte:** IGAM (2010a); MINAS GERAIS (2005).

O IQA é calculado através da seguinte equação:

$$IQA = \prod_{i=1}^9 q_i^{w_i}$$

Onde:

IQA = Índice de Qualidade de Água, variando de 0 a 100;

q<sub>i</sub> = qualidade do parâmetro i obtido através da curva média específica de qualidade;

w<sub>i</sub> = 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 5, a seguir:

**Tabela 5 - Nível de qualidade da água e respectivas faixas**

<b>Nível de Qualidade</b>	<b>Faixa</b>
<b>Excelente</b>	<b>90 &lt; IQA ≤ 100</b>
<b>Bom</b>	<b>70 &lt; IQA ≤ 90</b>
<b>Médio</b>	<b>50 &lt; IQA ≤ 70</b>
<b>Ruim</b>	<b>25 &lt; IQA ≤ 50</b>
<b>Muito ruim</b>	<b>0 ≤ IQA ≤ 25</b>

**Fonte:** IGAM (2010a); MINAS GERAIS (2005).

As equações utilizadas para o cálculo do índice de qualidade para cada parâmetro ( $q_s$ ), que são utilizadas no programa de cálculo do IQA (SCQA) estão apresentadas abaixo:

a) Oxigênio dissolvido (% OD)

Para a determinação do índice para oxigênio dissolvido, primeiramente determina-se a concentração de saturação de oxigênio:

$$C_s = \left( 14,2 \times e^{-0,0212 \times T} - \left( 0,0016 \times C_{Cl} \times e^{-0,0264 \times T} \right) \right) \times (0,994 - (0,0001042 \times H))$$

onde:

$C_s$  – concentração de saturação de oxigênio (mg/L)

$T$  – temperatura (°C)

$C_{Cl}$  – Concentração de cloreto (mg/L)

$H$  – Altitude (m)

Depois, calcula-se a porcentagem de oxigênio dissolvido, pela fórmula:

$$OD\% = \left( \frac{OD}{C_s} \right) \times 100$$

onde:

OD% – porcentagem de oxigênio dissolvido

OD – oxigênio dissolvido (mg/L)

$C_s$  – concentração de saturação de oxigênio dissolvido (mg/L)

As equações para o cálculo do  $q_s$  para o parâmetro oxigênio dissolvido são:

- Para OD% saturação  $\leq 100$  %  $\longrightarrow$

$$q_s = 100 \times (\text{sen}(y_1))^2 - [(2,5 \times \text{sen}(y_2) - 0,018 \times OD\% + 6,86) \times \text{sen}(y_3)] + \frac{12}{e^{y_4} + e^{y_5}}$$

e:

$$y_1 = 0,01396 \times OD\% + 0,0873$$

$$y_4 = \frac{(OD\% - 65)}{10}$$

$$y_2 = \frac{\pi}{56} \times (OD\% - 27)$$

$$y_5 = \frac{(65 - OD\%)}{10}$$

$$y_3 = \frac{\pi}{85} \times (OD\% - 15)$$

- Para  $100 < OD\%$  saturação  $\leq 140$   $\longrightarrow$

$$q_s = -0,00777142857142832 \times (OD\%)^2 + 1,27854285714278 \times OD\% + 49,8817148572$$

- Para OD% saturação > 140  $\longrightarrow q_s = 47,0$
- b) Coliformes termotolerantes (CT)
- As equações para o cálculo do  $q_s$  para o parâmetro coliformes termotolerantes são:
- Para  $CT \leq 10^5$  NMP/100mL  $\longrightarrow$ 

$$q_s = 98,24034 - 34,7145 \times (\log(CT)) + 2,614267 \times (\log(CT))^2 + 0,107821 \times (\log(CT))^3$$
  - Para  $CT > 10^5$  NMP/100mL  $\longrightarrow q_s = 3,0$
- c) Potencial hidrogeniônico (pH)
- As equações para o cálculo do  $q_s$  para o parâmetro pH são:
- Para  $pH \leq 2,0$   $\longrightarrow q_s = 2,0$
  - Para  $2,0 < pH \leq 6,9$   $\longrightarrow$ 

$$q_s = -37,1085 + 41,91277 \times pH - 15,7043 \times pH^2 + 2,417486 \times pH^3 - 0,091252 \times pH^4$$
  - Para  $6,9 < pH \leq 7,1$   $\longrightarrow$ 

$$q_s = -4,69365 - 21,4593 \times pH - 68,4561 \times pH^2 + 21,638886 \times pH^3 - 1,59165 \times pH^4$$
  - Para  $7,1 < pH \leq 12$   $\longrightarrow$ 

$$q_s = -7.698,19 + 3.262,031 \times pH - 499,494 \times pH^2 + 33,1551 \times pH^3 - 0,810613 \times pH^4$$
  - Para  $pH \geq 12,0$   $\longrightarrow q_s = 3,0$
- d) Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)
- As equações para o cálculo do  $q_s$  para o parâmetro DBO são:
- Para  $DBO \leq 30$  mg/L  $\longrightarrow$ 

$$q_s = 100,9571 - 10,7121 \times DBO + 0,49544 \times DBO^2 - 0,011167 \times DBO^3 + 0,0001 \times DBO^4$$
  - Para  $DBO > 30,0$  mg/L  $\longrightarrow q_s = 2,0$
- e) Nitrato ( $NO_3^-$ )
- As equações para o cálculo do  $q_s$  para o parâmetro  $NO_3^-$  são:
- Para  $NO_3^- \leq 10$  mg/L  $\longrightarrow q_s = -5,1 \times NO_3 + 100,17$
  - Para  $10 < NO_3^- \leq 60$  mg/L  $\longrightarrow q_s = -22,853 \times \ln(NO_3) + 101,18$

- Para  $60 < \text{NO}_3^- \leq 90 \text{ mg/L}$   $\longrightarrow q_s = 10.000.000.000 \times (\text{NO}_3^-)^{-5,1161}$
- Para  $\text{NO}_3^- > 90 \text{ mg/L}$   $\longrightarrow q_s = 1,0$

f) Fosfato total ( $\text{PO}_4^{-3}$ )

As equações para o cálculo do  $q_s$  para o parâmetro fosfato total ( $\text{PO}_4^{-3}$ ) são:

- Para  $\text{PO}_4^{-3} \leq 10 \text{ mg/L}$   $\longrightarrow q_s = 79,7 \times (\text{PO}_4 + 0,821)^{-1,15}$
- Para  $\text{PO}_4^{-3} > 10,0 \text{ mg/L}$   $\longrightarrow q_s = 5,0$

g) Turbidez (UNT)

As equações para o cálculo do  $q_s$  para o parâmetro turbidez (Tu) são:

- Para  $\text{Tu} \leq 100$   $\longrightarrow$

$$q_s = 90,37 \times e^{(-0,0169 \times \text{Tu})} - 1,5 \times \cos(0,0571 \times (\text{Tu} - 30)) + 10,22 \times e^{(-0,231 \times \text{Tu})} - 0,8$$

- Para  $\text{Tu} > 100$   $\longrightarrow q_s = 5,0$

h) Sólidos totais (ST)

As equações para o cálculo do  $q_s$  para o parâmetro sólidos totais (ST) são:

- Para  $\text{ST} \leq 500$   $\longrightarrow$

$$q_s = 133,17 \times e^{(-0,0027 \times \text{ST})} - 53,17 \times e^{(-0,0141 \times \text{ST})} + \left( (-6,2 \times e^{(-0,00462 \times \text{ST})}) \times \text{sen}(0,0146 \times \text{ST}) \right)$$

- Para  $\text{ST} > 500$   $\longrightarrow q_s = 30,0$

i) Variação de temperatura  $\longrightarrow q_s = 92$

O  $q_s$  utilizado para variação de temperatura neste estudo é constante igual a 92.

Caso seja verificada a ausência do parâmetro oxigênio dissolvido e / ou coliformes termotolerantes, o programa não calcula o IQA. Se for verificada a ausência dos demais parâmetros, o programa redefine os pesos correspondentes, de modo a ser obtido um resultado final compatível, ou seja, o peso é distribuído igualmente entre os parâmetros relativos aos dados obtidos (IGAM, 2010a; MINAS GERAIS, 2005). Utilizou-se neste trabalho o referido programa, gentilmente cedido pelo IGAM para o cálculo do IQA.

## **4 MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

Foram feitos alguns levantamentos sobre a área de estudo e obtidas várias informações ambientais sobre o município. Em seguida, foi feita uma breve descrição sobre o bairro no qual está inserido o manancial, bem como a área ocupada pela represa Dr. João Penido e, por último, os pontos de coleta, que serão caracterizados a seguir.

#### **4.1.1 Município de Juiz de Fora (MG)**

##### **4.1.1.1 Localização**

Juiz de Fora é o principal município da Zona da Mata e situa-se na região Sudeste do estado de Minas Gerais. Sua posição é determinada pelas coordenadas latitude 21°41'20" sul e longitude 43°20'40" oeste (MKM, 2002). Localiza-se na bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, conforme pode ser visto no mapa 2.



**Mapa 2:** Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul.  
**Fonte:** AGEVAP ( 2011).

#### 4.1.1.2 Características

##### Aspectos geomorfológicos

De acordo com a Prefeitura de Juiz de Fora, o município possui uma área total de 1.429,8 km<sup>2</sup>. A região caracteriza-se por ser montanhosa, com altitudes médias entre 700 e 900 metros (JUIZ DE FORA, 2004).

Existem principalmente seis tipos de relevo que ocorrem na área urbana: colinas, morrotes baixos, médios e altos, morros baixos, morros altos, planícies aluvionares, serras e escarpas. Os desmatamentos e movimentos de terra são os principais responsáveis pela reativação dos processos morfodinâmicos naturais. Além dos escorregamentos e deslizamentos agravados nos períodos de chuvas intensas, a forte erosão contribui para acelerar a instabilidade do relevo (JUIZ DE FORA, 2004).

##### Dados pedológicos:

Segundo a Prefeitura, dentre os principais tipos de solos encontrados na área do município podem ser citados os latossolos vermelho-amarelo, dos tipos álico e distrófico<sup>12</sup>. Esses solos possuem baixa fertilidade natural e caracterizam-se por serem profundos e bem drenados. Nas porções de várzea sujeitas a inundações, são encontrados solos aluviais e glei<sup>13</sup> pouco húmico (JUIZ DE FORA, 2004). Rocha (2006) acrescenta que existem também na região do município cambissolos e neossolos litólicos distróficos. Geotecnicamente, podem ser encontrados solos de alteração<sup>14</sup>, de composição areno-siltosa a argilo-arenosa, os quais se caracterizam por apresentar estruturas reliquias das rochas locais e elevada propensão à erodibilidade (JUIZ DE FORA, 2004).

---

<sup>12</sup> A maior parte desses solos encontrados na região são álicos, por conterem concentrações de alumínio superiores a 50%, podendo chegar a 95%. Os solos distróficos são caracterizados pela presença de saturação por bases inferior a 50% (JUIZ DE FORA, 2004).

<sup>13</sup> Solo aluvial é aquele onde o perfil não se apresenta perfeitamente desenvolvido, podendo sofrer grande influência da natureza geológica da rocha ou do tipo de topografia. É constituído de detritos ou sedimentos que foram arrancados de outras áreas mais altas e depositados em zonas mais baixas. Glei é um tipo de solo argiloso, rico em matéria orgânica, que se desenvolve em áreas alagadas por longos períodos (GUERRA; GUERRA, 2001).

<sup>14</sup> Solos de alteração são aqueles que apresentam elevada propensão à erodibilidade, não possuem compostos orgânicos e possuem baixa fertilidade (JUIZ DE FORA, 2004).

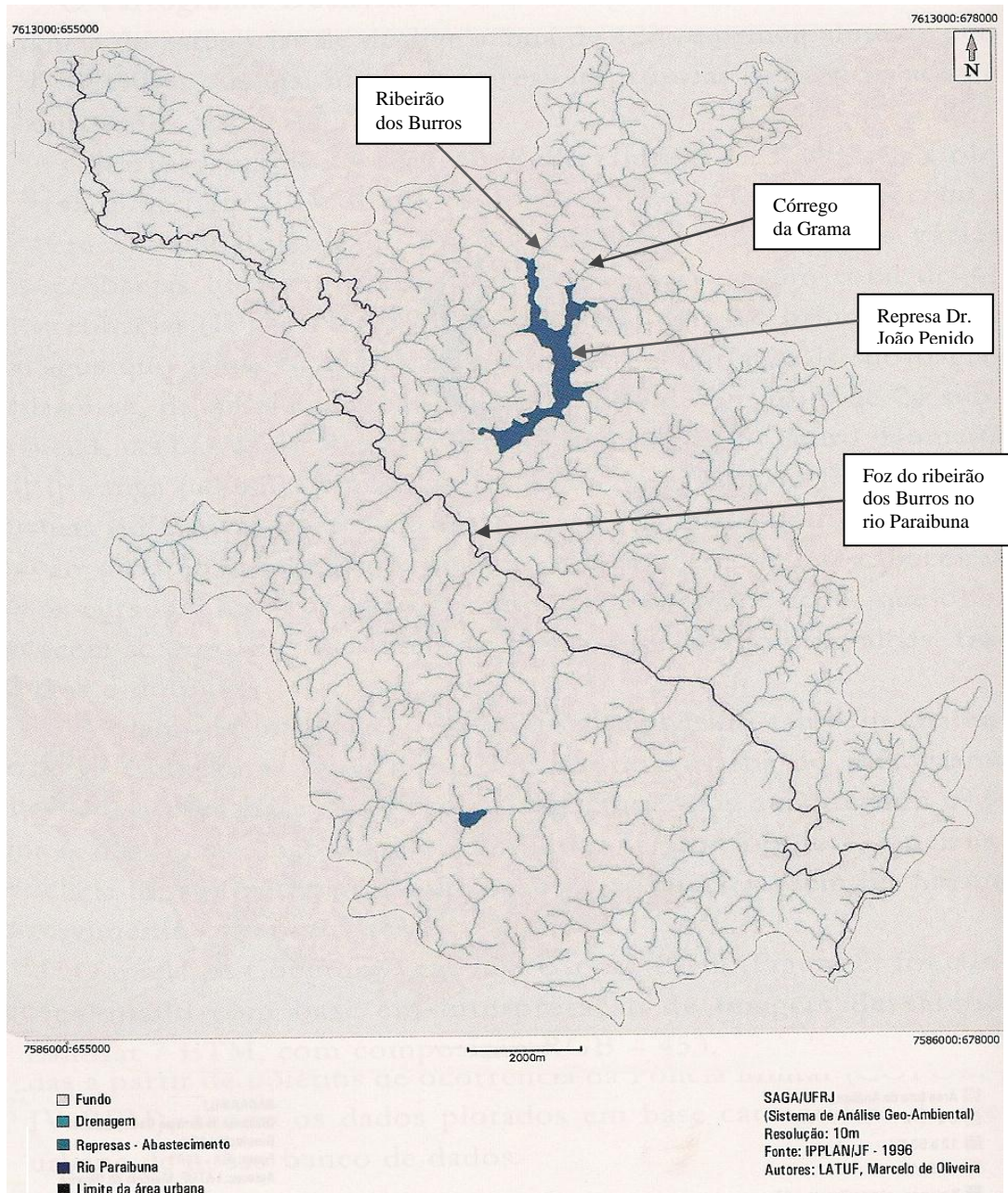


### Hidrografia:

O município está contido na bacia do Médio do Paraibuna, que pertence à bacia do rio Paraíba do Sul. O perímetro urbano é drenado por 156 sub-bacias de diversas dimensões e possui abundância de recursos hídricos (mapa 3). Porém, essa disponibilidade é relativa devido à enorme diferença de vazões dos cursos d'água entre os períodos chuvosos e de estiagem, bem como pela grande poluição de suas águas próximas às áreas urbanas (JUIZ DE FORA, 2004).

O padrão de drenagem da região é misto, possuindo arranjos dendríticos nas cabeceiras dos cursos d'água, que evoluem para organizações que obedecem ao controle tectônico da área, representado por falhas, fraturas e dobras (ROCHA, 2006).

Os principais rios são: Paraibuna e seus afluentes, Peixe e Cágado, todos integrantes da bacia do rio Paraíba do Sul (JUIZ DE FORA, 2009).



**Mapa 3:** Rede Hidrográfica da Área Urbana de Juiz de Fora.

**Fonte:** Modificado de Rocha (2006).

### Clima:

O clima do município apresenta duas estações bem definidas: uma, que vai de outubro a abril, com temperaturas mais elevadas e maiores índices pluviométricos, e outra de maio a setembro, que se caracteriza por ser mais fria e com menor presença de chuvas. O clima da região, de acordo com a classificação de W. Koeppen, é do tipo Cwa, ou seja, mesotérmico com verões quentes e úmidos. Este clima também pode ser classificado genericamente como tropical de altitude por corresponder a um tipo tropical influenciado pelos fatores altimétricos.

Os verões apresentam elevados índices de calor e umidade com a presença de chuvas do tipo convectivas, acompanhadas de elevadas e concentradas precipitações pluviométricas (JUIZ DE FORA, 2004). A temperatura média do mês mais quente é superior a 22° C. A precipitação média anual é de 1.646,6 mm, sendo dezembro o mês mais chuvoso, com média de 327,1 mm, e agosto, o mais seco, com média de 16,6 mm. O número médio de dias de chuvas no ano é de 138 dias. Dezembro é o mês com o maior número de dias de chuvas, com uma média de aproximadamente 21 dias<sup>15</sup>. A umidade relativa média anual é de 82% não havendo variação significativa ao longo do ano. O vento predominante é Norte, devido a circulação da massa de ar do anticiclone do Atlântico Sul (MKM, 2002).

#### Cobertura vegetal:

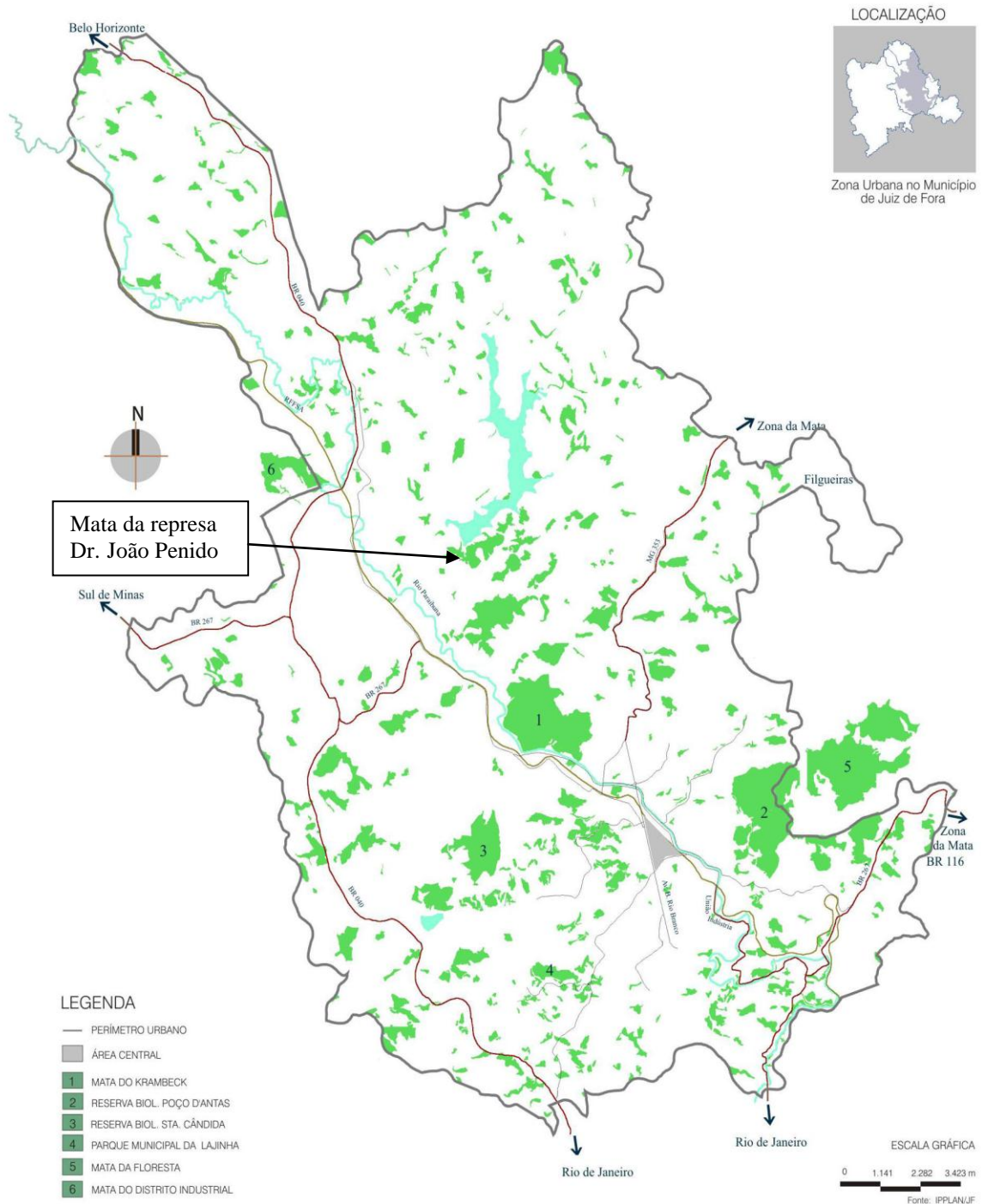
De acordo com Veloso e Goes (1982 *apud* JUIZ DE FORA, 2004), o município está enquadrado na região fitoecológica denominada Floresta Estacional Semidecidual, típica de climas com duas estações bem definidas. A floresta possui um percentual de espécies em torno de 20% e 50% que não permanecem verdes e perdem folhas durante o inverno (caducifólias). A mata original ocupava áreas mais férteis e coexistia com campos naturais.

Segundo informações da Prefeitura, no perímetro urbano a floresta foi completamente dizimada e não existem quaisquer vestígios de matas remanescentes. O desmatamento foi substituindo as florestas originais por pastagens e capoeiras, que hoje são o aspecto dominante. Da tradicional Zona da Mata Mineira, nome dado para a região por apresentar predomínio de revestimento natural de mata, sobraram apenas algumas manchas de florestas secundárias rejuvenecidas, presentes nas partes mais elevadas e acidentadas dos terrenos (JUIZ DE FORA, 2004).

A degradação provocada pelas atividades antrópicas, principalmente o desmatamento e a agricultura predatória, aliados às condições de dinâmica superficial intensa, fizeram com que os solos fossem progressivamente submetidos a uma extensa atividade erosiva laminar. Desta forma, os terrenos foram sofrendo exaustão, havendo formação de campos abandonados e ecossistemas em processos de degradação contínua (JUIZ DE FORA, 2004). A cobertura vegetal no município de Juiz de Fora pode ser visualizada através do mapa 4.

---

<sup>15</sup> Durante o período deste estudo, o número de dias de chuvas registrado pela estação climatológica da represa Dr. João Penido foi de 151 dias. Dezembro foi o mês com maior número de dias de chuva (23 dias), conforme demonstrado no Anexo 2.



**Mapa 4:** Cobertura Vegetal do Município de Juiz de Fora.

**Fonte:** Modificado de Juiz de Fora. Prefeitura. Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Econômico (SPDE) (1986).

### 4.1.2 Bairro Represa

O manancial em estudo localiza-se no bairro Represa (2-A), conforme mapa 5.



**Mapa 5:** Bairro Represa no Município de Juiz de Fora.  
**Fonte:** JUIZ DE FORA (1983).

#### Características do bairro Represa

A região corresponde a um grande vazão urbano, com baixíssimo índice de adensamento. Segundo base de dados do censo demográfico realizado em 2000, o bairro contava com uma população de 673 habitantes, área bruta de 7.294,73 ha e área líquida de 353,79 ha. Apresentava densidade bruta de 0,09 habitante/ha e densidade líquida de 1,90 habitante/ha (JUIZ DE FORA, 2009).

Apesar de estar em área urbana, o bairro Represa possui características rurais, sendo formado, em sua maioria por granjas, sítios e fazendas. A economia informal e de subsistência provém de atividades hortigranjeiras, criação de bovinos, suínos e outros animais. Existem vários loteamentos irregulares, como por exemplo, “Vila São Cristóvão” e “Aldeia”, ambos carentes de infraestrutura, com predomínio de população de baixa renda. Embora contenha a represa Dr. João Penido, não possui rede de água e as famílias desta região utilizam água de poços, inclusive artesianos. Não existe rede de esgotos, sendo utilizados métodos

rudimentares para destino final dos dejetos. Os acessos às moradias são precários contando apenas com 11,0 % de pavimentação asfáltica e pouca iluminação. Em muitos locais, não existe coleta de lixo pela Prefeitura, que por sua vez, é depositado nas ruas ou lançado nos córregos (dados de 1996) (JUIZ DE FORA, 2004). Em alguns pontos, o lixo é coletado uma vez por semana.

A grande e problemática questão ambiental desta região do município é a manutenção de uma adequada proteção da bacia hidrográfica da represa. O desmatamento atingiu praticamente todas as matas ciliares e de topos de morros, bem como as áreas de nascentes. A região apresenta pequenas porções de áreas florestadas em forma de bosques isolados, sendo que as áreas de mata correspondem a 10,7 % do bairro Represa (dados de 1996) (JUIZ DE FORA, 2004).

A “Mata da Represa Dr. João Penido” localiza-se próximo à ETA, a sudeste do reservatório, podendo ser visualizada através do mapa 4, demonstrado anteriormente. Foi definida no Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano como Área de Especial Interesse Ambiental (AEIA) e possui a função ambiental de equilíbrio ecológico e proteção da represa, sendo que sua dimensão é aproximadamente 62,1 ha (JUIZ DE FORA, 2004, 2009).

### **4.1.3 Área ocupada pela represa Dr. João Penido**

#### **4.1.3.1 Localização e características gerais**

A operação dos mananciais do município, bem como a gerência dos serviços de tratamento de água e coleta de esgotos, é de responsabilidade da CESAMA. Segundo informações desta empresa, a represa Dr. João Penido é um ecossistema artificial e localiza-se ao norte de Juiz de Fora, a 10 km de distância da malha urbana. Suas coordenadas geográficas são: latitude 21° 41’ 14” sul, longitude 43° 24’ 18” oeste. Sua altitude é aproximadamente 700 m em relação ao nível do mar (CESAMA, 2010).

A área da bacia de contribuição é de 68 km<sup>2</sup> e a vazão regularizada é de 750 L/s. O volume de água armazenada quando o reservatório foi construído era de aproximadamente 16.000.000 m<sup>3</sup>. Segundo informações da CESAMA, em 1985 o volume útil da represa era em torno de 14.094.000 m<sup>3</sup> (LEME, 1985). Para calcular o tempo de residência (TR) da represa<sup>16</sup>, basta dividir o valor do volume total de água armazenada em m<sup>3</sup> pela vazão regularizada em

---

<sup>16</sup> Se utilizarmos o valor do volume inicial de 16.000.000 m<sup>3</sup>, o TR aumentaria para 8 meses.

$\text{m}^3$  /segundo, ou seja,  $\text{TR} = 14.094.000 \text{ m}^3 / 0,750 \text{ m}^3/\text{s}$ . Assim, o TR da represa é aproximadamente 7,25 meses.

A barragem tem 80 metros de comprimento e 11,5 metros de altura. Seus principais tributários são: ribeirão dos Burros (principal formador da represa), córrego da Grama e o córrego Vista Alegre. As características morfométricas do reservatório estão demonstradas na tabela 6:

**Tabela 6 – Características morfométricas do reservatório**

<b>Característica</b>	<b>Dimensão</b>
Comprimento máximo	7,25 km
Largura máxima	1,7 km
Profundidade máxima	10,90 m
Profundidade média	6,53
Área de superfície	$3,72 \text{ km}^2 = 370 \text{ há}$
Perímetro	17,8 km

**Fonte:** CESAMA (2010).

Segundo Vollenweider e Kerekes (1980 *apud* VON SPERLING, 1999), considerando o estudo de lagos coordenado pela *Organization for Economic Cooperation and Development* (OECD) foi proposta uma classificação arbitrária sem nenhum referencial limnológico: ambientes com profundidades máximas acima da faixa 10-20 metros seriam classificados como profundos, abaixo dessa faixa, seriam rasos. Sendo assim, a represa Dr. João Penido pode ser considerada rasa.

As características de degradação ambiental do manancial e de sua bacia hidrográfica foram discutidas no item 1.2.

#### 4.1.3.2 Aspectos físicos e geológicos

Para caracterizar a área da represa quanto aos aspectos físicos, geológicos e geomorfológicos, foram utilizados os cartogramas contidos na obra de Rocha (2006), apresentados no Anexo 4. As características ambientais da região sobre a litologia, declividade, solos, vegetação, dentre outras, estão apresentadas brevemente, a seguir:

Juiz de Fora situa-se geomorfologicamente na Unidade Serrana da Zona da Mata Mineira e a área da bacia da represa localiza-se no Complexo Mantiqueira, ao norte do

município (ROCHA, 2006). O entorno do manancial é constituído por rochas do período arqueano, com formações do tipo Gnaiss Piedade, cujas litologias principais são migmatitos variados e gnaisses bandados, em quase toda sua extensão. Formações da era quaternária do tipo aluviões com predomínio de areias e argilas ocorrem em torno dos tributários. Próximo à barragem, nas porções sudeste e sudoeste, há presença de rochas do tipo anfibolitos e metabasitos (JUIZ DE FORA, 2004).

A área do manancial em estudo caracteriza-se por associação de pasto, culturas e campo gramíneo ao longo de seu entorno, ausência de mata ciliar e pouca área florestada na porção sudeste (Mata da Represa Dr. João Penido). Ao norte (região do Tabaporanga), centro-oeste e extremidade sudoeste da represa, existem áreas de médio/baixo padrão de habitação (Mapa de Vegetação e Uso da Terra, Anexo 4).

A porção norte da região urbana, na qual está inserido o manancial, é menos frágil geologicamente, apesar da pouca área de mata observada (Mapa de Fragilidade Geotécnica, Anexo 4). Daí, a grande necessidade de se implantar programas de reflorestamento para a bacia da represa. Souza *et al.* (2005) acrescentam que o tipo de cobertura vegetal dos terrenos exerce uma grande influência na determinação da fragilidade ambiental, pois contribui para fornecer proteção ao solo e reduzir processos erosivos.

Quase todo o perímetro referente ao entorno do manancial possui áreas de declividade que variam de 0 a 12% e, em algumas áreas, de 12 a 50% (Mapa de Declividade, Anexo 4). Segundo Souza *et al.* (2005), a determinação da declividade é de fundamental importância na determinação da fragilidade, pois ela nos fornece noções sobre o comportamento do relevo, além de ser um indicativo dos processos erosivos, riscos de deslizamento e inundação.

A região da represa é quase toda formada por áreas que variam de baixíssimo a médio risco de escorregamento, existindo apenas uma pequena porção de alto risco na extremidade sudoeste do manancial (Mapa de Riscos a Escorregamentos, Anexo 4).

Essas informações sobre pedologia, geologia, hidrografia, clima, cobertura vegetal, dentre outras, são importantes na análise ambiental e não devem ser consideradas isoladamente, mas sempre observando a interação entre as mesmas.

#### **4.1.4 Pontos de coleta**

Para a definição dos pontos de coleta de água foram considerados os critérios de localização, acessibilidade e representatividade na área de estudo. Foi utilizada Carta do IBGE escala 1: 50.000 – Juiz de Fora, folha SF-23-X-D-IV-1, datada de 1966 (IBGE, 1966) e



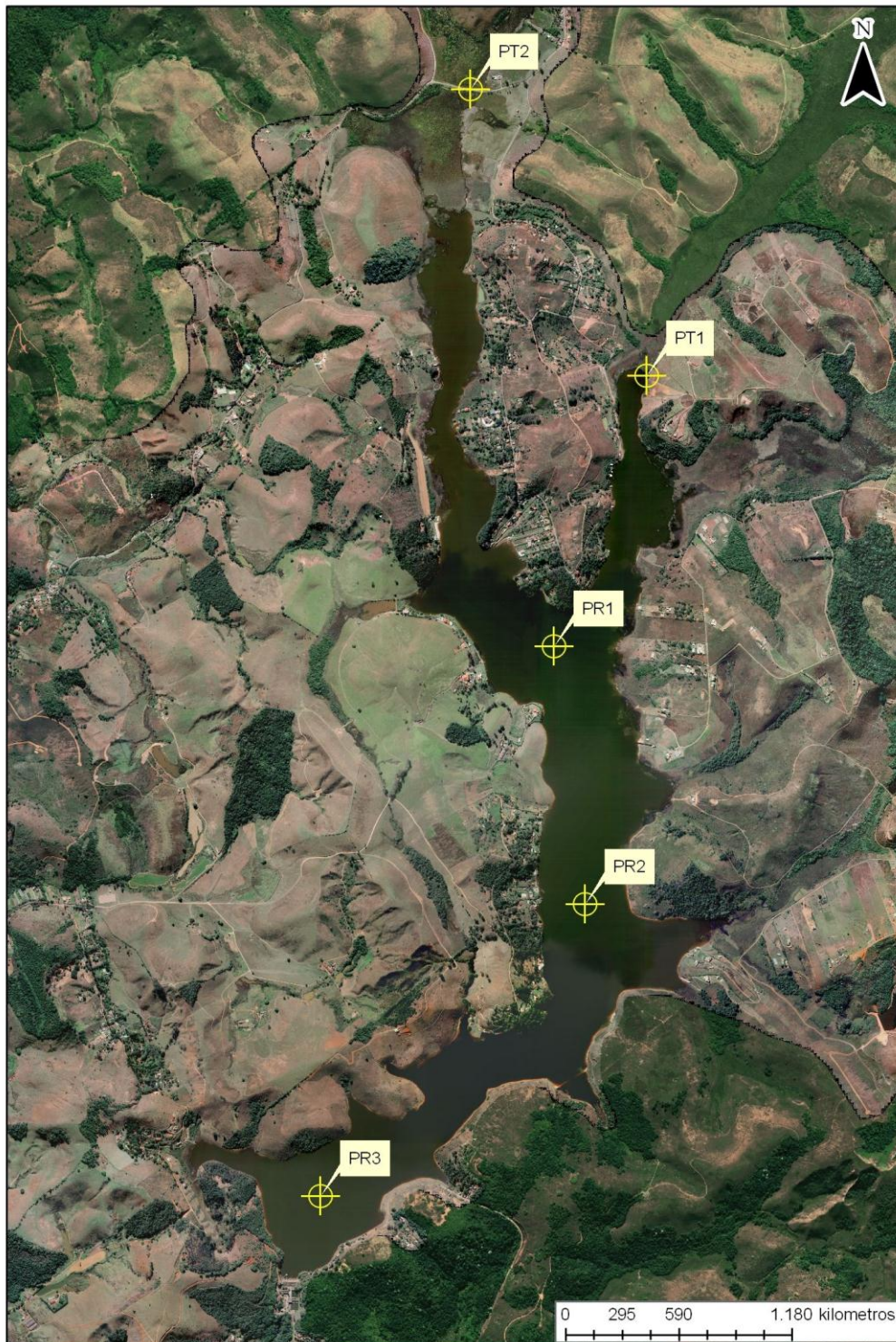
realizadas diversas visitas ao local. Os pontos foram georreferenciados com sistema de coordenadas UTM Datum Córrego Alegre, através de GPS marca Garmin modelo 72, gentilmente cedido pela Quarta Companhia de Polícia Militar Independente de Meio Ambiente e Trânsito (4ª Cia PM Ind MAT). O mesmo equipamento foi utilizado para medir a altitude dos pontos.

As profundidades de cada ponto foram obtidas através de medição feita em cada campanha com auxílio de uma trena. No reservatório, foi utilizada uma corda com uma garatéia<sup>17</sup> na ponta para indicar o fundo do mesmo, facilitando a medição. A profundidade de cada ponto amostral, medida nas campanhas encontra-se no Anexo 1.

Foram definidos cinco pontos de coleta: dois em tributários principais e três no reservatório, ao longo de seu eixo longitudinal. A fotografia 3 mostra a localização de cada ponto através de ortofoto datada de 2007, obtida através da Prefeitura (JUIZ DE FORA, 2007). As denominações dadas aos pontos **PT** e **PR** referem-se respectivamente a **Ponto de Tributário** e **Ponto da Represa**.

---

<sup>17</sup> Garatéia: equipamento náutico de quatro pontas tipo âncora ou anzol, utilizado para se recuperar objetos que tenham caído na água, tanto na superfície quanto no fundo.



**Fotografia 3:** Ortofoto do voo aerofotogramétrico datada de 2007, indicando os pontos de coleta: PT1: Ponto do tributário 1 - córrego da Grama; PT2: Ponto do tributário 2 - ribeirão dos Burros; PR1: Ponto 1 da represa; PR2: Ponto 2 da represa; PR3: Ponto 3 da represa.

**Fonte:** JUIZ DE FORA. Prefeitura. Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Econômico (SPDE) (2007).

A tabela 7 apresenta a localização geográfica dos pontos de coleta, a altitude aproximada em relação ao nível do mar e a profundidade média de cada ponto.

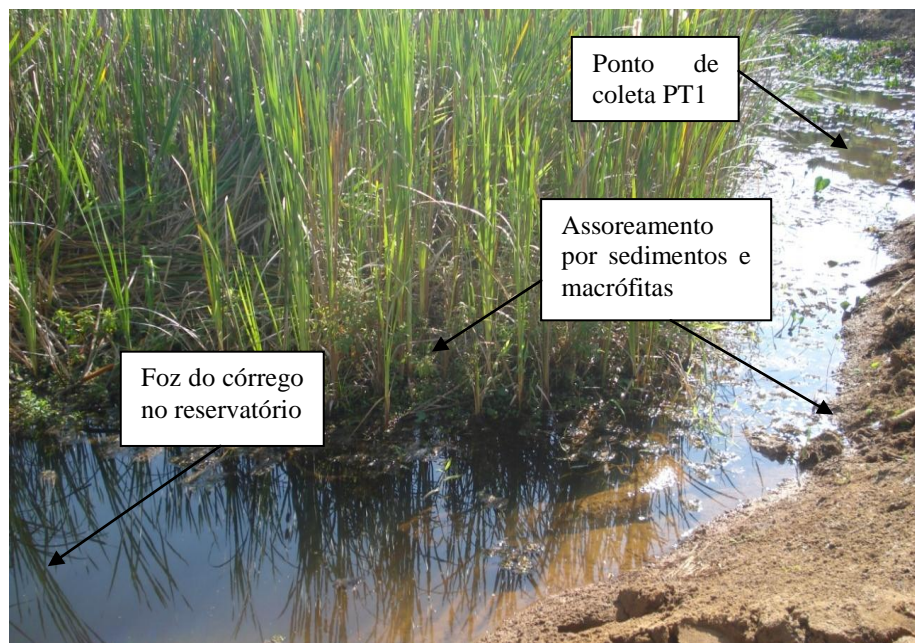
**Tabela 7 – Localização, altitude e profundidade média dos pontos de coleta**

Ponto	Denominação	Coordenadas geográficas UTM Datum Córrego Alegre		Altitude (m)	Profundidade média (m)
		Latitude	Longitude		
<b>PT1</b>	Córrego da Grama	21° 38' 29,8" S	43° 23' 09,1" W	754,0	0,97
<b>PT2</b>	Ribeirão dos Burros	21° 37' 40,9" S	43° 23' 43,2" W	752,8	0,97
<b>PR1</b>	Ponto 1 Represa	21° 39' 25,6" S	43° 23' 24,3" W	752,7	5,39
<b>PR2</b>	Ponto 2 Represa	21° 40' 17,9" S	43° 23' 23,7" W	751,9	6,71
<b>PR3</b>	Ponto 3 Represa	21° 40' 51,8" S	43° 24' 07,5" W	745,5	8,87

#### 4.1.4.1 Características de cada ponto de coleta

##### **PT1 – Ponto do Tributário 1: córrego da Grama**

O córrego da Grama é um dos principais tributários da represa e encontra-se bastante assoreado, como pode ser visto na fotografia 4. Apresenta-se muito degradado e com grande acúmulo de sedimentos e plantas aquáticas. Nas proximidades do ponto de coleta, as margens possuem as seguintes características: a margem direita do córrego é formada por uma extensa área brejosa coberta por macrófitas até a sua foz, e o seu leito desaparece no meio da vegetação; a margem esquerda é desprovida de mata ciliar e possui uma pequena encosta que favorece processos de sedimentação por escoamento superficial. O ponto de coleta localiza-se à montante da foz do afluente na represa e o local apresenta características intermediárias entre ambiente lótico e lêntico.



**Fotografia 4:** Margens do córrego da Grama (setembro de 2009).

Fonte: O Autor .

#### **PT2 – Ponto do Tributário 2: ribeirão dos Burros**

O ribeirão dos Burros é o principal afluente formador do manancial. O ponto de coleta localiza-se à jusante da comunidade denominada “Ribeirão”, pertencente ao bairro “Náutico”. A região é caracterizada por ocupações de baixa renda, sendo que não há saneamento básico no local. Os moradores não possuem abastecimento de água tratada e não existe rede coletora de esgotos. A coleta de lixo pela Prefeitura é feita uma vez por semana no local.

Em entrevista aos moradores do “Ribeirão”, constatou-se que algumas casas possuem fossas ou sumidouros para dispor seus resíduos domésticos. Existem também redes coletoras clandestinas de esgotos no local, com lançamentos nos córregos da região, localizadas à montante do ponto de coleta. A presença abundante de macrófitas aquáticas impede o ribeirão dos Burros de seguir seu curso normal até a foz na represa, como pode ser visto nas fotografias 5 e 6 (espécies de plantas identificadas no item 5). Áreas onde antes eram ocupadas por terra firme foram alagadas na década de 1930, quando a represa foi construída e, hoje já não existe mais água em muitos locais, apenas vegetação. O leito do córrego desaparece no meio das macrófitas, formando uma extensa área brejosa.



**Fotografia 5:** Jusante do ponto de coleta PT2 (setembro de 2009).

Fonte: O autor.



**Fotografia 6:** Ponto de coleta PT2, quase tomado pelas macrófitas (setembro de 2009).

Fonte: O autor.

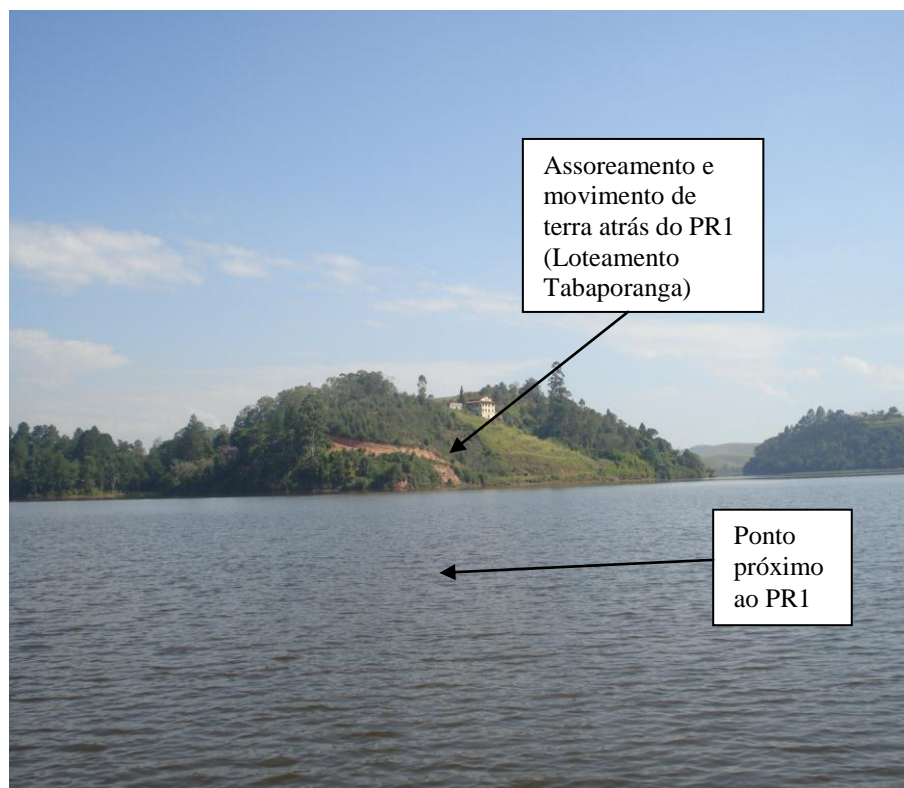
### **PR1 – Ponto 1 da Represa**

O ponto PR1 localiza-se próximo à zona fluvial, ou seja, na região de entrada de seus principais tributários. As margens do reservatório vizinhas ao PR1 possuem as seguintes características:

\* atrás do PR1, localizada no loteamento Tabaporanga: apresentou-se assoreada por todo o período deste estudo, inclusive com movimentação de terra proveniente de abertura de via, conforme pode ser visto na fotografia 7.

\* margem direita, localizada no bairro Campo Grande: apresenta-se ocupada por algumas residências, sendo que houve registros de terra exposta e assoreamento durante o período das campanhas.

\*margem esquerda, localizada no granjeamento rural Enseada II: infestação de macrófitas no espelho d'água próximo da foz do córrego Vista Alegre (espécies de plantas identificadas no item 5). Sua área encontra-se ocupada por algumas residências.



**Fotografia 7:** Ponto PR1 da represa (março de 2010).

**Fonte:** O autor.

### **PR2 – Ponto 2 da Represa**

Este ponto localiza-se próximo à zona de transição ou intermediária do reservatório. As margens na direção do PR2 apresentaram-se mais preservadas, apesar das ocupações irregulares. Possuem as seguintes características:

\*margem direita, localizada no bairro Campo Grande: possui pequena área de mata preservada e algumas residências às margens da represa. Apresentou-se sem características de assoreamento durante o período deste estudo.

\*margem esquerda: não possui residências e caracteriza-se por área de pasto sujo com vegetação esparsa. Foi observada, por várias vezes, a presença de gado pastando neste local, mas não houve registros de assoreamento, durante o período das campanhas.



**Fotografia 8:** Ponto PR2 da represa (outubro de 2009).

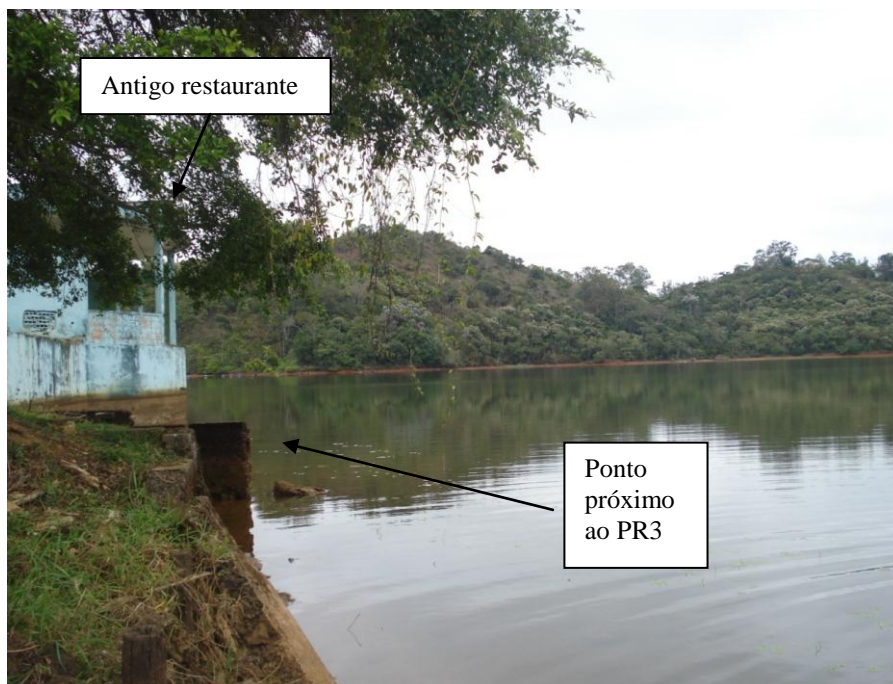
**Fonte:** O autor.

### **PR3 – Ponto 3 da Represa**

Este ponto localiza-se próximo à barragem e à ETA, ou seja, à zona lacustre da represa. As margens do reservatório na direção do PR3 possuem as seguintes características:

\*margem direita: caracteriza-se pela presença mata densa e preservada. À montante deste ponto, foram observados vários registros de erosões, movimentações de terra para construção e prática de queimada para limpeza do terreno.

\*margem esquerda: existe um antigo restaurante, atualmente desativado, e uma via de uso restrito que dá acesso à ETA e a outros bairros do município, com calçamento do tipo “pé-de-moleque”.



**Fotografia 9:** Ponto PR3 da represa (outubro de 2009).

**Fonte:** O autor.

#### 4.2 METODOLOGIA

O trabalho de monitoramento dos corpos hídricos foi desenvolvido através de campanhas mensais, no período compreendido entre julho de 2009 e junho de 2010.

Os métodos de coleta, preservação e técnicas de amostragem seguiram rigorosamente o que preconiza a NBR 9898 (ABNT, 1987). As amostras foram coletadas a cerca de 10 cm da superfície dos corpos d'água em frascos opacos de polietileno. Em seguida, foram acondicionadas em isopor com gelo e conduzidas aos laboratórios responsáveis pelas análises, no intervalo de tempo médio máximo de duas horas a contar da coleta do primeiro ponto.

As coletas das amostras de água dos três pontos do reservatório (PR1, PR2 e PR3) e do córrego da Grama (PT1) foram feitas com o auxílio do barco da 4ª Cia PM Ind MAT, que gentilmente acompanhou todas as campanhas realizadas. O acesso ao ponto de coleta no ribeirão dos Burros (PT2) foi feito de carro, através da estrada Elias José Mockdeci, que liga o bairro Barreira do Triunfo à rodovia MG 353. Foi impossível ir a este local de barco, devido à intensa proliferação de macrófitas aquáticas na foz do afluente no reservatório. As amostras referentes ao PT2 foram coletadas de um ponto da estrada que passa sobre o ribeirão.

Para verificar o atendimento à Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005), foram realizadas análises químicas, físico-químicas e microbiológicas. Os parâmetros



propostos, considerando os recursos e logística disponíveis, bem como as prioridades para o gerenciamento de mananciais de abastecimento de água, foram: temperatura do ar e da água, oxigênio dissolvido (OD), condutividade, potencial hidrogeniônico (pH), cor, turbidez, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), sólidos totais, amônio ( $\text{NH}_4^+$ ), nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ), nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), nitrogênio total (NT), fósforo total (PT), clorofila *a*, coliformes termotolerantes e coliformes totais.

Os parâmetros temperatura, pH e OD foram medidos *in situ* com auxílio de equipamentos portáteis cedidos pelo laboratório Acqualab Monitoramento Ambiental. Neste mesmo laboratório, foram realizadas as análises relativas à condutividade, cor, turbidez, DBO e sólidos totais. Os parâmetros NT,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ , PT e clorofila *a*, foram analisados no Laboratório de Ecologia da Faculdade de Ciências Biológicas da UFJF. Os coliformes totais e termotolerantes foram analisados no Laboratório de Análises de Alimentos e Águas da Faculdade de Farmácia e Bioquímica da UFJF.

A metodologia utilizada nas análises referentes a estes parâmetros encontra-se na tabela 8 e os equipamentos utilizados nas medições, na tabela 9.

**Tabela 8 – Parâmetros analisados e seus respectivos métodos de ensaio**

<b>Parâmetro</b>	<b>Unidade de medida</b>	<b>Método de Ensaio</b>
Temperatura	°C	APHA (1998) 2550
pH	1 – 14	APHA (1998) 4500 - H <sup>+</sup>
OD	mg/L	APHA (1998) 4500 - O - G
Condutividade elétrica	µS/cm*	APHA (1998) 2510
Cor	mg Pt/L**	APHA (1998) 2120 - C
Turbidez	UNT***	APHA (1998) 2130
DBO	mg/L	APHA (1998) 5210 - B
Sólidos totais	mg/L	APHA (1998) 2540 - B
NT	mg/L	APHA (1998) 4500 - N - B
Nitrato	mg/L	APHA (1998) 4500 - $\text{NO}_3^-$ - E
Nitrito	mg/L	APHA (1998) 4500 - $\text{NO}_2^-$ - B
Amônio	mg/L	APHA (1998) 4500 - $\text{NH}_3$ - F
PT	mg/L	APHA (1998) 4500 - P - E
Clorofila <i>a</i>	µg/L	APHA (1998) 10200 H
Coliformes totais	NMP/100 mL	APHA(1998) 9221- B; SILVA <i>et al.</i> (2005)
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	APHA (1998) 9221- F; SILVA <i>et al.</i> (2005)

(\*) Micro siemens por centímetro

(\*\*) Miligrama Platina por litro

(\*\*\*) Unidade Nefelométrica de Turbidez

**Tabela 9 – Equipamentos utilizados nas medições**

<b>Parâmetro</b>	<b>Equipamento</b>	<b>Marca</b>	<b>Modelo</b>
Temperatura	Termômetro	Incoterm	Coluna de Hg
pH	Peagâmetro	Quims	G400BC-3
OD	Oxímetro	Instrutherm	MO-890
Condutividade	Condutivímetro	ICEL	WT 3000
Turbidez	Turbidímetro	HANNA	HI 93703
Cor	Colorímetro	HANNA	HI 93727

No ensaio dos coliformes, utilizou-se o método de fermentação em tubos múltiplos, que determina o Número Mais Provável (NMP) de bactérias coliformes totais e termotolerantes/100 mL. O intervalo de confiança é de 95% de probabilidade para diversas combinações de tubos positivos, em séries de cinco tubos, sendo que a quantidade inoculada de cada amostra foi de 10,0, 1,0 e 0,1 mL. Para determinação dos coliformes termotolerantes foi utilizado o mesmo método descrito para *Escherichia coli*, de acordo com o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1998) e Silva *et al.* (2005).

Na análise de clorofila *a*, foi utilizado o método baseado na extração com acetona, seguido de leitura em fluorímetro. As demais análises seguiram o preconizado no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1998), conforme tabela 8.

Para a verificação do grau de trofia dos corpos d'água estudados, adotou-se o IET proposto por Lamparelli (2004). A escolha é justificada por se referir a ambientes tropicais, ser de fácil aplicação e baixo custo, considerando as análises de fósforo total e clorofila *a*, necessárias para sua utilização. Assim como a CETESB não considera o parâmetro transparência pelos motivos citados no item 3.6, nesta dissertação o mesmo procedimento foi adotado.

Na determinação do IQA, foi utilizada a metodologia adotada pelo IGAM no Projeto “Águas de Minas” (IGAM, 2010a). Os parâmetros utilizados foram: temperatura da água, oxigênio dissolvido, fósforo total, coliformes termotolerantes, sólidos totais, turbidez, nitrato, pH e DBO. O programa de cálculo para o IQA citado no item 3.7 foi gentilmente cedido pelo IGAM e utilizado neste trabalho.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram consideradas na discussão, as situações observadas em campo durante o período deste estudo, e suas possíveis associações com a interferência na qualidade da água.

Esta análise foi dividida em três partes, de acordo com os objetivos propostos: discussão dos resultados dos parâmetros individuais, verificando se os mesmos atendem ao preconizado na Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005); análises referentes ao IQA e, por fim, ao IET de cada ponto amostral.

Apesar de não ter sido objeto deste trabalho, foi constatado que reconhecer as espécies de plantas aquáticas encontradas durante os trabalhos de campo, seria relevante para subsidiar futuros estudos sobre estratégias de manejo das mesmas. A identificação das macrófitas foi feita através de fotografias, por Marco Otávio Dias Pivari, Doutorando em Biologia Vegetal do Laboratório de Sistemática Vegetal da Universidade Federal de Minas Gerais. As grafias dos nomes científicos e os autores das espécies estão de acordo com *The International Plant Names Index* (2008). Foram as seguintes espécies encontradas durante as campanhas:

- Às margens, ao longo da represa Dr. João Penido e no espelho d'água:

*Oxycaryum cubense* (Poepp. & Kunth) E. Palla (Cyperaceae); *Eichhornia azurea* Kunth (Pontederiaceae) (“Aguapé”); *Nymphaea* sp. (Nymphaeaceae) (“Ninféa”); *Aeschynomene* sp. (Fabaceae); *Eleocharis interstincta* (Vahl) Roem. & Schult (Cyperaceae).

- Na região de entrada dos tributários, foram identificadas as seguintes espécies:

Foz do córrego da Grama: *Eichhornia azurea* Kunth (Pontederiaceae) (“Aguapé”); *Typha domingensis* Pers (Typhaceae) (“taboa”); *Cecropia pachystachya* Trécul. (Urticaceae) (“Embaúba”).

Foz do ribeirão dos Burros: Poaceae; *Typha domingensis* Pers (Typhaceae) (“taboa”).

Foz do córrego Vista Alegre: *Nymphaea caerulea* Savigny; *Rhynchospora* sp. (Cyperaceae); Poaceae; *Hymenachne cf. pernambucensis*. (Spreng.) Zuloaga (Poaceae); *Typha domingensis* Pers (Typhaceae) (“taboa”); *Cecropia pachystachya* Trécul. (Urticaceae) (“Embaúba”).

## 5.1 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DOS PARÂMETROS INDIVIDUAIS E COMPARAÇÃO COM A RESOLUÇÃO CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005)

A Deliberação Normativa COPAM nº 16/1996 (MINAS GERAIS, 1996), que dispõe sobre o enquadramento dos corpos d'água da bacia do rio Paraibuna, determina em seu artigo 1º, item 11, o seguinte: as águas da sub-bacia (SB) do ribeirão dos Burros, no trecho 13, compreendido entre suas nascentes até a confluência com o rio Paraibuna, são consideradas classe 1. De acordo com o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano (JUIZ DE FORA, 2004), a represa e o córrego da Grama estão contidas na SB do ribeirão dos Burros, no referido trecho. Portanto, todos os corpos d'água estudados estão enquadrados nesta classe.

A primeira proposta para caracterizar a qualidade das águas do manancial, foi verificar o atendimento à Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005). Através da consolidação dos resultados, foi feita uma análise temporal, visualizando o comportamento individual de cada parâmetro. Foram estabelecidas algumas relações importantes entre os mesmos, verificando se estavam em conformidade com a norma citada. A análise espacial também foi feita quando pertinente para cada caso.

Considerando esta resolução, águas enquadradas como classe 1 podem ser destinadas aos seguintes usos múltiplos: ao abastecimento para consumo humano após tratamento simplificado, à proteção de comunidades aquáticas, à recreação de contato primário (conforme Resolução CONAMA 274/2000), à irrigação de hortaliças e frutas que são consumidas cruas, bem como à proteção das comunidades aquáticas em terras indígenas. Para avaliar se as águas foram consideradas próprias ou impróprias para a balneabilidade (recreação de contato primário), foi utilizada como referência a Resolução CONAMA 274/2000 (BRASIL, 2000). Dos parâmetros ambientais citados nesta resolução, apenas o pH e coliformes termotolerantes foram monitorados neste trabalho, e puderam ser avaliados com esta finalidade.

Ao longo da discussão, foi feita uma comparação com alguns dados físico-químicos obtidos através do estudo realizado por Pereira (1991) em dezembro de 1987 na represa Dr. João Penido (vide item 1.2). Esta pesquisadora dividiu o reservatório em sete estações amostrais, dentre as quais, as denominadas 4, 6 e 7 possuíam localização aproximada dos três pontos amostrados na represa no presente trabalho, PR1, PR2 e PR3, respectivamente. A comparação foi feita, considerando apenas as águas superficiais e os valores obtidos para o mês de dezembro, relativos aos anos de 1987 e 2009, uma vez que as campanhas feitas no trabalho anterior se restringiram a dois dias do mês de dezembro de 1987. Mesmo não

possuindo dados georreferenciados dos pontos da pesquisa anterior, foi observada a localização aproximada dos mesmos, através do mapa “Estações de coletas” citado por Pereira (1991). Esses são os únicos dados físico-químicos de qualidade da água obtidos para o reservatório ao longo de seu eixo longitudinal, na pesquisa bibliográfica feita.

Os dados das análises estão representados na discussão através de gráficos de colunas e também do tipo *Box-plot*, que possibilitam a observação dos valores mínimos e máximos, bem como, das medianas e 50 % dos resultados centrais de cada parâmetro. Os resultados mensais das análises, a estatística descritiva dos mesmos e as medidas de profundidade dos pontos amostrais encontram-se no Anexo 1. Os dados de precipitação da Estação Pluviométrica da Represa Dr. João Penido, encontram-se no Anexo 2.

### 5.1.1 Temperatura do ar e da água

As variações de temperatura fazem parte do regime climático normal. Os corpos d'água apresentam estratificação vertical, além de variações sazonais e diurnas. Fatores como latitude, altitude, estações do ano, período do dia, taxa de fluxo e profundidade influenciam a temperatura superficial da água.

A temperatura desempenha um papel importante no ecossistema aquático, influenciando diretamente em uma série de variáveis físico-químicas. Esse parâmetro interfere na vida dos organismos aquáticos, que possuem temperaturas ótimas para crescimento, limitações para migração, desova e incubação do ovo, Além disso, possuem limites de tolerância térmica superior e inferior (CETESB, 2010).

A temperatura também influencia diretamente as taxas de Oxigênio dissolvido (OD) e gás carbônico (CO<sub>2</sub>) presentes na água. Quanto menor a temperatura, maior a concentração de gases no meio aquático, porém isto não foi verificado em muitas medições feitas neste estudo com relação ao OD, pois outros fatores que interferem na concentração deste gás na água estão se destacando com maior intensidade.

Com relação à discussão dos resultados encontrados nesta dissertação<sup>18</sup>, as águas dos

---

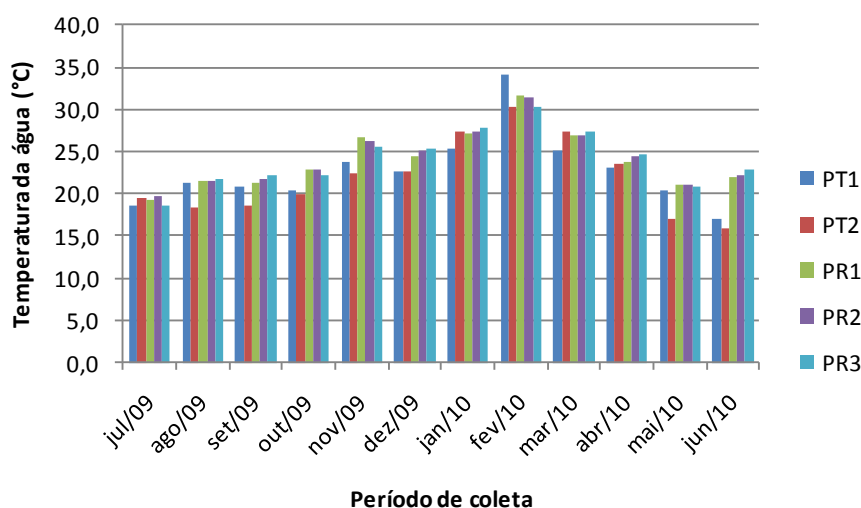
<sup>18</sup> No estudo realizado em 1987, Pereira (1991) observou que é comum encontrar homogeneidade vertical na temperatura da água da represa, por ser um sistema raso, onde a circulação de água é contínua devido à ação dos ventos. Foi constatado também que as diferenças de temperatura entre a superfície e o fundo nos pontos amostrados não ultrapassaram 2,0 °C para o mês de dezembro daquele ano. Em 1987, foram obtidos os seguintes valores para as temperaturas das águas superficiais das estações 4, 6 e 7 da represa, respectivamente: 22,4 °C, 22,5 °C, e 23,2 °C. Comparando com os valores obtidos em dezembro de 2009, foram registrados valores de 24,5 °C, 25,10 °C e 25,40 °C para os pontos correspondentes PR1, PR2 e PR3, respectivamente. Nas duas pesquisas, as temperaturas da água do reservatório foram superiores às temperaturas do ar.

tributários apresentaram-se mais frias, se comparadas ao reservatório (exceto para o PT1 no mês de fevereiro). Por isso esperava-se que as concentrações de OD fossem mais altas, o que não ocorreu. Isso pode ser explicado pela presença de matéria orgânica em processo de degradação nas águas afluentes. A média da temperatura da água para os pontos dos tributários foi  $22,32 \pm 4,34$  °C e para os pontos do reservatório,  $24,14 \pm 3,29$  °C.

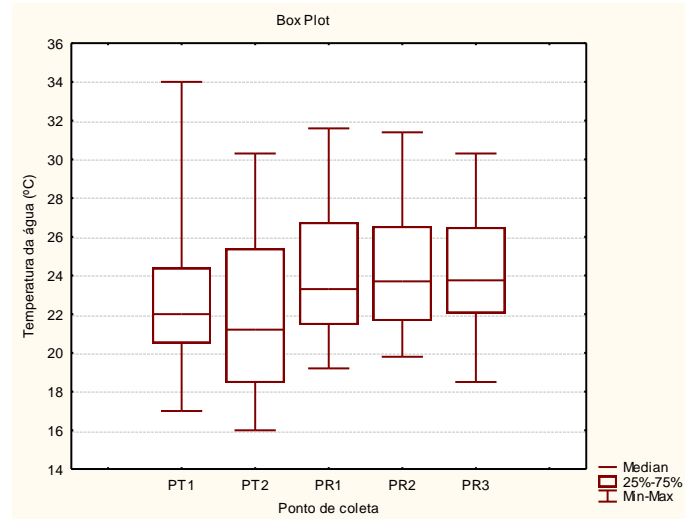
Observou-se uma homogeneidade nas temperaturas da água do reservatório (gráfico 2) e média superior às temperaturas das águas dos afluentes. As temperaturas das águas da represa mantiveram-se sempre mais altas que as temperaturas do ar (gráficos 1 e 3). Isso se deve ao grande volume de água armazenada no reservatório e ao seu alto calor específico, que permite maior conservação do calor e menor variação de temperatura ao longo do tempo.

Os valores máximos medidos para todos os pontos amostrais ocorreram em fevereiro, sendo registrado 34,00 °C para os tributários (PT1) e 31,60 °C para o reservatório (PR1). O mínimo para os tributários foi de 16,00 °C (PT2, junho) e para o reservatório, 18,50 °C (PR3, julho), meses mais frios do ano.

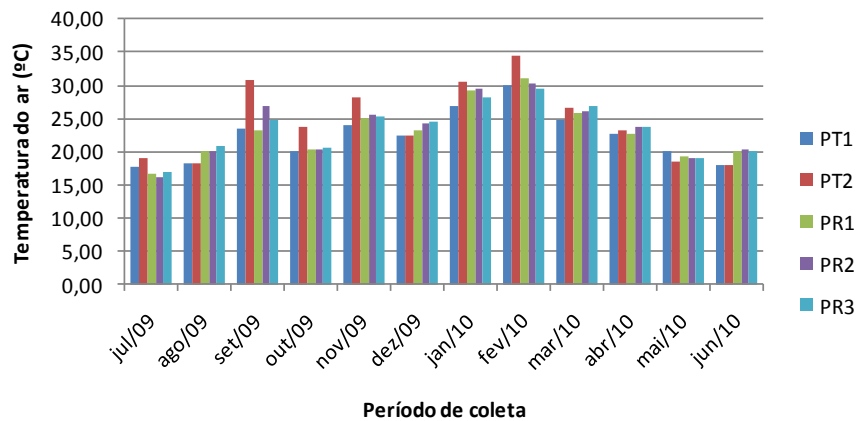
Os padrões de variação espacial e temporal dos valores de temperatura da água e do ar, nos pontos amostrados entre julho de 2009 e junho de 2010, podem ser visualizados através dos gráficos 1, 2, 3 e 4.



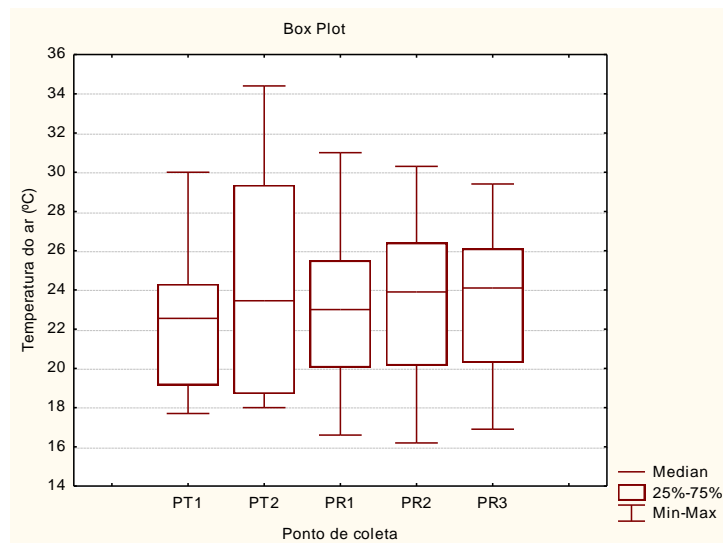
**Gráfico 1:** Variação mensal dos resultados de temperatura da água nos pontos amostrados.



**Gráfico 2:** Box plot representativo da variação espacial dos resultados de temperatura da água nos pontos amostrados.



**Gráfico 3:** Variação mensal dos resultados de temperatura do ar nos pontos amostrados.



**Gráfico 4:** *Box plot* representativo da variação espacial dos resultados de temperatura do ar nos pontos amostrados.

### 5.1.2 Oxigênio dissolvido (OD)

As principais fontes de oxigênio para a água são a atmosfera e a fotossíntese. A difusão do gás na massa líquida é lenta, a não ser que seja ajudada pela ação dos ventos e pelos movimentos de água. O oxigênio proveniente da atmosfera dissolve-se nas águas naturais devido à diferença de pressão parcial existente entre o ar e a água. Para uma temperatura de 20 °C, a concentração de saturação de oxigênio em uma água superficial é aproximadamente igual 9,2 mg/L. As concentrações de OD indicam a capacidade de um corpo d'água manter a vida aquática, sendo essencial nos processos de autodepuração.

A fotossíntese realizada pelas algas é outra fonte importante de oxigênio para os corpos d'água, sendo que este fenômeno ocorre em maior proporção em ambientes eutrofizados. Segundo a CETESB (2010), a contribuição fotossintética de oxigênio só é expressiva após grande parte da atividade bacteriana na decomposição de matéria orgânica ter ocorrido, bem como após terem se desenvolvido os protozoários. Estes, além de decompositores, consomem bactérias clarificando as águas e permitindo a penetração de luz. Este efeito pode “mascarar” a avaliação do grau de poluição de uma água, quando se toma por base apenas a concentração deste parâmetro.

Sob este aspecto, águas poluídas são aquelas que apresentam baixa concentração de OD, devido ao seu consumo na degradação de compostos orgânicos, enquanto que as águas limpas apresentam elevadas concentrações, chegando até a um pouco abaixo da concentração de saturação. No entanto, uma água eutrofizada pode apresentar no período diurno, mesmo



em temperaturas superiores a 20,0 °C, concentrações de oxigênio bem superiores a 10,0 mg/L, caracterizando uma situação de supersaturação. Isto ocorre principalmente em lagos de baixa velocidade, onde chega a se formar crostas verdes de algas na superfície. Outros fatores como a respiração de organismos, oxidações químicas, pressão atmosférica, altitude (CETESB, 2010), bem como a temperatura da água, também influenciam nas concentrações de OD.

Com relação à discussão do parâmetro OD neste estudo, as medições do mês de agosto não foram computadas devido a erros de leituras do equipamento utilizado em campo.

Apesar de ambientes lóticos possibilitarem maior oxigenação da água, o reservatório apresentou melhores índices de OD do que os tributários, fato também observado por Lamparelli (2004) na rede de monitoramento das águas superficiais do estado de São Paulo. A média obtida para os pontos da represa foi  $6,40 \pm 0,87$  mg/L e para os pontos dos córregos,  $5,50 \pm 1,43$  mg/L. Esta menor média pode ser indicativa de entradas de carga orgânica provenientes de efluentes domésticos e/ou escoamento superficial nos tributários. Acredita-se também que as macrófitas interferem nesses resultados, pois são abundantes nessas regiões de cabeceira. Algumas espécies encontradas são típicas de ambientes ricos em nutrientes, e há indicativos de que toda essa área encontra-se em processo de eutrofização. Embora se saiba que essas plantas fornecem grande quantidade de oxigênio para o meio aquático, após completarem seu ciclo de vida, entram em processo de decomposição e podem passar a ser consumidoras de OD da massa líquida. Além disso, elas também podem aumentar a resistência à livre movimentação de ar, diminuindo a ação dos ventos sobre o espelho d'água e, contribuindo desta forma, para a redução da concentração de OD no meio. Outro ponto que deve ser considerado é que as macrófitas possibilitam maior retenção de material orgânico transportado de locais à montante na bacia hidrográfica, que ao ser degradado pelos microrganismos aeróbios, proporcionam consumo de OD.

As menores médias para os pontos dos córregos e represa foram respectivamente  $5,19 \pm 1,46$  mg/L (PT2) e  $6,32 \pm 0,85$  mg/L (PR2).

As concentrações mínimas observadas para o reservatório corresponderam aos meses de estiagem (PR1, julho; PR2, junho e PR3, maio), onde ocorre maior concentração de nutrientes, pela diminuição da diluição na massa líquida. O valor registrado para os três pontos da represa foi 5,10 mg/L. Com relação aos pontos PR2 e PR3, o fato pode estar associado também aos altos valores obtidos para a cor, turbidez e DBO nas mesmas amostras. Para o PR1, outro fator que pode ter contribuído foram os altos índices de PT e DBO registrados para a amostra do mês de julho.

O valor mínimo observado para os tributários ocorreu em dezembro<sup>19</sup>, mês com alto índice de pluviosidade (315,6 mm), sendo obtido o valor de 3,00 mg/L no ribeirão dos Burros (PT2). Provavelmente, o fato está relacionado às intensas chuvas ocorridas neste mês, que também elevou o padrão para a cor e o teor de sólidos totais para a amostra deste ponto, através do deflúvio superficial. Outro fato relevante para explicar este mínimo observado em dezembro, é a falta de serviços de saneamento básico no local. A comunidade próxima ao ponto amostral PT2 não possui rede coletora de esgotos da Prefeitura de Juiz de Fora. Muitas casas possuem fossas ou sumidouros, que talvez não tenham a manutenção necessária, ou dispõem seus resíduos domésticos de forma inadequada. Alguns moradores do local construíram uma rede clandestina de esgotos domésticos, conforme pode ser visto na fotografia 10, e a tubulação despeja os efluentes diretamente em um pequeno tributário do ribeirão dos Burros. O lançamento é feito à montante, nas proximidades do ponto de coleta. Isso explica a característica predominante deste córrego em apresentar baixos níveis de OD e muitos dos resultados dos parâmetros ambientais analisados no PT2. Com o alto índice de chuvas registrado em dezembro, o maior fluxo de água permitiu o transporte de muitos materiais e sedimentos que ficam retidos nas plantas aquáticas, bem como na tubulação oriunda deste lançamento irregular de esgoto no córrego e de outras que devem existir no local. O aumento da concentração de carga orgânica na água resultou em diminuição dos índices de OD observados.

---

<sup>19</sup> Segundo a CETESB (2010), valores inferiores a 5,0 mg/L, podem alterar o funcionamento e a sobrevivência de muitas comunidades aquáticas, o que pode estar ocorrendo nos pontos amostrais dos tributários (das onze medições feitas, foram observadas quatro ocorrências inferiores a 5,0 mg/L para cada um). No reservatório, valores muito próximos a este limite foram medidos, correspondendo aos mínimos de 5,1 mg/L para os três pontos nos meses de estiagem ( PR1, julho; PR2, junho; PR3, maio).



**Fotografia 10:** Rede coletora clandestina de esgotos, direcionando os efluentes para tributário do ribeirão dos Burros, à montante do PT2 (setembro de 2010).

**Fonte:** O autor.

Não foram observados indícios de lançamentos de esgotos clandestinos à montante e próximo ao ponto de coleta do córrego da Grama (PT1). Acredita-se que os baixos índices de OD neste tributário sejam provocados pelas plantas aquáticas, e também, por matéria orgânica de origem autóctone e proveniente do escoamento superficial. A pequena encosta situada na margem esquerda do córrego contribui muito para o *runoff* na direção do ponto de coleta. Além disso, as características lânticas deste ambiente favorecem o acúmulo de matéria orgânica no local, contribuindo para diminuir a concentração de OD no meio aquático. O mínimo valor para o OD deste córrego também foi observado em dezembro (315,6 mm de chuvas) e isso mostra a vulnerabilidade dos afluentes em decorrência do aumento da pluviosidade.

Uma associação interessante foi observada para este córrego. O local do ponto de coleta é muito assoreado, possui pouca vazão, baixa profundidade média (0,97 m) e apresentou-se infestado por macrófitas aquáticas por todo o período observado. Em decorrência do período de cheia e levando-se em conta que março foi o mês com maior índice de chuvas (320,6 mm), observou-se nitidamente que o local do ponto amostral PT1 estava com maior volume de água nos meses de março e abril, sendo que a profundidade medida em março foi a maior (1,47 m) do período deste estudo. O aumento do volume e da vazão de água no sistema interferiu diretamente nos valores de OD registrados, correspondendo aos

máximos para este ponto amostral (7,50 mg/L nos dois meses). Haddad (2007) também observou em sua pesquisa, a tendência de aumento dos níveis de OD para o rio São Miguel (MG) com o período chuvoso, exceto quando houve elevado valor para coliformes termotolerantes na mesma amostra.

Com relação à sazonalidade do OD no meio aquático, algumas considerações precisam ser abordadas. Os meses críticos foram junho, julho e dezembro<sup>20</sup>, nos quais todos os pontos apresentaram valores em desacordo com a Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005), que determina que a concentração de OD não seja inferior a 6,0 mg/L, para águas doces, classe 1. Não se observou relação desse fato com o aumento de temperatura da água nos pontos amostrais. Para esses referidos meses, foi observada a tendência de diminuição do OD tanto no período da cheia (dezembro), bem como da estiagem (junho e julho). A explicação para este fato observado é dada a seguir:

√ **Dezembro** foi o primeiro mês do período deste estudo com ocorrência de chuvas mais intensas, correspondendo ao segundo maior índice de pluviosidade (315,6 mm). O transporte de partículas para os corpos d'água foi evidenciado através do resultado para sólidos totais neste mês, que foi o mais alto para todos os pontos, provocando a diminuição do OD nos meios. Isso demonstra a relação inversa entre esses parâmetros e a influência direta das chuvas sobre os mesmos, através do escoamento superficial. No início da campanha de dezembro, houve registro de chuva fina no manancial (3,0 mm) e observou-se que o OD apresentou baixos valores em todos os pontos, não atendendo à Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005) em nenhum deles. Fazendo uma análise espacial, neste mês foram encontrados os menores valores de OD nos córregos do que na represa, demonstrando que o efeito foi mais pronunciado nos afluentes. A dinâmica do oxigênio em represas rasas, como é o caso da represa Dr. João Penido, é fortemente influenciada durante os períodos de chuvas ou pela presença de fortes ventos. Esteves (1998) afirma que as chuvas podem ocasionar diminuição da concentração de OD na água dos reservatórios, devido ao aumento da concentração de matéria orgânica dissolvida e particulada. O incremento pode ter origem autóctone, por ressuspensão de sedimentos, ou a partir das águas tributárias e do escoamento superficial. Este autor acrescenta ainda que a redução de transparência da água implica em

---

<sup>20</sup> Pereira (1991) observou em seu estudo, que as estações amostrais 4, 6 e 7 apresentaram valores de OD, respectivamente de 6,41, 6,45 e 6,84 mg/L, para as águas superficiais da represa no mês de dezembro de 1987. Na atual pesquisa foram encontrados valores menores para os pontos correspondentes (PR1, PR2 e PR3), sendo respectivamente 5,90, 5,50 e 5,60 mg/L de OD, no mês de dezembro de 2009.

baixa na taxa de fotossíntese do fitoplâncton, contribuindo também para a diminuição da concentração do OD.

√ Para **junho e julho** (meses de estiagem), os níveis de OD também seguiram a tendência de diminuição da concentração no meio aquático, provocados pela diminuição da diluição e conseqüente incremento de carga orgânica e nutrientes na água, especialmente o PT. Observou-se que em julho, houve registro de picos de PT para todos os pontos, contribuindo para a diminuição do OD no meio. Para o mês de junho, as concentrações de PT não foram tão altas quanto os picos mencionados anteriormente, mas também não atenderam à Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005) em nenhum ponto. Então podem ser observadas para os córregos e represa as duas tendências relativas à sazonalidade: decréscimo ou incremento dos índices de OD em função do aumento da pluviosidade.

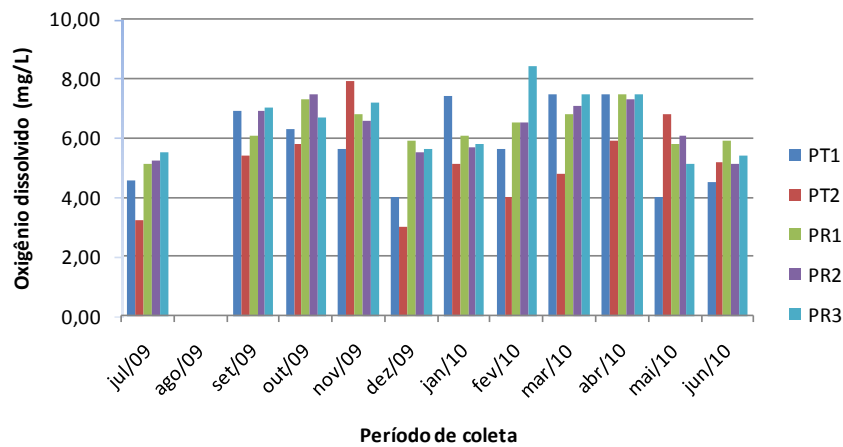
Outra análise interessante sobre os resultados de OD obtidos em relação ao ciclo sazonal, merece destaque. Observando os valores das medições feitas no período de cheia compreendido entre outubro 2009 e abril de 2010 (Anexo I), pode-se inferir que a sazonalidade tem maior influência com relação aos níveis de OD, nos córregos afluentes do que na represa. O tributário mais impactado pelas águas pluviais é o ribeirão dos Burros (PT2), sendo que a qualidade de suas águas em relação ao OD foi pior do que o córrego da Grama. Estes são ecossistemas mais sensíveis, se comparados ao reservatório, que demonstrou maior capacidade de autodepuração neste referido período. A ausência de mata ciliar nos afluentes e falta de saneamento básico nas áreas de cabeceira do manancial compromete ainda mais a saúde sanitária desses ambientes.

Durante todo o período deste estudo, pode-se constatar que, dentre os córregos, o PT2 apresentou-se com menores índices de OD, com 81,8 % das medições feitas em desacordo com a Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005), pelos motivos abordados acima. Isso mostra que as atividades antrópicas estão provocando degradação da qualidade das águas do principal ribeirão que abastece a represa, através da disposição inadequada de efluentes domésticos no mesmo. O PT1 apresentou 54,5 % das medições em desconformidade com a norma citada. Quanto ao reservatório, o PR1 e PR2 tiveram 36,4 % dos resultados em desconformidade e o PR3, 45,5 %. Este último ponto deveria apresentar maior número de medições em conformidade, por estar na zona próxima à barragem, mas isso não foi observado. Mesmo assim, o PR3 apresentou a maior média da represa ( $6,52 \pm 1,09$  mg/L), apesar da pouca diferença significativa entre as médias.

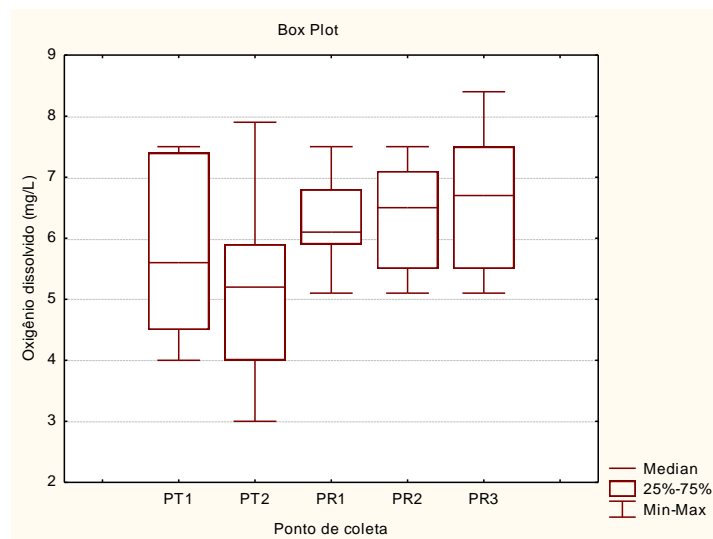
Os valores máximos medidos *in situ* foram de 7,90 mg/L para os tributários (PT2, novembro) e 8,40 mg/L para o reservatório (PR3, fevereiro), ambos registrados no período chuvoso.

Em nenhum momento, a água apresentou odor desagradável devido às reações anaeróbias ocorridas no meio. Também não se observou nenhum valor inferior a 2,0 mg/L, o que ocasionaria a morte de peixes e outros organismos.

Os padrões de variação espacial e temporal dos valores de OD da água, nos pontos amostrados entre julho de 2009 e junho de 2010, podem ser visualizados através dos gráficos 5 e 6.



**Gráfico 5:** Variação mensal dos resultados de OD nos pontos amostrados.



**Gráfico 6:** Box plot representativo da variação espacial dos resultados de OD nos pontos amostrados.

### 5.1.3 Condutividade elétrica

A condutividade elétrica referente a um corpo hídrico é a expressão numérica que reflete a capacidade da água em conduzir a eletricidade. Ocorre em função da concentração dos íons presentes e depende fortemente da temperatura e do pH da amostra. Esteves (1998) cita que fatores como o regime de chuvas, bem como a geologia da área da bacia de drenagem do reservatório e de seus afluentes, também podem influenciar na composição iônica da água.

Este parâmetro representa uma medida indireta da concentração de poluentes na massa líquida. Segundo Esteves (1998), a medição da condutividade pode ajudar a detectar fontes poluidoras nos ecossistemas aquáticos. Este autor cita ainda que os íons que mais influenciam na condutividade elétrica da água são os provenientes dos macronutrientes, como cálcio, magnésio, potássio, sódio, carbonato, sulfato, dentre outros. Os íons nitrato, nitrito e ortofosfato têm pouca influência e o amônio pode ter influência somente em altas concentrações.

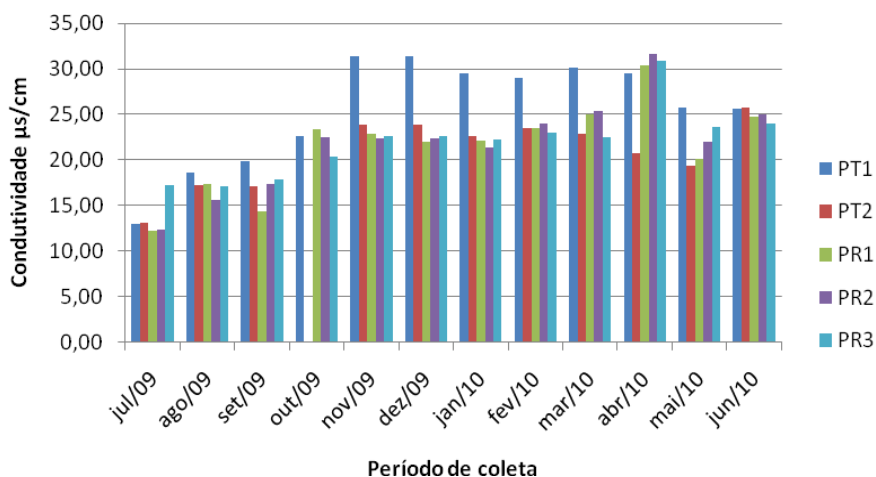
Quanto à discussão dos resultados, o valor de condutividade elétrica da amostra do PT2 correspondente ao mês de outubro, apresentou valor fora do padrão observado para os outros meses e pontos. Sendo assim, foi desprezado e o fato deve ter ocorrido em função de erro de leitura.

A Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005) não estabelece valores para a condutividade. Então, adotou-se no presente trabalho o valor de referência utilizado pela CETESB, que considera níveis superiores a 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (microsiemens por centímetro) como indicativo de ambientes impactados (CETESB, 2010). Os valores máximos observados nesta dissertação não atingiram este limite. Observa-se que os máximos foram obtidos no período chuvoso, sendo que para os tributários o resultado foi 31,43  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (PT1, novembro) e para o reservatório, 31,59  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (PR2, abril). Estes valores podem estar relacionados com os máximos obtidos para cor e turbidez nas mesmas amostras, evidenciando o transporte de íons, além de inúmeras substâncias através dos sedimentos, para os corpos d'água através do escoamento superficial (THORNTON, 1990b).

Os valores mínimos registrados foram observados no período de estiagem. No mês de julho foram registrados valores de 12,96  $\mu\text{S}/\text{cm}$  nos tributários (PT1) e 12,23  $\mu\text{S}/\text{cm}$  no reservatório (PR1).

Os pontos dos tributários apresentaram média de  $23,33 \pm 5,43 \mu\text{S/cm}$  e os pontos do reservatório<sup>21</sup>,  $21,79 \pm 4,46 \mu\text{S/cm}$ . Esses valores mostram que os tributários, em especial o córrego da Grama, são um pouco mais impactados, pois recebem diretamente materiais de origem alóctone, que posteriormente são transportados para a represa. As maiores médias para os pontos dos córregos e represa são respectivamente  $25,54 \pm 5,88 \mu\text{S/cm}$  (PT1) e  $22,02 \pm 3,75 \mu\text{S/cm}$  (PR3).

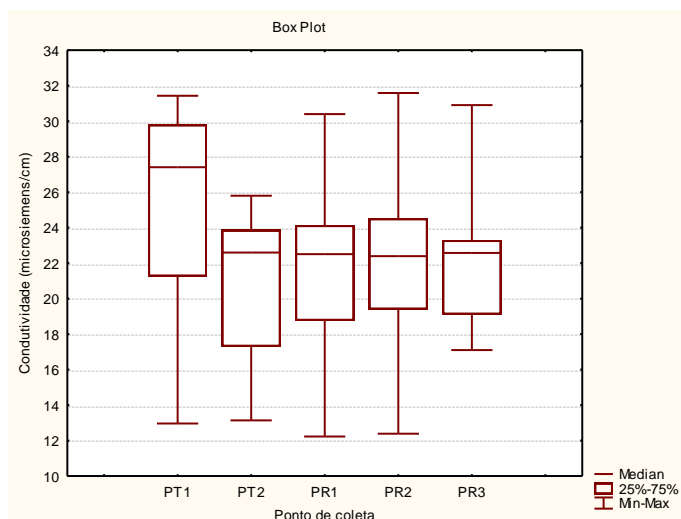
Os padrões de variação espacial e temporal dos valores de condutividade elétrica da água nos pontos amostrados, entre julho de 2009 e junho de 2010, podem ser visualizados através dos gráficos 7 e 8.



**Gráfico 7:** Variação mensal dos resultados de condutividade elétrica nos pontos amostrados.

<sup>21</sup> Pereira (1991) observou em seu estudo que as estações amostrais 4, 6 e 7 apresentaram valores de condutividade 17,0, 17,0 e 16,0  $\mu\text{S/cm}$  para as águas superficiais da represa no mês de dezembro de 1987. Na atual pesquisa, os valores encontrados foram maiores para os pontos correspondentes (PR1, PR2 e PR3), sendo respectivamente de 21,99, 22,38 e 22,67  $\mu\text{S/cm}$ , em dezembro de 2009.



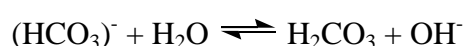
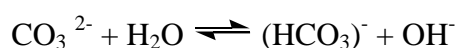
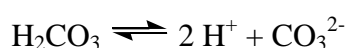


**Gráfico 8:** *Box plot* representativo da variação espacial dos resultados de condutividade elétrica nos pontos amostrados.

### 5.1.4 Potencial hidrogeniônico (pH)

O pH pode ser considerado como uma das variáveis ambientais mais importantes e ao mesmo tempo, uma das mais difíceis de se interpretar, devido a inúmeros fatores que podem influenciá-lo. A interferência do pH sobre os ecossistemas aquáticos naturais dá-se diretamente devido a seus efeitos sobre a fisiologia das diversas espécies. O pH também pode influenciar e contribuir para a precipitação de elementos químicos tóxicos presentes na água, como metais pesados, além de exercer efeitos sobre a solubilidade dos nutrientes presentes no meio.

Normalmente o pH de águas doces é mantido em torno da neutralidade (FERNANDES *et al.*, 2005), através do sistema de tamponamento baseado nas concentrações carbonato e bicarbonato em solução, provenientes do CO<sub>2</sub>, conforme as equações abaixo (ESTEVES, 1998):



Quando ocorrem florações de algas ou macrófitas, esse sistema tampão do pH demora mais para retornar ao equilíbrio, podendo-se observar aumento da acidez ou alcalinidade da água. Se há aumento da fotossíntese, o pH tende a aumentar, pois há consumo de CO<sub>2</sub> no processo. Porém, os íons carbonato ou bicarbonato existentes no meio imediatamente o tampona, mantendo o pH em torno de 6,5. Por outro lado, os organismos heterotróficos

tendem a baixar o pH da massa líquida, pois os processos de decomposição e respiração liberam CO<sub>2</sub> no ambiente (FERNANDES *et al.*, 2005).

Na análise dos resultados obtidos nesta dissertação, observou-se que a variação sazonal foi bastante significativa. Nas medições feitas no período compreendido entre julho a novembro de 2009 e nos meses de maio e junho de 2010, todos os parâmetros estiveram em conformidade com a Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005), que determina valores de pH entre 6,0 e 9,0 para águas doces, classe 1.

O período chuvoso vai de outubro a abril e, nos meses compreendidos entre dezembro de 2009 e abril de 2010, as tendências foram de acidificação do meio aquático, principalmente do ribeirão dos Burros (PT2), que se apresentou em desconformidade com a Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005) neste período em todas as medições. No mês de dezembro, choveu 315,6 mm e todos os pontos apresentaram valores em desacordo com a norma citada. Em janeiro, o registro foi de 195,1 mm de chuvas e apenas o PT1 esteve em conformidade.

Esteves (1998) afirma que águas de chuva podem interferir no pH dos ecossistemas aquáticos continentais pois normalmente são ácidas (pH entre 5,0 e 6,0), e o efeito é mais acentuado quando os ambientes possuem baixa capacidade de tamponamento. Isso foi observado mais intensamente no PT2, cujas águas apresentaram pH variando de 5,0 a 5,9 entre dezembro e abril, retornando ao equilíbrio somente em maio. No PT1 e nos pontos da represa, a situação já havia sido normalizada em janeiro e fevereiro, respectivamente. Portanto, o PT2 apresentou baixa capacidade de tamponamento e leve acidez de suas águas no referido período. Uma possível explicação para este fato pode estar na infestação de macrófitas aquáticas nessa área, associada ao lançamento de esgotos *in natura* (fotografia 10) neste curso d'água. Com as chuvas, houve aumento do fluxo de água e, conseqüentemente, do transporte de substâncias provenientes da decomposição das plantas aquáticas, bem como de produtos formados a partir da degradação da matéria orgânica presente nos esgotos lançados, que contribuem para acidificar o meio. A presença de macrófitas no ribeirão dos Burros é abundante e o ponto de coleta PT2 localiza-se entre esses vegetais. Provavelmente isso está interferindo no sistema tampão do ecossistema aquático. Sendo assim, a represa e o córrego da Grama (PT1) demonstraram melhor capacidade de recuperação do equilíbrio iônico, conforme as equações descritas anteriormente. Foi observada uma correlação destes resultados de pH com os parâmetros cor e turbidez para o PT2 neste período, assunto que será abordado mais adiante, juntamente com esses referidos parâmetros.

Em dezembro<sup>22</sup>, foram obtidos os valores mínimos de pH, sendo 5,00 para os tributários (PT1 e PT2) e 5,20 para o reservatório (PR3).

As médias obtidas para os pontos dos tributários e reservatório foram  $6,16 \pm 0,63$  e  $6,78 \pm 0,70$ , respectivamente. A menor média para os tributários foi de  $5,95 \pm 0,64$  (PT2), pelos motivos já explanados, referentes ao ribeirão dos Burros. Para o reservatório, a menor média foi de  $6,73 \pm 0,69$  (PR1), por sofrer forte influência das águas tributárias.

Os valores máximos obtidos para os córregos e reservatório ocorreram em novembro, sendo respectivamente, 7,60 (PT1) e 8,00 (PR1).

Dentre os tributários, o PT1 apresentou apenas uma medição (8,30 %) em desconformidade com a Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005), e o PT2, 41,66 %. Para o reservatório, cada ponto apresentou 16,66 % dos valores em desacordo com a norma, que estabelece o limite entre 6,0 e 9,0 para pH de águas doces, classe 1.

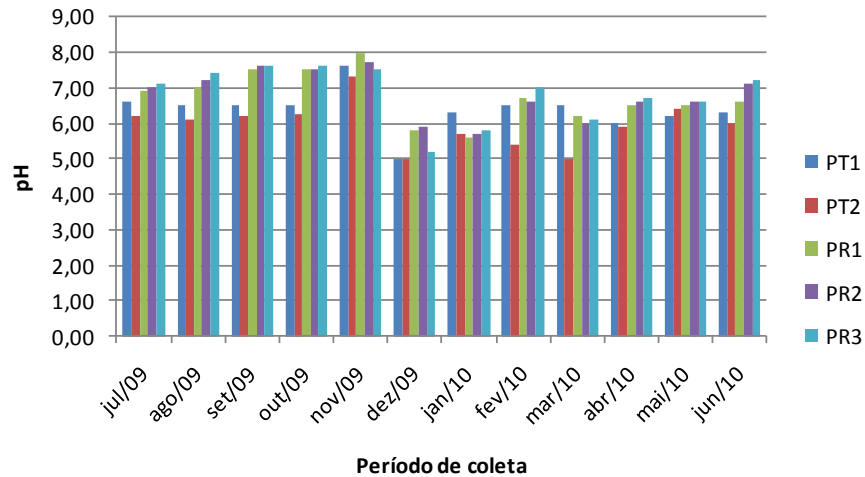
O pH foi um dos parâmetros analisados, que a Resolução CONAMA 274/2000 (BRASIL, 2000) cita como referência para verificar se a água atende aos critérios de balneabilidade, tendo sua condição avaliada nas categorias “própria” ou “imprópria”. De acordo com a referida resolução, em seu artigo 2º, § 4º, letra e, águas consideradas “impróprias” para a balneabilidade, ou seja, destinadas à recreação de contato primário<sup>23</sup>, dentre outros critérios, são aquelas com valores de pH inferiores a 6,0 ou superiores a 9,0 (águas doces), à exceção das condições naturais. Com relação aos resultados obtidos para as amostras analisadas, verificou-se que muitas delas não atendem aos critérios definidos nesta norma, cujos limites são os mesmos que os definidos na Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005). Portanto, foram considerados “impróprios” para esse uso múltiplo da água: o ribeirão dos Burros (PT2), no período de dezembro de 2009 a abril de 2010; o córrego da Grama (PT1), em dezembro de 2009; os pontos da represa, nos meses dezembro de 2009 e janeiro de 2010.

---

<sup>22</sup> Pereira (1991) observou em seu estudo que as estações amostrais 4, 6 e 7 apresentaram valores de pH 5,60, 5,80 e 5,90, respectivamente, para as águas superficiais da represa, no mês de dezembro de 1987. Na atual pesquisa, os valores encontrados para os pontos correspondentes (PR1, PR2 e PR3), foram respectivamente de 5,80, 5,90 e 5,20, em dezembro de 2009. Nas duas pesquisas, os valores foram próximos e houve tendência de acidificação do meio aquático observada para o mesmo mês.

<sup>23</sup> De acordo com a Resolução CONAMA 274/2000 (BRASIL, 2000), artigo 1º, letra i, recreação de contato primário é quando existe contato direto do usuário com os corpos d'água, como a natação, esqui aquático e mergulho.

Os padrões de variação espacial e temporal dos valores de pH da água, nos pontos amostrados entre julho de 2009 e junho de 2010, podem ser visualizados através dos gráficos 9 e 10.



**Gráfico 9:** Variação mensal dos resultados de pH nos pontos amostrados.



**Gráfico 10:** Box plot representativo da variação espacial dos resultados de pH nos pontos amostrados.

### 5.1.5 Cor verdadeira e turbidez

Esses parâmetros serão discutidos em conjunto, uma vez que foi observada uma variação semelhante entre os mesmos nos resultados.

O problema maior de cor na água, em geral, é o estético, já que causa um efeito repulsivo aos consumidores. A cor de uma amostra de água está associada ao grau de redução de intensidade que a luz sofre ao atravessá-la devido à presença de **sólidos dissolvidos**,

principalmente material em estado coloidal orgânico e inorgânico. Substâncias presentes na água, como substâncias húmicas, compostos de ferro (FERNANDES *et al.*, 2005), ou produtos resultantes de reações químicas provenientes do metabolismo do ecossistema, também provocam alterações na coloração da água.

A turbidez de uma amostra de água corresponde ao grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessá-la devido à presença de **sólidos em suspensão**, tais como, partículas inorgânicas (areia, argila e silte), detritos orgânicos, algas, bactérias, plâncton, dentre outros. O aumento da turbidez provoca a redução da fotossíntese no meio e pode diminuir a produtividade de peixes. Logo, a turbidez influencia diretamente nas comunidades biológicas aquáticas. Além disso, afeta adversamente os usos doméstico, industrial e recreacional de um curso d'água (CETESB, 2010).

Nesta dissertação, observou-se que as médias para a cor e turbidez dos tributários foram maiores que do reservatório. Os valores foram respectivamente de  $75,60 \pm 63,21$  mg Pt/L e  $39,67 \pm 44,23$  UNT para os córregos, e  $50,90 \pm 34,52$  mg Pt/L e  $18,91 \pm 15,52$  UNT para a represa. Lamparelli (2004) também constatou que a turbidez de rios é maior do que em reservatórios, na rede de monitoramento do estado de São Paulo.

Apesar de pouca diferença significativa, os valores decrescentes das médias para a cor e turbidez de cada ponto amostral da represa (Anexo 1), refletem a tendência geral do efeito da diminuição da sedimentação proveniente da zonação longitudinal ao longo da mesma, da zona próxima à entrada dos tributários para a barragem (THORNTON, 1990b).

Para a represa, as maiores médias para a cor e turbidez foram respectivamente de  $57,33 \pm 29,27$  mg Pt/L e  $20,64 \pm 14,32$  UNT, obtidas no PR1. Este ponto localiza-se em uma região de maior fluxo, sendo fortemente influenciada pelos afluentes (THORNTON, 1990b).

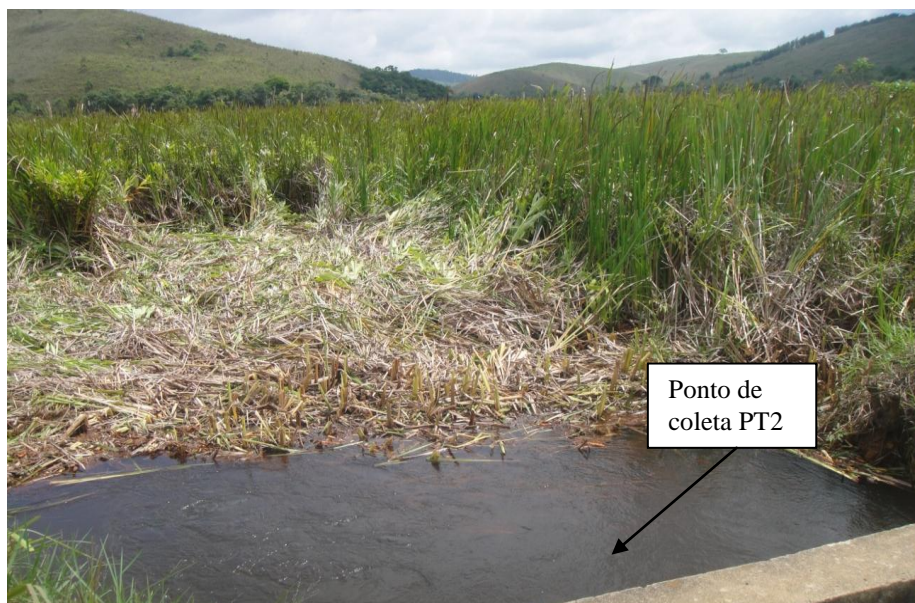
Comparando-se os dois tributários, as menores médias para a cor e turbidez foram obtidas para o córrego da Grama (PT1), sendo respectivamente  $62,80 \pm 66,22$  mg Pt/L e  $26,64 \pm 32,65$  UNT. Este ambiente possui águas mais estagnadas pelo acúmulo de plantas aquáticas e características lânticas, que favorecem a sedimentação e, conseqüentemente, influenciando nestes menores resultados.

As maiores médias para a cor e turbidez foram obtidas no ribeirão dos Burros (PT2), cujos valores são respectivamente  $88,48 \pm 60,07$  mg Pt/L e  $52,70 \pm 51,52$  UNT. A explicação está na presença de esgotos no córrego, provenientes do lançamento clandestino mostrado na fotografia 10. Segundo a CETESB (2010), os esgotos sanitários caracterizam-se por apresentar predominantemente matéria em estado coloidal, que provoca o incremento da cor na água. A elevação da turbidez é causada pelos detritos orgânicos em suspensão contidos nos

mesmos. Além disto, o ribeirão apresentou maior fluxo e turbulência no local da coleta, apesar da infestação de macrófitas na área. O grande desvio padrão verificado nas médias para a cor e turbidez demonstra a intensa variação sazonal para os mesmos.

Foi observada uma relação interessante entre pH, cor e turbidez para este ribeirão (PT2). Associada às maiores médias para a cor e turbidez, observou-se menor média para o pH do que os outros pontos amostrais, existindo uma relação entre esses parâmetros ambientais. Este fato ficou mais evidenciado no período de grande pluviosidade compreendido entre dezembro e abril (total de 990,7 mm de chuvas, até o dia anterior à coleta de abril). Em maio, a cor e turbidez continuaram altas, mas o pH retornou ao equilíbrio. A explicação pode estar associada ao lançamento de esgotos *in natura* no córrego, conforme explicado acima, aliado à presença abundante de macrófitas nesta área. Com relação às plantas aquáticas, o incremento na cor e diminuição do pH pode ser explicado pela presença de colóides orgânicos, como os ácidos húmico e fúlvico, substâncias naturais resultantes da decomposição parcial de compostos orgânicos presentes em folhas de vegetais e em outros substratos (CETESB, 2010). Portanto, através dos resultados encontrados, há indicativos de que esta região de recarga do manancial está sendo impactada pelas reações de decomposição provenientes das plantas aquáticas e da matéria orgânica oriunda dos efluentes domésticos lançados à montante do PT2. Outro produto formado a partir destas reações é o CO<sub>2</sub>, que também contribui para acidificar o meio aquático. Com o aumento das chuvas, o transporte de materiais retidos na tubulação de esgotos e também pelas plantas aquáticas ficou mais intenso, justificando o aumento da turbidez. Além disso, o córrego é desprovido de mata ciliar, sendo mais susceptível ao aporte de sedimentos e partículas provenientes do escoamento superficial. Estas podem transportar íons presentes no solo, que também possibilitam alterações no pH do meio. Haddad (2007) também observou o aumento da turbidez em eventos chuvosos, no estudo do rio São Miguel (MG). Este autor citou que o fato está associado ao impacto e remoção de partículas de solos expostos pela ausência de cobertura vegetal e o posterior transporte por escoamento superficial para os corpos d'água.

Uma observação interessante foi feita nas campanhas de dezembro de 2009 e janeiro de 2010 para este ribeirão: no PT2, as macrófitas haviam sido arrancadas ou cortadas e deixadas na água, à montante do ponto de coleta, conforme pode ser observado na fotografia 11.



**Fotografia 11:** Macrófitas arrancadas ou cortadas e deixadas na água do ribeirão dos Burros, à montante do PT2 (dezembro de 2009 e janeiro de 2010).

**Fonte:** O autor.

A interferência na qualidade da água pode ser percebida nos meses da ocorrência, fazendo-se uma análise espacial dos resultados, comparando-os com os outros pontos amostrais (Anexo I). Foram observados no PT2, respectivamente, em dezembro e janeiro: menores níveis de OD (3,00 e 5,10 mg/L), menores valores de pH (5,00 e 5,70), maiores padrões para a cor (97,0 e 85,0 mg Pt/L) e maiores valores de turbidez (30,00 e 25,00 UNT) do que os outros pontos de coleta. Acredita-se que o fato esteja relacionado à retirada das plantas, que provocou revolvimento e ressuspensão de sedimentos do fundo, interferindo na qualidade da água do ribeirão. Nos meses seguintes à ocorrência (período de fevereiro a maio), foram observados os maiores valores obtidos para cor e turbidez no PT2. Também houve incremento de PT, nitrato e NT em fevereiro e março. Acredita-se que a capacidade das macrófitas funcionarem como um filtro absorvendo nutrientes e partículas, ficou prejudicada quando as mesmas foram arrancadas. Além disso, os nutrientes que tinham sido absorvidos pelas plantas foram sendo disponibilizados para o ambiente, à medida que as mesmas foram deixadas na água. O período chuvoso contribuiu para agravar a situação, favorecendo o maior arraste de poluentes oriundos da bacia de drenagem.

Outra situação semelhante a esta ocorreu no mês de novembro, no córrego da Grama. As macrófitas existentes no local também foram cortadas ou arrancadas e deixadas na água. A ocorrência foi observada na margem direita do córrego, ao lado do PT1, e também na sua foz na represa. O impacto na qualidade da água foi percebido através dos valores máximos obtidos para a cor (246,0 mg Pt/L) e turbidez (115,00 UNT), além de baixo índice de OD

(5,60 mg/L). Acredita-se que a pluviosidade também contribuiu para o resultado dos parâmetros. Foram registrados 75,7 mm de chuvas nos quinze dias anteriores à coleta (04/11/2009), provocando arraste de sedimentos e substâncias que ficam retidas nas plantas para o córrego. Com relação ao pH, ocorreu o valor máximo observado para este ponto amostral (7,60), apresentando comportamento diferente do observado para o ribeirão dos Burros.

Os valores mínimos para a cor observados nos afluentes e reservatório ocorreram em dezembro e janeiro (PT1, PR2 e PR3), sendo considerados “zero”, ou não detectados. Este fato também coincidiu com os mínimos para a turbidez, exceto para o PR3, que teve um valor muito próximo ao mínimo no mês de dezembro.

Os valores máximos para a cor observados nos três pontos do reservatório ocorreram em abril (PR1: 92,0; PR2: 96,0 e PR3: 97,0 mg Pt/L) e estão associados aos máximos obtidos para a turbidez (PR1: 40,60 UNT; PR2: 41,80 UNT e 40,80 UNT) nestes pontos, no mesmo mês. Este fato não está associado à pluviosidade ocorrida anteriormente à coleta, mas provavelmente, a outros eventos que possam ter promovido o incremento destes parâmetros, como a formação de produtos provenientes de reações químicas relativas ao metabolismo do ecossistema, que intensificam a cor da água. Levando-se em conta que a turbidez está associada às partículas em suspensão na massa líquida e que a represa é um ambiente raso, fatores como correntes de vento que revolvem os sedimentos do fundo podem também ter sido a causa do processo (FORD, 1990), porém faltam dados para sustentar essas suposições.

Uma comparação interessante com relação à turbidez cabe ser ressaltada. Na represa Dr. João Penido, os valores de turbidez variaram de 1,00 a 41,80 UNT, sendo que a mesma é desprovida de mata ciliar em quase toda a sua extensão. Estes valores são considerados altos, se comparados com valores encontrados em bacias hidrográficas recobertas por floresta de Mata Atlântica, da ordem de 0,15 a 4,9 UNT, conforme cita Arcova *et al.* (1993 *apud* SILVA, 2009). Isso mostra que a floresta protege o solo contra a erosão, dificultando o carreamento de partículas para o reservatório. Fica evidente a necessidade de se desenvolver projetos de reflorestamento e recomposição da mata ciliar dos corpos d'água da bacia da represa.

Os valores máximos obtidos para cor e turbidez nos tributários ocorreram no ribeirão dos Burros, em novembro (246,0 mg Pt/L e 115,00 UNT) e o fato pode estar relacionado ao índice de chuvas ocorridas anteriormente à campanha (nos quinze dias anteriores, choveu 246,0 mm).

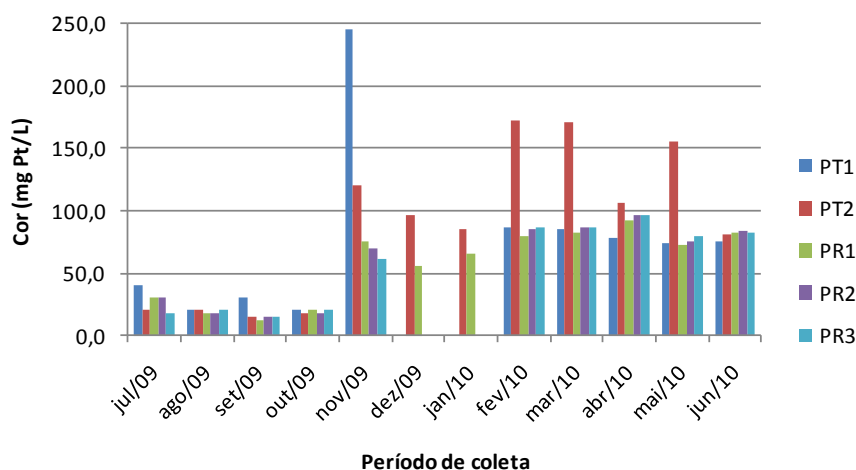
Considerando que os valores máximos para o reservatório ocorreram no período de estiagem e nos tributários, no período de cheia, pode-se inferir que a pluviosidade interfere



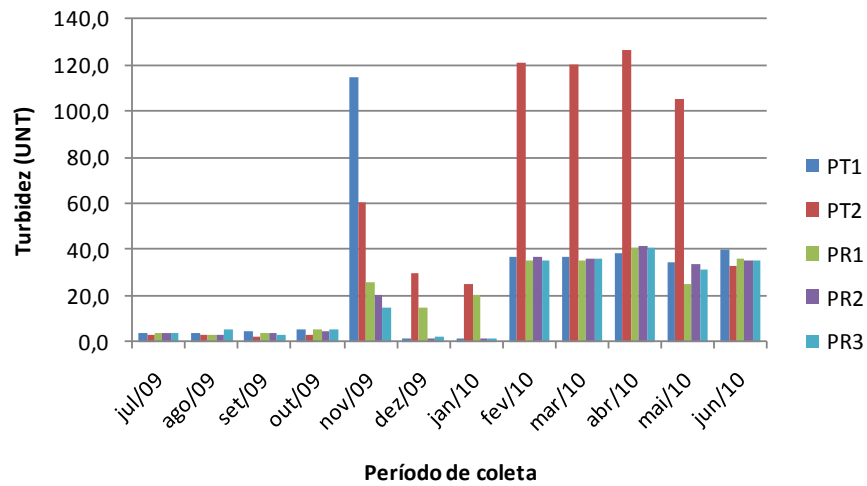
mais na cor e turbidez dos afluentes do que no reservatório, provocando maior impacto relativo ao aporte de sedimentos que são transportados pelas chuvas aos afluentes.

A Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005) não determina valor máximo para a cor, mas estabelece o limite de 40,00 UNT para a turbidez, referente a águas doces classe 1. Todos os pontos do reservatório estiveram em conformidade, exceto em abril, correspondendo a 8,33 % do total analisado para cada ponto. Neste mês foram obtidos os máximos para os três pontos, sendo que o maior registro foi de 41,80 UNT para o PR2. Para os tributários, o PT1 ultrapassou o limite somente no mês de novembro, correspondendo a 8,33 % do total analisado, apresentando o valor de 115,00 UNT. O PT2 teve 41,70 % das medições em desconformidade com esta resolução, sendo que o máximo registrado foi de 126,70 UNT, em abril. Isso demonstra que o ribeirão dos Burros é mais impactado do que o córrego da Grama e, sendo o principal afluente da represa, precisa de cuidados no sentido de protegê-lo dos efeitos do *runoff* provocados pelos impactos das águas de chuva.

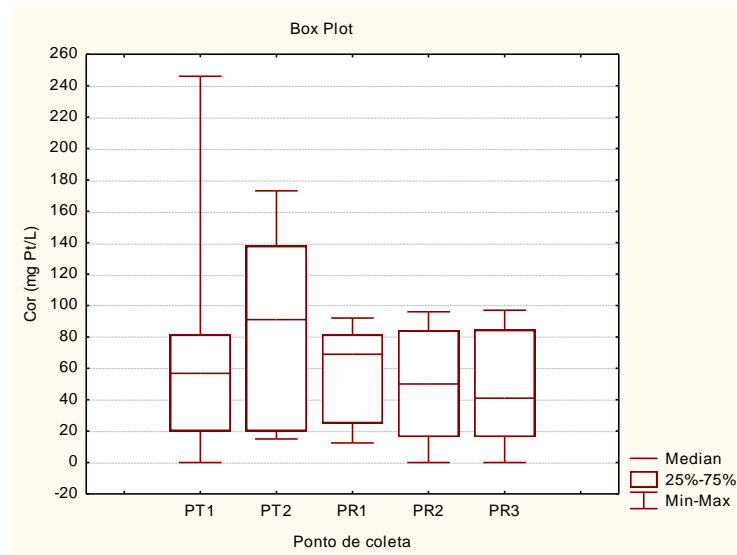
Os padrões de variação espacial e temporal dos valores de cor e turbidez da água, nos pontos amostrados entre junho de 2009 e julho de 2010, podem ser visualizados através dos gráficos 11, 12, 13 e 14. Observou-se que o ribeirão dos Burros (PT2) apresentou maior variação temporal. O córrego da Grama (PT1), pelas características lânticas, apresentou comportamento semelhante à represa (exceto os valores máximos obtidos em novembro para os dois parâmetros), e ambos apresentaram-se mais homogêneos (gráficos 13 e 14).



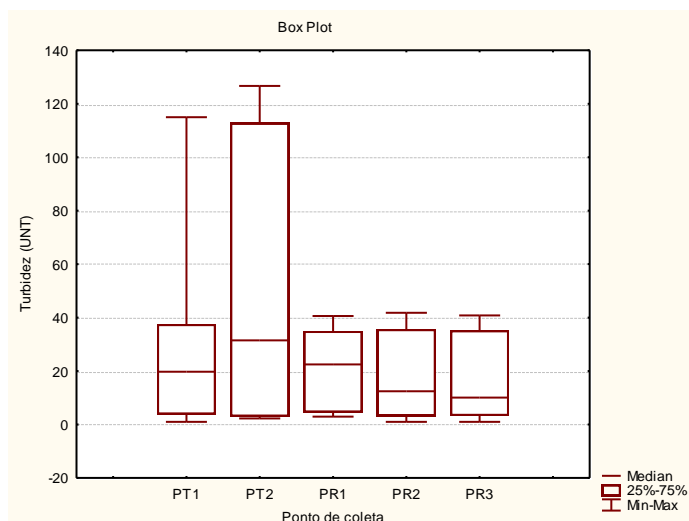
**Gráfico 11:** Variação mensal dos resultados da cor nos pontos amostrados.



**Gráfico 12:** Variação mensal dos resultados de turbidez nos pontos amostrados.



**Gráfico 13:** Box plot representativo da variação espacial dos resultados da cor nos pontos amostrados.



**Gráfico 14:** *Box plot* representativo da variação espacial dos resultados de turbidez nos pontos amostrados.

### 5.1.6 Sólidos totais

Em saneamento, sólidos nas águas correspondem a toda matéria que permanece como resíduo, após evaporação, secagem ou calcinação da amostra a uma temperatura pré-estabelecida durante um período de tempo fixado. As operações de secagem, calcinação e filtração são as que definem as diversas frações de sólidos presentes na água. Para os recursos hídricos, os sólidos podem causar danos aos peixes e à vida aquática. Eles podem sedimentar-se no fundo dos rios ou reservatórios destruindo organismos ou danificando os leitos de desova de peixes. Além disso, os sólidos podem reter bactérias e resíduos orgânicos, promovendo decomposição anaeróbia (CETESB, 2010).

O parâmetro sólidos totais começou a ser monitorado a partir de dezembro de 2009. O valor máximo permitido na Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005) é 500 mg/L para águas doces classe 1, e não foi obtido nenhum valor próximo a este limite.

Os máximos foram registrados em dezembro, fato que pode estar associado às intensas chuvas ocorridas, que evidenciaram o transporte de sedimentos para os corpos d'água. Neste mês, todos os pontos apresentaram baixos índices de OD, indicando relação inversa entre estes parâmetros. Para os tributários, o valor de sólidos totais chegou a 180,00 mg/L (PT2) e para a represa, 160,00 mg/L (PR3). À montante deste ponto amostral da represa, o fato pode estar associado à movimentação de terra e

assoreamento observados na margem direita em novembro e dezembro (fotografia 12). Neste último mês, a máxima concentração de sólidos totais para o PR3 pode estar associada ao alto valor para a DBO (13,09 mg/L), baixo índice de OD (5,60 mg/L) e mínimo valor para o pH (5,20) na mesma amostra. Em novembro, sólidos totais e DBO não foram realizados e não há dados para correlacionar. Porém, a interferência na água pode ser percebida, com efeito pouco pronunciado, através dos parâmetros cor (62,0 mg Pt/L) e turbidez (15,0 UNT), que aumentaram cerca de três vezes, de outubro para novembro.



**Fotografia 12:** Movimentação de terra e erosão na margem direita da represa, à montante do PR3 (novembro e dezembro de 2009).

**Fonte:** O autor.

Em dezembro, fato semelhante ocorreu à montante do PR1 e também merece ser destacado. Houve movimento de terra e queima de vegetação na margem direita da represa, como pode ser visto na fotografia 13. O solo ficou exposto e, com o alto índice de chuvas, o transporte de sedimentos e substâncias presentes no solo para a água ficou comprovado através dos laudos. Isso demonstra que as ações antrópicas que ocorrem nas margens da represa, principalmente na direita, interferem diretamente na qualidade da água. Neste mês, a máxima concentração de sólidos totais para o PR1 (120,00 mg/L) também pode estar associada ao baixo índice de OD (5,90 mg/L), baixo pH (5,80), alto valor para a cor (56,00 mg Pt/L), bem como alta DBO (10,66 mg/L) para a mesma amostra.



**Fotografia 13:** Movimentação de terra e vegetação rasteira queimada à margem direita da represa, à montante do PR1 (dezembro de 2009).

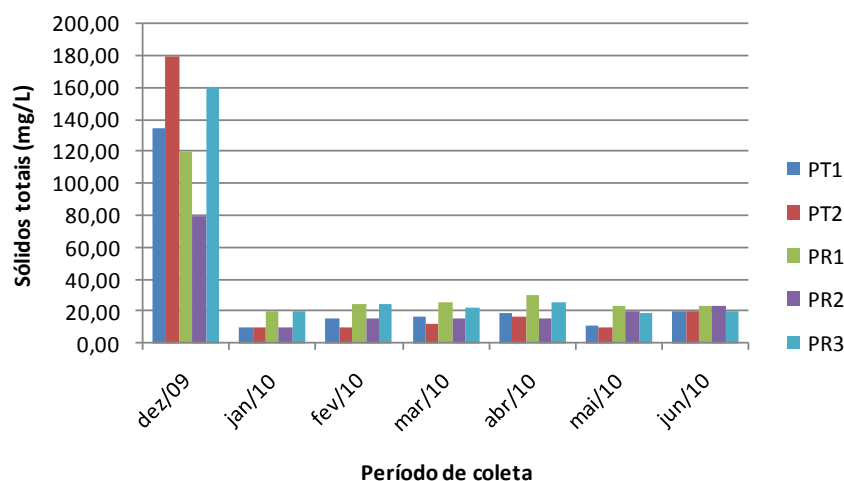
**Fonte:** O autor.

O valor mínimo de sólidos totais para os tributários e represa foi igual a 10,00 mg/L (PT1, janeiro; PT2, janeiro, fevereiro e maio; PR2, janeiro). Para o PT1 e o PR2, observou-se que estes mínimos obtidos em janeiro coincidem com os valores “zero” obtidos para a cor das mesmas amostras, demonstrando estreita relação entre os parâmetros sólidos totais e cor (discutido no item 5.1.5) para estes pontos amostrais. Com relação ao PT2, nas mesmas amostras em que os valores mínimos de sólidos totais foram observados, houve altos valores para a cor, ocorrendo até mesmo o máximo de 173,0 mg Pt/L em fevereiro. Estes resultados indicam que, provavelmente a cor das águas do ribeirão dos Burros não está associada ao parâmetro sólidos totais, mas sim, a substâncias formadas a partir de reações químicas provenientes do metabolismo do ecossistema, como a decomposição de matéria orgânica e de plantas aquáticas existentes no local (discutido no item 5.1.5).

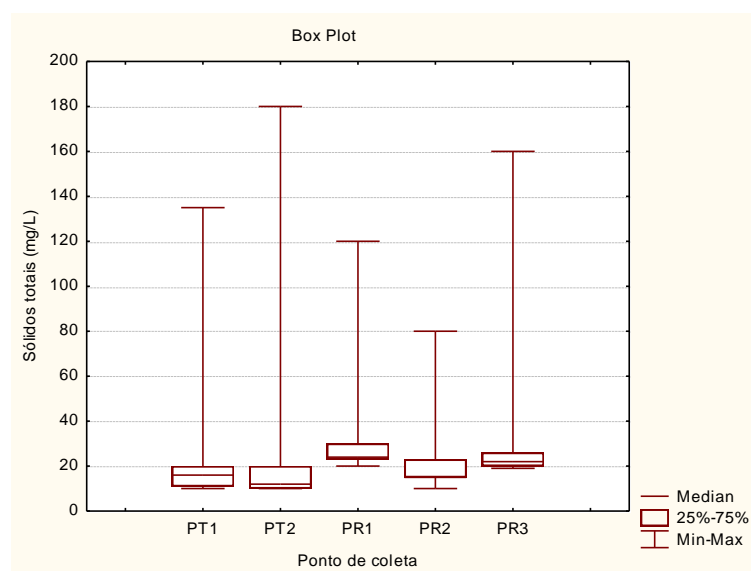
A média para os pontos dos tributários foi  $34,57 \pm 52,96$  mg/L e para os pontos da represa  $34,95 \pm 38,02$  mg/L. As maiores médias foram respectivamente de  $36,86 \pm 63,23$  mg/L (PT2) e  $41,57 \pm 52,28$  mg/L (PR3). Esta maior média observada para o PR3, demonstra que a região próxima à barragem é receptora de sedimentos provenientes de processos erosivos das margens, bem como do escoamento superficial da bacia de drenagem. Esta zona deveria apresentar menores concentrações de sólidos

totais e águas de melhor qualidade, uma vez que está próxima à captação de água (ETA).

Os padrões de variação espacial e temporal dos valores de sólidos totais, nos pontos amostrais entre dezembro de 2009 e junho de 2010, podem ser visualizados através dos gráficos 15 e 16.



**Gráfico 15:** Variação mensal dos resultados de sólidos totais nos pontos amostrados.



**Gráfico 16:** Box plot representativo da variação espacial dos resultados de sólidos totais nos pontos amostrados.

### 5.1.7 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO<sub>5,20</sub>)

A DBO<sub>5,20</sub> (ou simplesmente DBO) de uma água representa a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia, em produtos inorgânicos estáveis ou mineralizados, tais como água, gás carbônico, sulfatos, fosfatos, nitratos, dentre outros. A DBO<sub>5,20</sub> é considerada como a quantidade de oxigênio consumido em teste padronizado, durante um determinado período de tempo (5 dias) e em temperatura de incubação específica (20 °C) (CETESB, 2010).

Despejos de origem predominantemente orgânica provocam o aumento dos índices de DBO nos corpos d'água. A presença de alto teor de matéria orgânica pode levar ao completo esgotamento do oxigênio na água, provocando o desaparecimento de peixes e outras formas de vida aquática. Além de produzir sabores e odores desagradáveis na água, pode ainda obstruir os filtros de areia utilizados nas estações de tratamento de água (CETESB, 2010).

As análises de DBO referentes ao mês de novembro não puderam ser realizadas porque o equipamento estava em manutenção. A Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005) estabelece o valor máximo de 3,0 mg/L para águas doces, classe 1. Todos os resultados encontrados estão em desacordo com esta norma, exceto no mês de janeiro para o PR2, onde foi obtido o valor mínimo de 2,70 mg/L. Isso corresponde a 100,00% para todos os pontos e 90,91% para o PR2, do total de amostras em desconformidade com a referida resolução.

O valor máximo registrado para os tributários foi de 16,21 mg/L (PT1) e ocorreu em abril. O mês de março foi o mês de maior pluviosidade do período (320,6 mm). Por isso, em relação ao córrego da Grama (PT1), que sofre maior influência da poluição difusa, o maior impacto ocorreu após o mês de maior índice de chuvas. Para este ambiente, constatou-se o seguinte: em janeiro, o ponto de coleta quase desapareceu pelo acúmulo de sedimentos e macrófitas. Apesar do mês de dezembro ter sido o de segunda maior pluviosidade, não foi suficiente para que o volume de água do córrego aumentasse, observando-se em janeiro a pior situação deste afluente, durante o período deste estudo, conforme fotografia 14.



**Fotografia 14:** Córrego da Grama com pouca vazão e volume de água, assoreado por sedimentos e macrófitas (janeiro de 2010).

**Fonte:** O autor.

Acredita-se que o somatório de chuvas ocorridas desde o início do período chuvoso (outubro) até fevereiro/março, foi sendo absorvido por toda a área brejosa coberta por macrófitas, à direita e à montante do córrego, amortecendo o impacto dessas águas pluviais. O volume de água da área sob as plantas e no córrego foi aumentando gradativamente. Nesta situação observada, os sedimentos e a matéria orgânica foram ficando retidos e sendo acumulados pelas plantas aquáticas, existentes em abundância na região. Assim, o transporte de materiais provenientes dessas áreas à montante até o PT1 foi lento e gradativo, devido à barreira física promovida por esses vegetais. Isso pode ser evidenciado através dos valores crescentes para a DBO no PT1, de dezembro para março (Anexo I). As intensas chuvas deste último mês provocaram revolvimento e ressuspensão de sedimentos acumulados em toda a área coberta por macrófitas à montante do ponto de coleta, bem como o aumento do volume da água do córrego no mês seguinte (fotografia 15). O transporte foi facilitado pelo maior fluxo, incrementando o teor de carga orgânica na água, culminando no valor máximo de DBO obtido em abril.





**Fotografia 15:** Córrego da Grama após o mês de maior pluviosidade do período: maior volume de água (abril de 2010).

**Fonte:** O autor.

O valor máximo de DBO obtido para o reservatório foi de 14,50 mg/L (PR2) e ocorreu em setembro. Em agosto, choveu apenas 7,25 mm, levando a uma maior concentração de carga orgânica na água. Fazendo uma análise espacial, cabe ressaltar que neste mês, todos os pontos amostrais apresentaram altos valores de DBO, confirmando a influência da estiagem sobre este parâmetro ambiental.

Uma análise feita com relação à DBO dos tributários merece destaque. Foram observados dois períodos distintos: o primeiro, de julho a outubro de 2009 e o segundo, de dezembro de 2009 a junho de 2010. Os resultados obtidos no primeiro período (total de 253,88 mm de chuvas) revelam que o córrego da Grama (PT1) apresentou todos os valores de DBO menores do que os obtidos para o ribeirão dos Burros (PT2). No segundo período (total de 1032,83 mm de chuvas), ocorreu o contrário: o ribeirão dos Burros (PT2) apresentou menores valores de DBO, se comparados com o outro córrego (Anexo I). A explicação se dá no tipo de poluição que cada tributário sofre mais impacto, e nas características lânticas e lóxicas dos pontos amostrais. O córrego da Grama sofre maior influência de poluição difusa, onde a carga de poluentes é resultante do escoamento superficial da bacia de drenagem ou das águas de infiltração. Poluentes importantes que se enquadram nessa categoria são aqueles que ficam armazenados no solo, como os nutrientes (fósforo e nitrogênio), patógenos, sólidos, matéria orgânica, dentre outros, e que são transportados pelas águas pluviais para o córrego. Os efeitos

provocados por fontes dessa natureza são intensificados durante os períodos chuvosos (BRASIL, 2009). As características lânticas deste afluyente também favorecem o acúmulo de matéria orgânica. Isso explica os maiores valores para a DBO obtidos em relação ao outro córrego, no período onde o somatório de chuvas foi maior (dezembro a junho). Já o ribeirão dos Burros, também sofre influência de poluição difusa, mas acredita-se que o maior impacto na qualidade de suas águas é proveniente da fonte pontual de poluição mostrada na fotografia 10 (descarga clandestina de efluentes). Os maiores impactos deste tipo de fonte são sentidos no período de estiagem, quando a vazão reduzida do córrego limita sua capacidade de diluição (BRASIL, 2009). Isso explica os maiores valores de DBO observados neste ribeirão, no período em que o somatório de chuvas foi menor (julho a outubro), se comparados ao outro córrego. Neste período, o fluxo de água também foi menor no ponto de coleta, o que favoreceu o incremento da DBO.

Outra análise que merece ser destacada ocorreu em janeiro, onde foi obtida a concentração máxima para a represa, no PR3. Acredita-se que contribuiu para esse resultado, a erosão observada à margem direita da mesma, à montante do ponto de coleta (fotografia 16). Observou-se que, além do máximo para a DBO neste ponto, também houve baixos valores para o pH e o OD (5,70 e 5,80 mg/L, respectivamente) e alto valor para o PT (0,033 mg/L) na mesma amostra.



**Fotografia 16:** Erosão na margem direita da represa, à montante do PR3 (janeiro de 2010).

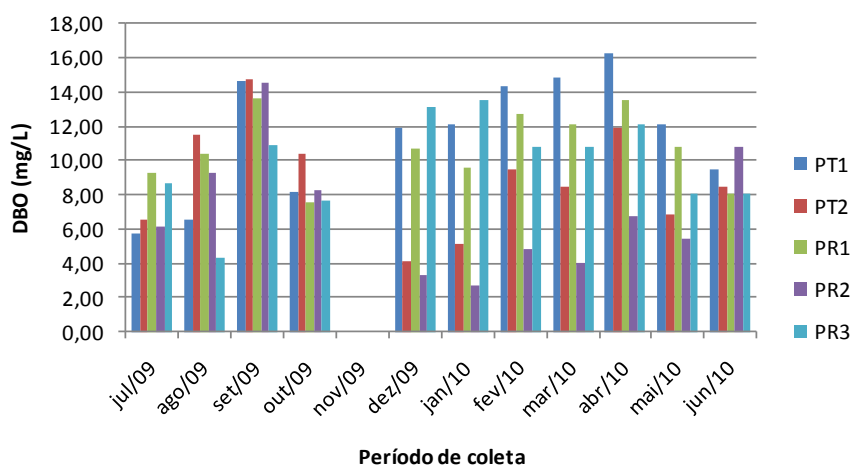
**Fonte:** O autor.

Os resultados mínimos obtidos para a DBO nos tributários e represa foram respectivamente, 4,11 mg/L (PT2, dezembro) e 2,70 mg/L (PR2, janeiro).

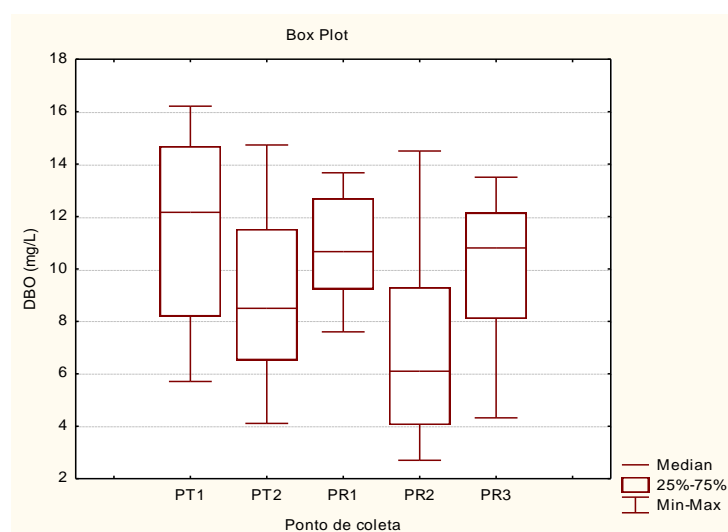
A média para os pontos dos tributários foi  $10,17 \pm 3,54$  mg/L e para os pontos da represa,  $9,16 \pm 3,23$  mg/L. As maiores médias obtidas foram  $11,47 \pm 3,55$  mg/L (PT1) e  $10,76 \pm 2,06$  mg/L (PR1), respectivamente. Para o ponto da represa, o resultado era de se esperar, pois o PR1 está localizado próximo à entrada dos tributários, recebendo contribuição direta de carga orgânica dos mesmos, além do escoamento superficial da bacia de drenagem. Para o córrego da Grama, a justificativa está na vulnerabilidade deste ambiente ao aporte de carga orgânica de origem autóctone e também oriunda do escoamento superficial. O pequeno talude existente em sua margem direita contribui para o carreamento de sedimentos e outros materiais presentes no solo para a água. As características lânticas deste ambiente também favorecem o acúmulo de matéria orgânica no local. A situação é agravada pela ausência de mata ciliar, que compromete a qualidade hídrica deste afluente.

A menor média para a DBO na represa ( $6,90 \pm 3,56$  mg/L) ocorreu próximo à zona intermediária (PR2). A tendência geral de ter menores concentrações de DBO na região próxima à barragem não ocorreu, sendo que o PR3 apresentou média de  $9,83 \pm 2,74$  mg/L. Os processos de degradação das margens à montante deste ponto contribuem para o carreamento de sedimentos para a água (fotografias 12 e 16). Como eles transportam matéria orgânica presente nos solos, ocorre o incremento da DBO. Outro fato que contribui para este processo são as ocupações ao longo de toda a represa, que provocam poluição difusa difícil de ser detectada e mensurada. Os moradores do local próximo ao PR3 informaram que possuem fossas ou sumidouros. Porém, não se sabe se as mesmas possuem manutenção adequada e se a contaminação chega aos corpos d'água através de percolação no solo. Portanto, para a represa em estudo, a tendência de diminuição da concentração de cargas orgânicas provocadas pela zonação longitudinal não foi observada. Kennedy e Walker (1990) relatam que ao longo do reservatório, o declínio da concentração de substâncias e materiais dissolvidos da região próxima à entrada dos afluentes para a barragem pode não ser uniforme, e isso foi observado na represa Dr. João Penido.

Os padrões de variação espacial e temporal dos valores de DBO, nos pontos amostrados entre julho de 2009 e junho de 2010, podem ser visualizados através dos gráficos 17 e 18.



**Gráfico 17:** Variação mensal dos resultados de DBO nos pontos amostrados.



**Gráfico 18:** Box plot representativo da variação espacial dos resultados de DBO nos pontos amostrados.

### 5.1.8 Íon amônio ( $\text{NH}_4^+$ )

O nitrogênio pode ser encontrado nas águas basicamente em duas formas: reduzida (nitrogênio orgânico e amoniacal) e oxidada (nitrito e nitrato).

Diversas são as fontes que contribuem para a presença deste elemento nas águas naturais, como por exemplo, alguns efluentes industriais. Mas geralmente, os esgotos sanitários constituem a principal fonte, através de lançamentos de nitrogênio orgânico, proteínas e nitrogênio amoniacal, contribuindo também através da reação de hidrólise da uréia

que ocorre na água (CETESB, 2010). A atmosfera é outra fonte importante de nitrogênio devido a diversos mecanismos, dentre eles, a biofixação desempenhada por algumas bactérias e algas. Estes organismos incorporam o nitrogênio atmosférico em seus tecidos, possibilitando a presença de nitrogênio orgânico na massa líquida. Outro mecanismo relevante é a fixação química, reação que depende da presença de luz, e concorre para a presença de amônio e nitratos nas águas. Outras fontes que merecem destaque são as lavagens da atmosfera poluída pelas águas pluviais e o escoamento superficial proveniente de solos fertilizados em áreas agrícolas (CETESB, 2010).

Algumas espécies de peixes são muito sensíveis à presença de amônia no meio, sendo que muitas não suportam concentrações acima de 5,0 mg/L. Esta substância também provoca consumo de OD das águas naturais ao ser oxidada biologicamente. Por estes motivos, a concentração de nitrogênio amoniacal é normalmente utilizada na constituição de índices de qualidade das águas, sendo importante parâmetro de classificação das águas naturais (CETESB, 2010).

Com relação aos resultados do íon amônio obtidos nesta dissertação, a amostra de julho foi perdida e por isso a análise não foi realizada.

Todos os valores obtidos estiveram bem abaixo dos limites estabelecidos na Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005), que estabelece o seguinte: 3,7 mg/L (  $\text{pH} \leq 7,5$ ); 2,0 mg/L (  $7,5 < \text{pH} \leq 8,0$ ); 1,0 mg/L (  $8,0 < \text{pH} \leq 8,5$ ); 0,5 mg/L (  $\text{pH} > 8,5$ ), para águas doces, classe 1.

Apesar da pouca diferença entre os resultados das médias de cada ponto amostral da represa<sup>24</sup> (Anexo 1), foi observada a tendência geral de diminuição de concentração deste íon na água, da região próxima à entrada dos córregos para a barragem.

As médias para os pontos dos córregos e reservatório foram  $0,08 \pm 0,08$  mg/L e  $0,08 \pm 0,05$  mg/L. A maior média registrada para os afluentes foi  $0,09 \pm 0,11$  mg/L (PT2) e para a represa foi  $0,10 \pm 0,05$  mg/L (PR1), sendo que este último se justifica por estar próximo à zona fluvial.

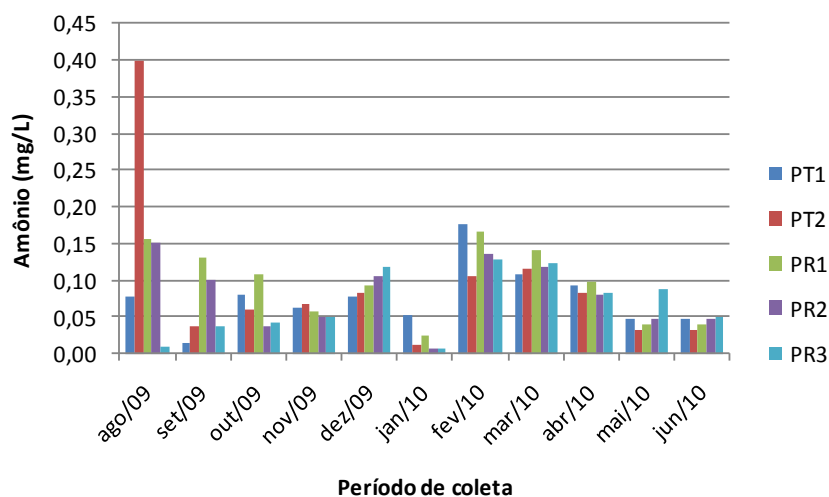
Houve um pico registrado para os afluentes, de 0,40 mg/L (PT2, agosto) e o máximo registrado na represa foi de 0,17 mg/L (PR1, fevereiro).

---

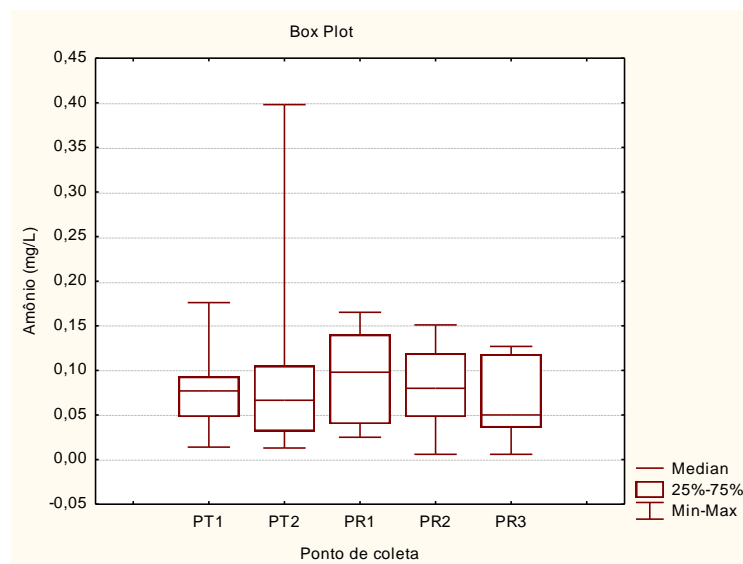
<sup>24</sup> Pereira (1991) observou em seu estudo que as estações amostrais 4, 6 e 7 apresentaram valores de amônio, respectivamente de 31,07, 39,53 e 18,76  $\mu\text{g/L}$  para as águas superficiais da represa, no mês de dezembro de 1987. Na atual pesquisa, os valores encontrados para os pontos correspondentes (PR1, PR2 e PR3), foram bem maiores, sendo obtidos respectivamente, valores de 92,23, 106,98 e 118,24  $\mu\text{g/L}$ , em dezembro de 2009.

A concentração mínima observada nos afluentes foi 0,01 mg/L (PT1, setembro e PT2, janeiro) e na represa também foi 0,01 mg/L (PR2 e PR3, janeiro; PR3, agosto).

Os padrões de variação espacial e temporal dos resultados de amônio, nos pontos amostrados entre agosto de 2009 e junho de 2010, podem ser visualizados através dos gráficos 19 e 20.



**Gráfico 19:** Variação mensal dos resultados de amônio nos pontos amostrados.



**Gráfico 20:** Box plot representativo da variação espacial dos resultados de amônio nos pontos amostrados.

### 5.1.9 Íon nitrito ( $\text{NO}_2^-$ )

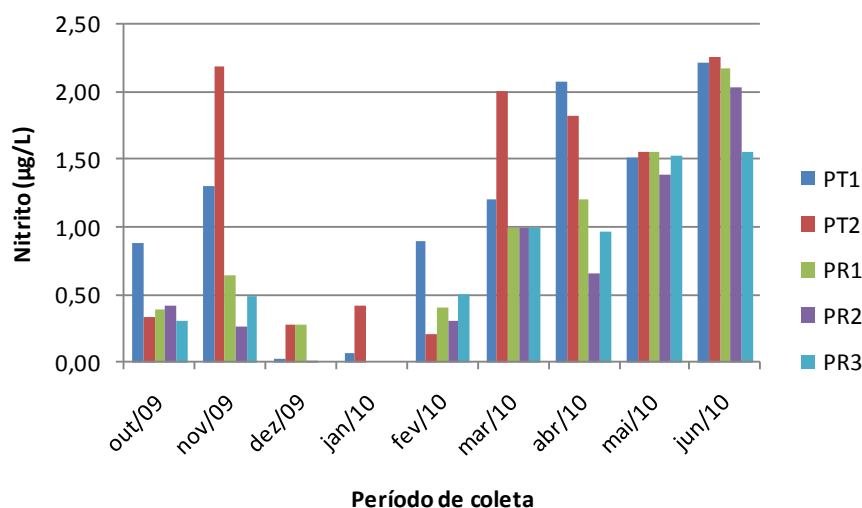
Este parâmetro passou a ser monitorado a partir de outubro de 2009. Todos os valores ficaram bem abaixo dos limites preconizados na Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005), ou seja, 1,0 mg/L para águas doces, classe 1. Não foi observada variação sazonal significativa para o nitrito.

As médias para os pontos dos córregos e reservatório foram  $1,18 \pm 0,81 \mu\text{g/L}$  e  $0,74 \pm 0,64 \mu\text{g/L}$ , respectivamente. A maior média registrada para os afluentes foi  $1,23 \pm 0,90 \mu\text{g/L}$  (PT2) e para a represa,  $0,85 \pm 0,70 \mu\text{g/L}$  (PR1).

As concentrações máximas foram obtidas em junho e os valores são  $2,26 \mu\text{g/L}$  (PT2) e  $2,18 \mu\text{g/L}$  (PR1).

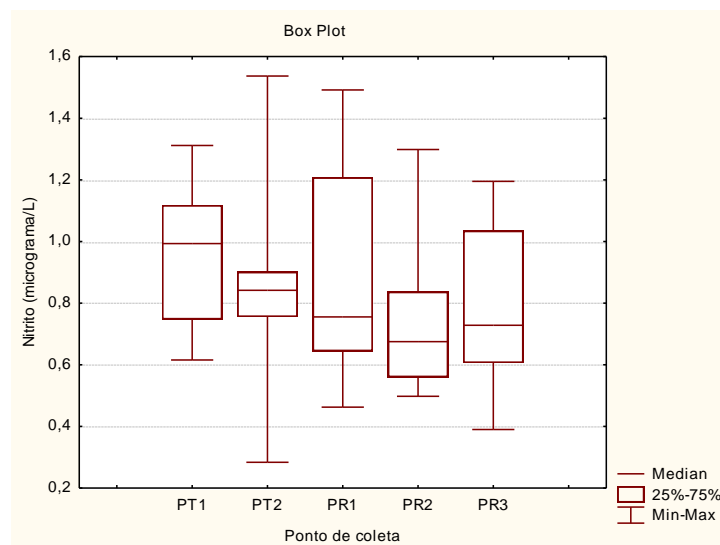
A mínima para os afluentes foi  $0,2 \mu\text{g/L}$  (PT2) no mês de fevereiro. Para a represa, o valor foi zero ou abaixo do nível de detecção do método e ocorreu em dezembro<sup>25</sup> (PR3) e janeiro (para os três pontos).

Os padrões de variação espacial e temporal dos valores de nitrito, nos pontos amostrados entre outubro de 2009 e junho de 2010, podem ser visualizados através dos gráficos 21 e 22.



**Gráfico 21:** Variação mensal dos resultados de nitrito nos pontos amostrados.

<sup>25</sup> Pereira (1991) observou em seu estudo que as estações amostrais 4, 6 e 7 apresentaram valores de nitrito, respectivamente de 0,82, 0,79 e 0,95  $\mu\text{g/L}$  para as águas superficiais da represa, no mês de dezembro de 1987. Na atual pesquisa, os valores encontrados para os pontos correspondentes (PR1, PR2 e PR3), foram menores, sendo obtidos respectivamente, valores de 0,28, 0,01 e 0,00  $\mu\text{g/L}$ , em dezembro de 2009.



**Gráfico 22:** *Box plot* representativo da variação espacial dos resultados de nitrato nos pontos amostrados.

### 5.1.10 Íon nitrato ( $\text{NO}_3^-$ )

O íon nitrato começou a ser analisado a partir de janeiro de 2010. Verificou-se que todos os resultados estiveram bem abaixo do valor máximo permitido pela Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005), que determina o limite de 10,0 mg/L para águas doces, classe 1. Apesar de não ter sido feito o monitoramento durante o ciclo anual, foi observada relação direta com o aumento da pluviosidade entre os meses janeiro e abril (cheia), através do aumento gradativo das concentrações de nitrato na água dos pontos amostrais. Nos meses de maio e junho (estiagem), houve diminuição das concentrações deste íon em todas as amostras analisadas.

As concentrações máximas registradas para os córregos e a represa ocorreram em março, mês com maior índice de pluviosidade (320,6 mm). Para os tributários e represa, os valores foram 1,143 mg/L (PT2) e 1,015 mg/L (PR1), respectivamente. Observou-se que as máximas para os outros pontos ocorreram em fevereiro, mês com alto índice de chuvas (105,75 mm), confirmando a influência sazonal para este parâmetro.

Algumas observações feitas em campo relativas à represa merecem destaque, por demonstrarem a interferência antrópica na qualidade da água e possuir relação com as máximas obtidas nos pontos amostrais. As principais foram:

√ A máxima concentração de nitrato registrada para a represa (PR1) em março, coincidiu com os altos valores para cor, turbidez, DBO, PT e NT, na mesma amostra, além de baixo valor para o pH. O fato pode estar relacionado a erosões e movimentações de terra



observadas em vários locais da margem direita, à montante deste ponto amostral. A fotografia 17 demonstra apenas um dos locais onde o fato foi observado. O aporte de materiais particulados para a represa é evidente e o reflexo na qualidade da água pode ser evidenciado através dos resultados da análise dos parâmetros mencionados acima. O maior índice pluviométrico do período também foi registrado neste mês, o que agravou a situação.



**Fotografia 17:** Erosão e movimento de terra na margem de trás do PR1 (março de 2010).

**Fonte:** O autor.

√ Para o PR3, o valor máximo registrado em fevereiro para o nitrato, pode estar associado ao máximo obtido para o NT na mesma amostra, bem como altos valores para a cor, turbidez e PT. O fato pode ter relação com a queima de vegetação à margem direita da represa, ocorrida anteriormente à campanha e observada à montante deste ponto, conforme fotografia 18. O solo ficou exposto, facilitando o aporte de material alóctone para a represa, podendo ter contribuído para o incremento observado nos parâmetros citados. Esta prática é considerada crime ambiental, conforme artigo 41 da Lei de Crimes Ambientais nº 9.605/1998 (BRASIL, 1998).



**Fotografia 18:** Ilegalidade observada: vegetação rasteira queimada à margem direita da represa, à montante do PR3 (fevereiro de 2010).

**Fonte:** O autor.

Os valores mínimos de nitrato ocorreram em janeiro, sendo que para o reservatório, o resultado foi 0,1265 mg/L (PR1) e para os córregos, 0,0593 mg/L (PT2).

As médias para os pontos dos córregos e reservatório<sup>26</sup> foram  $0,498 \pm 0,317$  mg/L e  $0,505 \pm 0,309$  mg/L, respectivamente. A maior média para os córregos foi  $0,554 \pm 0,261$  mg/L (PT1) e para a represa,  $0,561 \pm 0,360$  mg/L (PR1). O alto desvio padrão confirma a sazonalidade do nitrato para os meios estudados.

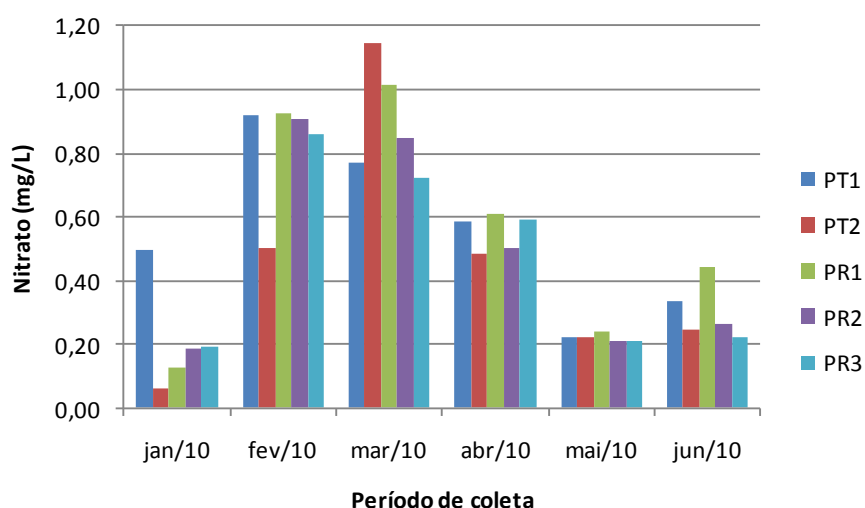
Apesar da pouca diferença significativa, os resultados das médias de cada ponto amostral do reservatório (Anexo 1) refletem a tendência geral de diminuição da concentração de nitrato presente na água, da região fluvial para a lacustre, proveniente da zonação longitudinal ao longo do mesmo.

Através das formas de nitrogênio presentes no meio aquático, pode-se associar a proximidade da fonte de poluição. Se a análise de uma amostra de água de um corpo hídrico demonstrar predominância de nitrogênio orgânico e amoniacal, significa que o foco de poluição se encontra próximo. Se prevalecerem os íons nitrito e nitrato, pode-se inferir que as descargas de esgotos se encontram distantes, pois estas são as formas finais de oxidação do nitrogênio (CETESB, 2010). Comparando os resultados referentes a este período de

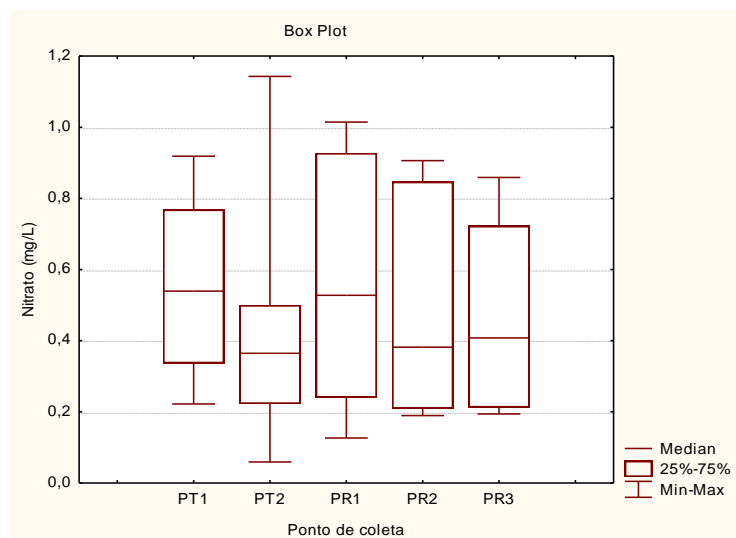
<sup>26</sup> Apesar de não ter sido feito o monitoramento do nitrato em dezembro de 2009, cabe ressaltar que, Pereira (1991) encontrou nas águas superficiais da represa, em dezembro de 1987, valores relativos a este parâmetro nas estações 4, 6 e 7 (correspondentes aos pontos PR1, PR2 e PR3), respectivamente de: 16,87, 17,18 e 16,56 µg/L. Estes resultados foram bem menores que os valores encontrados em qualquer mês monitorado em 2010.

monitoramento do nitrato com o período correspondente para o amônio (janeiro a junho de 2010), verificou-se que todos os valores de nitrato foram superiores aos de amônio em todos os pontos. Isso significa que próximo aos pontos amostrais, provavelmente não existe fonte pontual de poluição por esgotos domésticos nos corpos d'água. Nas zonas de autodepuração natural em rios, distinguem-se as presenças de nitrogênio orgânico na zona de degradação, amoniacal na zona de decomposição ativa, nitrito na zona de recuperação e nitrato na zona de águas limpas (CETESB, 2010). O ponto de lançamento de esgotos, demonstrado na fotografia 10, à montante do PT2, não é próximo o suficiente para que o amônio prevaleça sobre o nitrato na água. Devem existir condições favoráveis no meio que promovem a oxidação do amônio a nitrato, até atingir o PT2.

Os padrões de variação espacial e temporal dos valores de nitrato, nos pontos amostrados entre janeiro e junho de 2010, podem ser visualizados através dos gráficos 23 e 24.



**Gráfico 23:** Variação mensal dos resultados de nitrato nos pontos amostrados.



**Gráfico 24:** *Box plot* representativo da variação espacial dos resultados de nitrato nos pontos amostrados.

### 5.1.11 Nitrogênio total (NT)

O NT corresponde à soma das concentrações de nitrogênio orgânico, amônio, nitrito e nitrato. Este parâmetro começou a ser monitorado a partir de setembro de 2009.

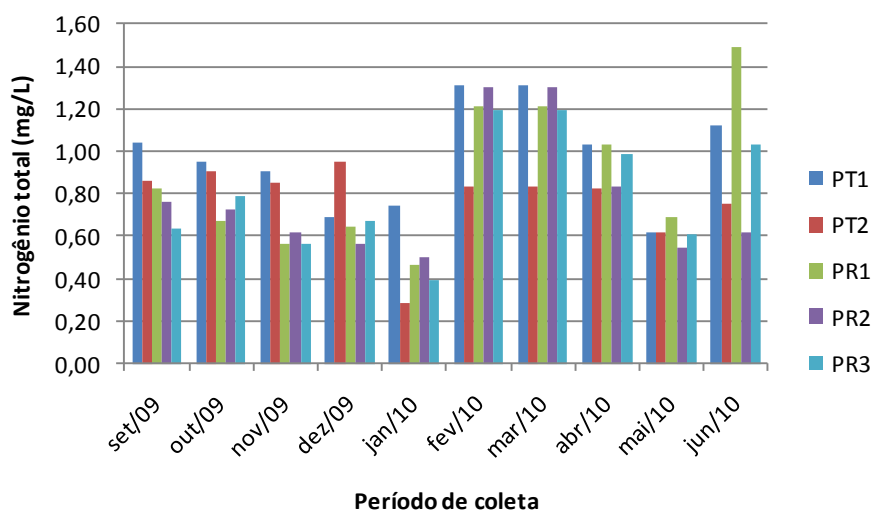
A Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005) menciona em seu artigo 10, § 3º, o seguinte: para águas doces enquadradas nas classes 1 e 2, quando o nitrogênio for fator limitante para eutrofização, o valor de NT após oxidação, não deverá ultrapassar 1,27 mg/L p/ ambientes lênticos e 2,18 mg/L para ambientes lóticos, na vazão de referência. Portanto, como não há estudos para saber se os ambientes monitorados são limitados por fósforo ou nitrogênio, não foi possível verificar se os valores encontrados atendem à referida norma. Pode-se constatar que a citada Resolução é limitada com relação a este parâmetro, devendo pois, ser revista e ampliada. Outros padrões de comparação devem ser definidos, de forma mais abrangente para outros ambientes.

A média obtida para os pontos dos córregos foi  $0,872 \pm 0,236$  mg/L e para os pontos da represa,  $0,820 \pm 0,298$  mg/L. A maior média registrada para os afluentes foi  $0,957 \pm 0,222$  mg/L (PT1) e para a represa,  $0,891 \pm 0,355$  mg/L (PR1).

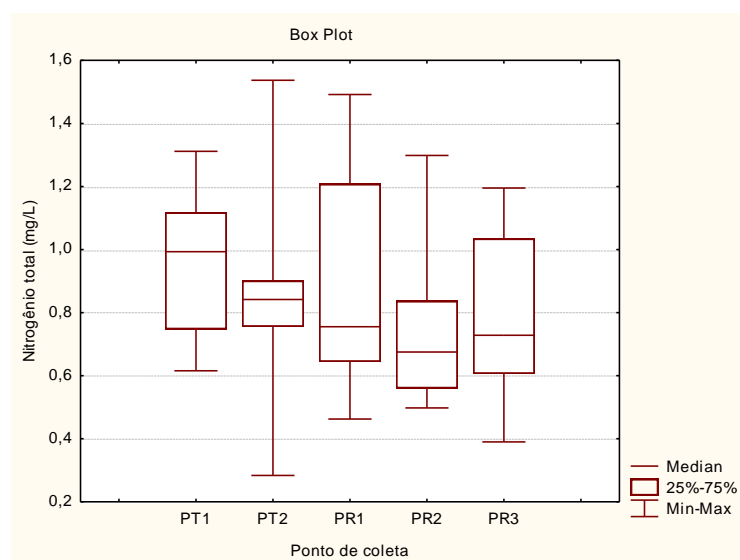
A concentração máxima obtida para os afluentes foi 1,537 mg/L (PT2, março) e para o reservatório, 1,492 mg/L (PR1, junho). Os valores máximos obtidos para o NT em cada ponto coincidiram com os máximos para o nitrato, exceto no PR1, onde o valor de nitrato foi alto, porém não foi o maior.

As mínimas ocorreram em janeiro, e as concentrações foram 0,284 mg/L (PT2) e 0,390 mg/L (PR3) para córregos e represa respectivamente.

Os padrões de variação espacial e temporal dos valores de NT nos pontos amostrados entre setembro de 2009 e junho de 2010, podem ser visualizados através dos gráficos 25 e 26.



**Gráfico 25:** Variação mensal dos resultados de NT nos pontos amostrados.



**Gráfico 26:** Box plot representativo da variação espacial dos resultados de NT nos pontos amostrados.

### 5.1.12 Fósforo total (PT)

O fósforo aparece em águas naturais devido principalmente às descargas de esgotos sanitários, onde os detergentes superfosfatados empregados em larga escala no uso doméstico constituem a principal fonte. Indústrias de fertilizantes, pesticidas, laticínios, dentre outras, produzem efluentes ricos em fósforo. As águas drenadas em áreas agrícolas e urbanas também podem provocar a presença excessiva de fósforo em águas naturais (CETESB, 2010).

Os valores obtidos para o PT nesta dissertação mostraram que em julho de 2009 houve um pico para todos os pontos amostrais. Fato semelhante foi observado por Haddad (2007), sendo que a explicação para este pico pode estar no fato de que grande proporção do transporte de PT presente no solo ocorre durante as precipitações. Little *et al.* (2003 *apud* HADDAD, 2007) relacionam as maiores elevações de PT em rios do Canadá, ao escoamento superficial provocado por eventos de chuvas após épocas secas, sendo que o incremento está relacionado às fontes não pontuais de poluição. Os picos observados em julho de 2009 nos cinco pontos amostrais ocorreram após curto período de seca, seguido de eventos de chuvas. Anterior ao dia da coleta (07 de julho) houve um período de doze dias sem chuvas (13 a 24 de junho), e em seguida, choveu 45,3 mm distribuídos nos doze dias anteriores ao dia da campanha (25 de junho a 06 de julho). Este fato, aliado às fontes difusas de poluição contribuíram para a ocorrência destes picos de PT. As concentrações máximas para os pontos dos afluentes e represa foram respectivamente 0,470 mg/L (PT1) e 0,420 mg/L (PR1 e PR3).

O valor mínimo para os córregos foi 0,009 mg/L (PT1) e ocorreu em dezembro. Para a represa, ocorreu em novembro e o valor foi 0,004 mg/L (PR3).

A média obtida para os pontos dos afluentes foi  $0,078 \pm 0,125$  mg/L para os pontos da represa,  $0,067 \pm 0,107$  mg/L, mostrando que os córregos recebem maior contribuição direta de PT. Lamparelli (2004) também cita que a concentração de PT em rios é maior do que em reservatórios observados no estado de São Paulo. A maior média para os tributários foi  $0,082 \pm 0,129$  (PT1) e para a represa,  $0,068 \pm 0,116$  (PR3).

É oportuno ressaltar que especialmente em fevereiro e março, foram obtidos altos valores para o PT, nitrato e NT (comentado no item 4.1.5), após a retirada das macrófitas no ponto de coleta do ribeirão dos Burros, em dezembro e janeiro (fotografia 11). Cabe evidenciar que, entre o lançamento de esgotos observado à montante e o ponto de coleta, existe grande quantidade de plantas formando uma extensa área brejosa, e também, um importante filtro para o ribeirão e a represa.

Observou-se que muitos resultados referentes ao PT não atenderam à Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005), sendo as seguintes porcentagens, do total de amostras analisadas: PT1, 66,70 %; PR3, 58,33 % e os demais pontos, 50,00 %. Esta norma determina os seguintes limites para o PT: ambiente lêntico: 0,020 mg/L (referência utilizada para os pontos da represa); ambiente intermediário com tempo de residência entre 2 e 40 dias e tributários diretos de ambientes lênticos: 0,025 mg/L (referência utilizada para os pontos dos afluentes); ambiente lótico e tributários de ambientes intermediários: 0,1 mg/L.

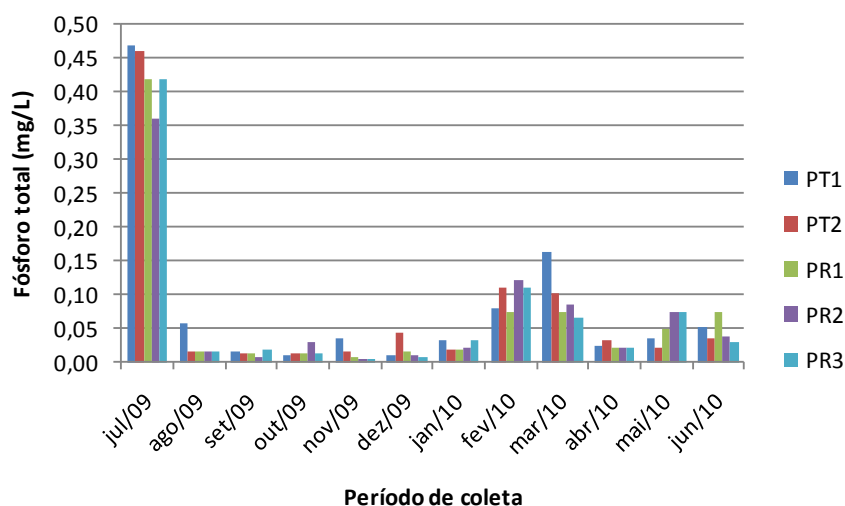
Não foi verificado o efeito da zonação longitudinal ao longo do reservatório para o PT, observando as médias dos pontos do reservatório, sem considerar os respectivos desvios padrão. Os pontos PR1 e PR2 apresentaram iguais valores para a média e o ponto PR3 apresentou a maior média da represa<sup>27</sup>. As regiões lacustres, geralmente são pobres em relação a este nutriente (KIMMEL; LIND; PAULSON, 1990; PAGIORO *et al.*, 2005), porém, isso não foi observado para a represa Dr. João Penido. Provavelmente, as ocupações próximas a este ponto e a degradação das margens à montante, estão contribuindo para a deterioração da qualidade da água, elevando as concentrações de PT no PR3. Movimentos de terra, queimadas, erosões, dentre outras ações danosas foram observadas no decorrer do período deste estudo, mais intensamente à jusante do PR2 e à montante do PR3 (fotografias 12, 16 e 18). Conforme já foi comentado (item 4.1.6), esta zona da represa é região receptora de sedimentos e como eles transportam fósforo, ocorre o incremento deste parâmetro na água. Cabe ressaltar que em fevereiro o alto valor para o PT (0,111 mg/L) pode estar associado à queima da vegetação na margem direita da represa, deixando o solo exposto (fotografia 18) e provocando degradação ambiental (comentado no item 4.1.10).

Considerando a existência de terrenos argilosos nas áreas do entorno dos corpos hídricos estudados, deve-se observar que o carreamento de sedimentos para a água contribui para que o fósforo seja adsorvido pela argila na coluna d'água (LAMPARELLI, 2004; THORNTON, 1990b), podendo torná-lo indisponível. O escoamento superficial contribui para que esse material seja depositado no fundo dos cursos d'água. Este mecanismo ainda precisa ser pesquisado nesses ecossistemas.

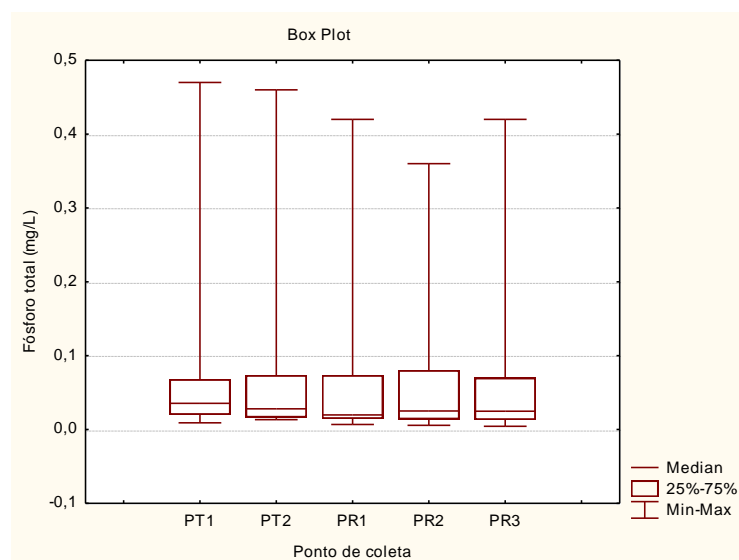
Os padrões de variação espacial e temporal dos valores de PT nos pontos amostrados entre julho de 2009 e junho de 2010, podem ser visualizados através dos gráficos 27 e 28.

---

<sup>27</sup> Os parâmetros sólidos totais e condutividade elétrica também apresentaram a maior média da represa, no PR3.



**Gráfico 27:** Variação mensal dos resultados de PT nos pontos amostrados.



**Gráfico 28:** Box plot representativo da variação espacial dos resultados de PT nos pontos amostrados.

### 5.1.13 Clorofila *a*

A clorofila *a* é um dos pigmentos responsáveis pelo processo fotossintético, além dos carotenóides e ficobilinas. A clorofila *a* é a mais universal das clorofilas (*a*, *b*, *c*, *e* *d*) e representa, aproximadamente, de 1 a 2% do peso seco do material orgânico em todas as algas planctônicas, sendo, por isso, um indicador da biomassa algal. Assim a clorofila *a* é considerada a principal variável indicadora de estado trófico dos ambientes aquáticos (CETESB, 2010).



Todos os resultados obtidos nesta dissertação<sup>28</sup> atenderam à Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005), que estabelece o limite de 10,0 µg/L para águas doces, classe 1.

O valor máximo obtido para a clorofila *a* nos tributários foi 3,75 µg/L (PT1, julho) e para a represa, 5,00 µg/L (PR1, novembro).

Nürnberg (2001) cita que se houver aumento da concentração de fósforo no ecossistema, conseqüentemente haverá incremento de clorofila *a*. Esta abordagem foi evidenciada neste estudo, através dos picos registrados para o PT em todos os pontos em julho de 2009, coincidindo com as concentrações máximas para a clorofila *a* no PT1, PR2 e PR3. O PR1 teve concentração de clorofila *a* próxima à máxima obtida para esta mesma amostra. Nesse mês, somente para o PT2, a relação entre os parâmetros foi inversa, sendo obtida a mínima da clorofila *a* na mesma amostra em que foi registrada a máxima para o PT. Lamparelli (2004) cita que vários fatores influenciam a produtividade do fitoplâncton, além da disponibilidade de nutrientes. Fatores físicos, como a velocidade da água, e as conseqüentes taxas de sedimentação, influenciam a transparência da água e a turbulência do ambiente. O fluxo de água neste ponto amostral apresentou-se bastante intenso ao longo do período deste estudo (apesar de menor em julho, devido à estiagem) e isso pode explicar esta relação inversa ocorrida em julho para os parâmetros PT e clorofila *a*.

Apesar das menores médias obtidas para o PT na represa Dr. João Penido, esta apresentou maior média ( $3,22 \pm 0,76$  µg/L) para a clorofila *a*, se comparada aos córregos afluentes ( $2,12 \pm 0,83$  µg/L). Este fato também foi observado por Lamparelli (2004), quando comparou as concentrações dos dois parâmetros em rios e reservatórios do estado de São Paulo. Esta autora cita que as concentrações de clorofila *a* foram maiores em reservatórios do que em rios paulistas. Por ser ambiente lêntico, o reservatório proporciona maior incidência de luz e acúmulo de nutrientes, favorecendo o incremento da concentração de clorofila *a*.

A maior média dos córregos foi para o PT1 ( $2,53 \pm 0,68$  µg/L), justificada pelas características lênticas deste ambiente. O PT2 apresentou maior vazão, típica de ambientes lóticos, que refletiu nos menores valores para a clorofila *a*. A maior média da represa ocorreu no PR1 ( $3,35 \pm 0,88$  µg/L), demonstrando maior tendência à eutrofização deste ponto,

---

<sup>28</sup> Comparando os resultados com o trabalho desenvolvido em dezembro de 1987 por Pereira (1991), as concentrações de clorofila *a* para as estações 4, 6 e 7 foram respectivamente 9,52, 2,19 e 9,52 µg/L. Nesta dissertação, em dezembro de 2009, os resultados foram 4,25, 3,15 e 3,10 µg/L para os pontos PR1, PR2 e PR3, respectivamente. Nota-se que de 1987 a 2009 os índices de clorofila *a* diminuíram ao longo da represa, porém não há dados suficientes que expliquem o ocorrido, visto que não houve monitoramento da qualidade da água da represa no decorrer deste tempo.

inclusive por estar mais próximo das regiões de cabeceira. A menor média da represa foi para o PR2 ( $3,14 \pm 0,87 \mu\text{g/L}$ ).

O valor mínimo para os córregos foi  $0,30 \mu\text{g/L}$  (PT2, julho) e para a represa,  $2,05 \mu\text{g/L}$  (PR2, janeiro).

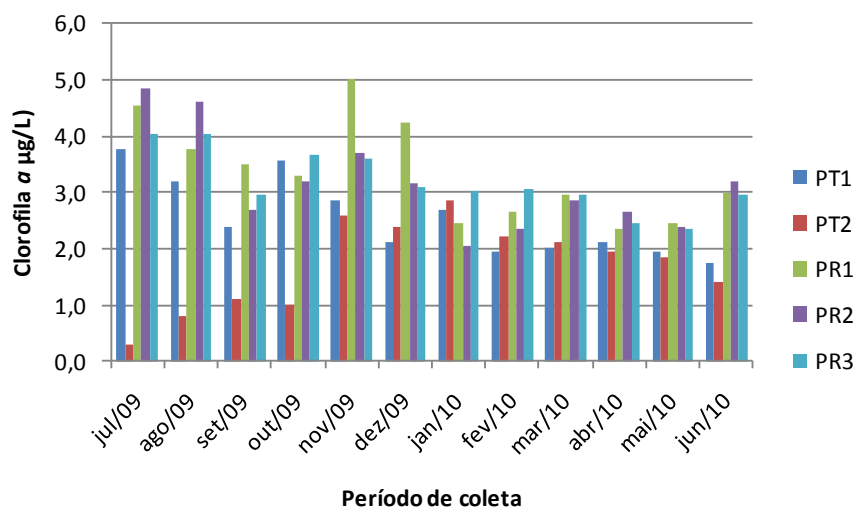
Uma relação interessante entre o mínimo de clorofila *a* e os parâmetros cor e turbidez da amostra do PT1, foi observada na campanha do mês de junho de 2010. Este córrego apresentou sua margem esquerda com muita terra exposta proveniente de capina e remoção da vegetação ciliar, conforme fotografia 19. O mínimo observado para a clorofila *a* ( $1,75 \mu\text{g/L}$ ) neste ponto amostral relaciona-se com os altos valores encontrados para cor e turbidez da amostra ( $75,0 \text{ mg Pt/L}$  e  $40,0 \text{ UNT}$ ). A interferência na qualidade da água também foi percebida através das altas concentrações para o NT, PT e DBO ( $1,12 \text{ mg/L}$ ,  $0,05 \text{ mg/L}$  e  $11,90 \text{ mg/L}$ , respectivamente) e baixo valor para o OD ( $4,5 \text{ mg/L}$ ), refletindo o aporte de sedimentos, nutrientes e matéria orgânica presentes no solo para o córrego (os parâmetros DBO, PT e OD não atenderam à Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005), neste mês). Fato que chamou a atenção foi a perfuração de um poço às margens do córrego sem a autorização do órgão competente.



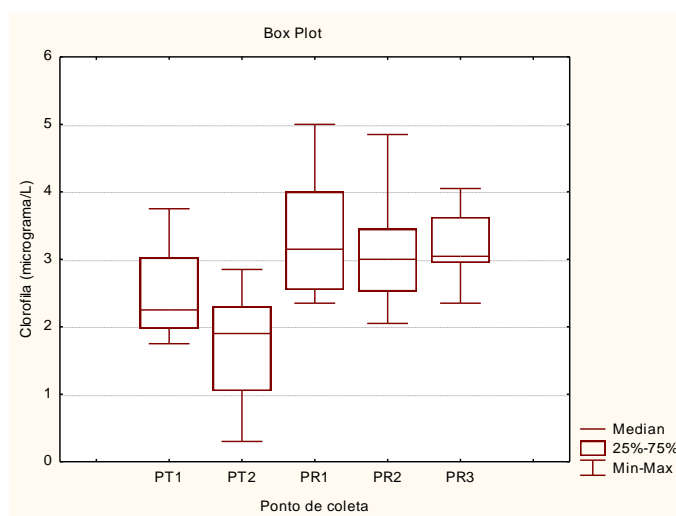
**Fotografia 19:** Ilegalidades observadas: perfuração de poço sem autorização e remoção da vegetação ciliar na margem esquerda do córrego da Grama (junho de 2010).

**Fonte:** O autor.

Os padrões de variação espacial e temporal dos valores de clorofila *a*, nos pontos amostrados entre julho de 2009 e junho de 2010, podem ser visualizados através dos gráficos 29 e 30.



**Gráfico 29:** Variação mensal dos resultados de clorofila *a* nos pontos amostrados.



**Gráfico 30:** Box plot representativo da variação espacial dos resultados de clorofila *a* nos pontos amostrados.

#### 5.1.14 Coliformes termotolerantes

As bactérias do grupo coliformes são consideradas as principais indicadoras de contaminação fecal. De acordo com a Resolução CONAMA 274/2000 (BRASIL, 2000), as bactérias coliformes termotolerantes (coliformes fecais) são pertencentes ao grupo dos coliformes totais, e são caracterizadas pela capacidade de fermentar a lactose com produção

de gás em 24 horas, à temperatura de 44 - 45 °C, em meios com propriedades inibidoras. Estão presentes em fezes humanas e de animais, bem como em solos, plantas ou quaisquer efluentes contendo matéria orgânica.

Seu uso para indicar poluição sanitária mostra-se mais significativo do que o uso da bactéria coliforme “total”, porque as bactérias termotolerantes estão restritas ao trato intestinal de animais de sangue quente. A determinação da concentração de coliformes assume importância como parâmetro indicador da possibilidade da existência de micro-organismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica, tais como disenteria bacilar, cólera, febre tifóide e febre paratifóide (CETESB, 2010).

Este parâmetro, juntamente com coliformes totais começaram a ser monitorados a partir de dezembro de 2009.

Com relação à Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005), todas as amostras apresentaram índice de coliformes termotolerantes bem abaixo do limite máximo definido para águas doces, classe 1. Portanto, não tiveram seus usos comprometidos em relação a este parâmetro. De acordo com essa norma, para uso de recreação (contato primário), devem ser obedecidos os padrões de qualidade previstos na Resolução CONAMA 274/2000 (BRASIL, 2000). Para os demais usos, o limite é 200 coliformes termotolerantes por 100 mL em 80% ou mais, de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de 1 ano, com frequência bimestral.

Conforme abordado acima, coliformes termotolerantes é um dos critérios de referência para avaliar o uso de contato primário das águas, sendo as categorias consideradas “próprias” ou “impróprias”. As águas consideradas “próprias”, podem ser subdivididas em “excelente”, “muito boa” e “satisfatória”. A Resolução CONAMA 274/2000 (BRASIL, 2000) cita em seu artigo 2º, § 1º, letra a, que se em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver no máximo, 250 coliformes termotolerantes por 100 mililitros<sup>29</sup>, a água é considerada de “excelente” qualidade. Foi verificado que todas as amostras apresentaram resultados bem inferiores a este limite, sendo todas consideradas “próprias” e de “excelente” qualidade, em relação a este parâmetro.

O método de análise utilizado não permitiu a quantificação exata de coliformes termotolerantes (tabela 10), mas pode-se observar que sua presença na água é baixa. Sua

---

<sup>29</sup> A Resolução CONAMA 274/2000 (BRASIL, 2000) também cita no referido artigo 2º, § 1º, letra a, o valor máximo de 200 *Escherichia coli* ou 25 enterococos por 100 mililitros para águas consideradas de categoria “excelente”.

origem é proveniente de prováveis contaminações do manancial por esgotos domésticos e de material fecal oriundo da criação de animais no entorno da represa. Esses micro-organismos ficam armazenados no solo e com as chuvas são carregados para os corpos d'água. A relação com o período chuvoso foi evidenciada através da análise de coliformes totais (tabela 11).

**Tabela 10 – Coliformes termotolerantes (NMP/100 mL) em águas de tributários e represa**

Mês	PT1	PT2	PR1	PR2	PR3
dez/09	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
jan/10	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
fev/10	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
mar/10	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
abr/10	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
mai/10	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
jun/10	< 3	4	< 3	< 3	4

### 5.1.15 Coliformes totais

As Resoluções CONAMAs 357/2005 (BRASIL, 2005) e 274/2000 (BRASIL, 2000) não determinam padrões para coliformes totais, mas alguns pontos devem ser considerados, através dos resultados das análises realizadas.

A tabela 11 mostra o incremento deste parâmetro durante os meses de fevereiro e março, indicando relação direta com o período chuvoso, fato também observado por Haddad (2007) no monitoramento do rio São Miguel (MG). Foi registrado nesses dois meses um total de 426,35 mm de chuvas. A relação com o aumento da pluviosidade está associada a dois fatores: ao aumento do transporte dos micro-organismos presentes no solo através do escoamento superficial, bem como aqueles que ficam retidos nas plantas aquáticas e nas tubulações de esgotos clandestinas direcionadas para os córregos.

Os maiores valores registrados para todos os pontos, exceto para o PR1, ocorreram em março, mês com maior índice de chuvas. Para os tributários, o valor máximo foi 1600 NMP/100 mL (PT2). Neste ponto foi registrado um baixo valor de OD (4,80 mg/L), mostrando uma relação inversa entre esses parâmetros para a mesma amostra, fato também observado por Haddad (2007). Para o PR1, o maior resultado foi 240 NMP/100 mL e ocorreu em fevereiro, mês também com alto índice de pluviosidade.

**Tabela 11 – Coliformes totais (NMP/100 mL) em águas de tributários e represa**

<b>Mês</b>	<b>PT1</b>	<b>PT2</b>	<b>PR1</b>	<b>PR2</b>	<b>PR3</b>
dez/09	14	3,6	< 3	< 3	< 3
jan/10	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
fev/10	240	240	240	50	23
mar/10	240	1600	130	80	130
abr/10	220	33	22	17	30
mai/10	23	30	50	60	27
jun/10	33	80	80	33	80

Observando o período de fevereiro a junho (tabela 11), onde foi possível quantificar exatamente os resultados, pode-se inferir que os pontos localizados nas cabeceiras da represa (PT1, PT2 e PR1) são os que indicam maior contaminação por este micro-organismo. O PT2 é o ponto amostral de tributário mais impactado e a justificativa encontra-se no lançamento clandestino de esgotos no córrego, conforme demonstrado no item 5.1.2 (fotografia 10). Não foi possível identificar outros focos de lançamento inadequado de esgotos, mas acredita-se que existem outros lançamentos clandestinos nessas áreas, inclusive com disposição inadequada de efluentes nos solos.

## 5.2 ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA (IQA) MENSAL PARA CADA PONTO

A segunda proposta para avaliar a qualidade da água do manancial foi calcular o IQA dos pontos amostrais no período de dezembro de 2009 a junho de 2010. Os parâmetros sólidos totais e coliformes termotolerantes começaram a ser monitorados a partir de dezembro de 2009, com este objetivo. Só foi possível iniciar o monitoramento do nitrato a partir de janeiro de 2010, por falta de recursos disponíveis.

Através dos resultados do IQA, foi feita uma análise espacial por ponto amostrado, avaliando e caracterizando a qualidade da água de cada um.

O IQA foi calculado com base nos nove parâmetros (temperatura da água, OD, PT, coliformes termotolerantes, sólidos totais, turbidez, nitrato, pH e DBO), os quais já foram discutidos individualmente, bem como outros parâmetros ambientais e algumas relações importantes entre eles, no item 5.1.

Para facilitar os cálculos do IQA, foi utilizada a mesma planilha (Excel) do Projeto “Águas de Minas”, referente ao monitoramento das águas superficiais do estado de Minas

Gerais, gentilmente cedida pelo IGAM (IGAM, 2010a). As fórmulas foram apresentadas no item 3.7.

Com relação ao parâmetro coliformes termotolerantes, onde os valores não foram determinados exatamente ( $< 3$ ), foi utilizado o valor 3,0 para os cálculos do IQA. Este procedimento também é adotado pelo IGAM no monitoramento das águas superficiais de Minas Gerais.

Com relação ao mês de dezembro, onde o parâmetro nitrato não foi monitorado, seu peso foi redistribuído para os outros parâmetros e o IQA foi calculado.

De uma maneira geral, o IQA excelente não foi observado em nenhum ponto amostral da represa e córregos estudados, assim como ocorre no monitoramento das águas superficiais do estado de Minas Gerais. Esta condição vem sendo observada na maioria dos corpos d'água ao longo do trabalho desenvolvido no projeto “Águas de Minas”, desde 1997 (IGAM, 2010b).

### 5.2.1 Análise dos tributários

Os resultados do IQA referentes aos tributários estão demonstrados na tabela 12. Foi verificado que em janeiro, os dois afluentes apresentaram melhora na qualidade da água, com maior resultado de IQA e índice classificado como “bom”.

**Tabela 12 – Resultados IQA tributários**

Mês	Ponto	IQA	Classificação
dez/09	PT1	61,6	Médio
Jan/10	PT1	72,5	Bom
fev/10	PT1	64,4	Médio
mar/10	PT1	62,4	Médio
abr/10	PT1	62,1	Médio
mai/10	PT1	67,4	Médio
jun/10	PT1	69,3	Médio
dez/09	PT2	63,0	Médio
jan/10	PT2	72,9	Bom
fev/10	PT2	49,3	Ruim
mar/10	PT2	47,0	Ruim
abr/10	PT2	52,0	Médio
mai/10	PT2	59,1	Médio
jun/10	PT2	69,3	Médio

#### Córrego da Grama (PT1):

Este tributário apresentou predominância do nível de qualidade classificado como “médio” em 85,71 % dos resultados. Levando-se em conta os pesos de cada parâmetro, a influência maior neste resultado deve-se aos altos valores de DBO e PT observados para o PT1.

O nível “bom” foi obtido em janeiro, correspondendo a 14,29 % dos resultados. Os parâmetros que influenciaram neste resultado foram os bons índices de OD e pH, que possuem maior peso. A turbidez foi muito baixa e isso também contribuiu, apesar de seu peso no cálculo do IQA ser baixo também.

#### Ribeirão dos Burros (PT2):

O principal afluente da represa apresentou 57,14% dos resultados com nível de qualidade da água classificado como “médio”. A predominância de baixos valores de OD e pH, além de altos valores para a DBO contribuíram para este resultado. Em fevereiro e março, a qualidade foi “ruim”, correspondendo a 28,58% do total analisado. Além dos parâmetros já citados, tiveram peso neste resultado, os altos valores para o PT. Apesar de seu baixo peso no cálculo do IQA, a turbidez também contribuiu, por apresentar altos valores nesses meses.

Em janeiro, a qualidade da água foi “boa”, correspondendo a 14,28 % dos resultados obtidos. Os parâmetros que tiveram maior influência foram os baixos teores de nitrato e PT. Apesar do baixo peso, o parâmetro sólidos totais também contribuiu para o valor do IQA, por apresentar baixa concentração em janeiro.

Cabe destacar que foi possível identificar ponto de lançamento clandestino de esgoto neste tributário, demonstrando o descaso das autoridades competentes para proteger o manancial, visto que é o principal córrego formador da represa.



### 5.2.2 Análise do reservatório

Os resultados do IQA referentes ao reservatório estão demonstrados na tabela 13.

**Tabela 13 – Resultados IQA reservatório**

Mês	Ponto	IQA	Classificação
dez/09	PR1	66,3	Médio
jan/10	PR1	68,5	Médio
fev/10	PR1	67,3	Médio
mar/10	PR1	63,6	Médio
abr/10	PR1	67,2	Médio
mai/10	PR1	71,4	Bom
jun/10	PR1	72,2	Bom
dez/09	PR2	79,0	Bom
jan/10	PR2	79,0	Bom
fev/10	PR2	72,6	Bom
mar/10	PR2	70,8	Bom
abr/10	PR2	74,2	Bom
mai/10	PR2	75,6	Bom
jun/10	PR2	72,8	Bom
dez/09	PR3	61,6	Médio
jan/10	PR3	68,0	Médio
fev/10	PR3	69,3	Médio
mar/10	PR3	65,5	Médio
abr/10	PR3	69,6	Médio
mai/10	PR3	73,1	Bom
jun/10	PR3	75,2	Bom

De uma maneira geral, o nível de qualidade da água da represa Dr. João Penido variou de “médio” a “bom”, sendo que o ponto localizado próximo à zona intermediária foi o que apresentou maiores valores de IQA, resultando em melhor qualidade para suas águas, se comparadas com as outras.

#### Ponto PR1:

Esta zona é mais susceptível à influência da qualidade das águas tributárias e, conseqüentemente, das águas pluviais. No período compreendido entre dezembro de 2009 e abril de 2010, as amostras apresentaram nível de qualidade classificado como “médio”,

representando 71,43% do total analisado. Neste período fica evidente a influência das águas tributárias do córrego da Grama (PT1), uma vez que os pontos são próximos.

A água esteve com qualidade classificada como “boa” em 28,57% dos resultados obtidos, correspondendo aos meses de estiagem maio e junho de 2010. Nestes meses, o pH foi próximo à neutralidade e a temperatura da água foi menor. As concentrações de nitrato também estiveram abaixo da média para este ponto amostral, contribuindo para a melhora na qualidade da água.

#### Ponto PR2:

Nesta zona, o nível de qualidade no período estudado foi “bom”, em 100,00 % do total de amostras analisadas. Os parâmetros de maior peso que contribuíram positivamente para esses resultados foram: bons índices de OD (exceto em dezembro, janeiro e junho) e valores de pH próximos à neutralidade (exceto em janeiro), bem como menores valores de DBO (exceto em junho).

O maior valor de IQA foi calculado em dezembro e janeiro. Os parâmetros que tiveram maior peso para este resultado foram baixos valores para a DBO e PT, sendo que o pH esteve próximo da neutralidade.

Este ponto da represa apresentou águas de melhor qualidade, se comparadas com PR1 e PR3. As fotografias 20 e 21 mostram as margens preservadas na direção e à montante do ponto amostral. Acredita-se que este fato contribuiu para a manutenção da qualidade da água nesta região.



**Fotografia 20:** Margem direita da represa, na direção e à montante do PR2: apesar das ocupações, possui mata densa e encontra-se preservada (março de 2010).

**Fonte:** O autor.



**Fotografia 21:** Margem esquerda da represa, na direção e à montante do PR2: não apresenta ocupações e não possui sinais de erosões, apesar da ausência de mata ciliar (março de 2010).

**Fonte:** O autor.

### Ponto PR3:

Considerando o total de amostras analisadas, o nível de qualidade da água esteve “médio” em 71,43 % dos resultados (período de dezembro de 2009 a abril de 2010) e “bom” em 28,57 % (maio e junho de 2010).

Esta deveria ser uma zona com águas de melhor qualidade (KIMMEL; LIND; PAULSON, 1990; THORNTON, 1990b), porém isso não foi observado. No estudo batimétrico realizado por Perensin (1998), foi observado que esta zona (denominada seção 1-1ª, em seu estudo) havia apresentado aumento de assoreamento em torno de 33,60 % em 11 anos, no ano de 1987. Esse fato foi justificado pela razão de ser uma área de forte agradação, ou seja, receptora de sedimentos, por se localizar próximo à barragem. Esta autora citou ainda que o assoreamento nesta região ficou a cargo dos processos que ocorrem à montante do reservatório e que a erosão das margens próximas a esta seção em quase nada contribuiu para o processo.

Assim como foi verificado para o assoreamento, acredita-se que a qualidade da água da zona próxima à barragem também sofre influência de processos que ocorrem à montante da represa, principalmente na margem direita entre o PR2 e o PR3. A forte agradação característica desta zona, citada por Perensin (1998), pode ser evidenciada através dos parâmetros sólidos totais e PT, que apresentaram as maiores médias da represa no PR3. Acredita-se também que as margens localizadas na direção do ponto de coleta PR3 não contribuíram para a deterioração das águas próximas à barragem, assim como também não favoreceram o assoreamento desta seção, conforme concluído por Perensin (1998). Na direção do PR3, apresentaram-se bem conservadas, sem sinais de erosões no período de observação, sendo que a margem direita apresenta mata densa e preservada. Acredita-se que isso não foi suficiente para a manutenção da qualidade da água nesta zona, pois os processos que interferem são oriundos da montante da represa e são agravados com o aumento da pluviosidade.

A região da margem esquerda, à jusante do PR2 e à montante do PR3, possui declividade entre 12 e 50% (Anexo 4). No entanto, apresentou-se recoberta por gramíneas e sem sinais de erosão no período observado. Acredita-se que esta declividade do terreno não influenciou consideravelmente na qualidade da água do PR3.

O comportamento do PR3 foi semelhante ao PR1. No período compreendido entre dezembro e abril, a água esteve com qualidade média. Os parâmetros que tiveram maior peso nestes resultados foram altos valores de DBO e maiores temperaturas da água, bem como maiores concentrações de nitrato, exceto em dezembro, onde o parâmetro não foi analisado.

Nesse último mês, foi calculado o menor valor de IQA, sendo que neste caso, além dos fatores de influência já citados, foi registrado o valor máximo para sólidos totais no PR3, apesar de seu baixo peso no cálculo do IQA.

Em maio e junho, a qualidade da água foi boa. Contribuíram positivamente para esse resultado, os valores de pH mais próximos à neutralidade e menores valores de DBO, se comparados com os outros meses neste ponto, no período em que se calculou o IQA. As temperaturas da água também foram menores nesses meses.

De uma forma geral, nesta análise da qualidade da água, deve-se levar em conta que todo o manancial está sujeito à poluição difusa, difícil de ser detectada e mensurada. As ocupações existentes em toda a bacia hidrográfica, principalmente aquelas às margens dos corpos d'água, podem estar contaminando as águas de diversas formas e não há estudos específicos que abordem esse assunto. Algumas evidências de degradação dos recursos hídricos foram registradas nesta dissertação, bem como algumas das consequências para os ecossistemas, como a deterioração da qualidade das águas.

### 5.3 ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO (IET) MENSAL PARA CADA PONTO

A terceira proposta para avaliar a água do manancial foi calcular o IET dos pontos amostrais. Nesta abordagem, são levados em conta apenas os índices de clorofila *a* e PT em  $\mu\text{g/L}$  para avaliação do grau de trofia dos ambientes aquáticos estudados. A classificação dos corpos d'água em lótico ou lântico também deve ser observada, visto que as fórmulas para o cálculo do IET, apresentadas no item 3.6, são diferentes para cada ambiente.

Carlson (1977) afirma que o IET não equivale a um índice de qualidade de água. O termo qualidade está mais relacionado aos seus usos múltiplos e implica em um julgamento que deve ser separado do estado trófico.

De acordo com a CETESB (2002), são utilizadas as seguintes definições:

**oligotrófico** - corpos de água limpos, de baixa produtividade, em que não ocorrem interferências indesejáveis sobre os usos da água;

**mesotrófico** - corpos de água com produtividade intermediária, com possíveis implicações sobre a qualidade da água, mas em níveis aceitáveis, na maioria dos casos;

**eutróficos** - corpos de água com alta produtividade em relação às condições naturais, de baixa transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, em que ocorrem alterações indesejáveis na qualidade da água e interferências nos seus múltiplos usos;

**hipereutróficos**<sup>30</sup> - corpos de água afetados significativamente pelas elevadas concentrações de matéria orgânica e nutrientes, com comprometimento acentuado nos seus usos, podendo inclusive estarem associados a episódios de mortandade de peixes e causar conseqüências indesejáveis sobre as atividades pecuárias nas regiões ribeirinhas (CETESB, 2002, p. 13 e 14).

Em virtude da variabilidade sazonal dos processos ambientais que influenciam o grau de eutrofização dos corpos d'água, o IET pode apresentar variações no decorrer do ano. Em geral, no início da primavera, há melhores condições de penetração de luz na água e, com o aumento da temperatura, a disponibilidade de nutrientes é maior. Assim, é comum observar incremento do processo, sendo que o contrário ocorre no período do inverno (CETESB, 2009), fato não observado para os meios estudados. Sendo assim, é interessante apresentar os resultados mensais para cada ponto amostral na interpretação dos resultados (CETESB, 2009).

Em ambientes onde o processo de eutrofização já está estabelecido, o resultado do IET (CL) certamente irá coincidir com o IET (PT) (CETESB, 2009). Os resultados obtidos nesta dissertação, apresentados no Anexo 3, indicam que o processo de eutrofização nos ambientes estudados não está estabelecido efetivamente, pois os estados tróficos obtidos através dos resultados dos IETs não coincidem. Provavelmente, existem fatores ambientais que limitam o processo de eutrofização nos corpos hídricos.

### 5.3.1 Análise dos tributários

A utilização dos critérios do IET para corpos lóticos, não é comumente descrita na literatura especializada. Isso ocorre pelo fato de que, nos rios, as condições ambientais são menos propícias para o desenvolvimento de algas, em função da velocidade de escoamento das águas e da menor transparência, que atuam como fatores limitantes do processo. Assim, um mesmo grau de enriquecimento das águas pelos nutrientes, que poderia levar um lago ou reservatório a desenvolver o processo de eutrofização de forma intensa, poderá não causar o mesmo efeito nos rios. No entanto, os resultados obtidos a partir dos dados levantados na rede de monitoramento do Estado de São Paulo mostraram que o índice pode indicar, de forma razoável, o grau de eutrofização desses corpos hídricos (CETESB, 2002).

Os resultados de IET referentes aos tributários e suas respectivas porcentagens estão demonstrados nas tabelas 14 e 15.

---

<sup>30</sup> Hipereutrófico tem o mesmo significado que supereutrófico. Porém, em relação ao valor do IET, existe uma pequena diferença:  $63 < \text{IET} \leq 67$  para ambiente supereutrófico e  $\text{IET} > 67$  para ambiente hipereutrófico.

**Tabela 14 – Resultados IET tributários**

Mês	Ponto	IET	Classificação	Ponderação/ Classe
jul/09	PT1	63,72	Supereutrófico	4
ago/09	PT1	57,52	Mesotrófico	2
set/09	PT1	53,01	Mesotrófico	2
out/09	PT1	53,78	Mesotrófico	2
nov/09	PT1	55,86	Mesotrófico	2
dez/09	PT1	50,96	Oligotrófico	1
jan/10	PT1	55,26	Mesotrófico	2
fev/10	PT1	56,28	Mesotrófico	2
mar/10	PT1	58,26	Mesotrófico	2
abr/10	PT1	53,46	Mesotrófico	2
mai/10	PT1	54,13	Mesotrófico	2
jun/10	PT1	54,56	Mesotrófico	2
jul/09	PT2	52,73	Mesotrófico	2
ago/09	PT2	48,36	Oligotrófico	1
set/09	PT2	49,09	Oligotrófico	1
out/09	PT2	48,61	Oligotrófico	1
nov/09	PT2	53,35	Mesotrófico	2
dez/09	PT2	55,63	Mesotrófico	2
jan/10	PT2	54,17	Mesotrófico	2
fev/10	PT2	57,64	Mesotrófico	2
mar/10	PT2	57,27	Mesotrófico	2
abr/10	PT2	54,03	Mesotrófico	2
mai/10	PT2	52,78	Mesotrófico	2
jun/10	PT2	52,66	Mesotrófico	2

**Tabela 15 – Porcentagens dos resultados obtidos para cada estado trófico nos pontos amostrais dos tributários**

Ponto	Supereutrófico	Eutrófico	Mesotrófico	Oligotrófico
PT1	8,33 %	-	83,33 %	8,33 %
PT2	-	-	75,00 %	25,00 %

**Córrego da Grama (PT1):**

De acordo com a Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005), ambiente lótico refere-se a águas moventes, e lântico, a águas paradas, com movimento lento ou estagnado.

Baseado nesta resolução e, pelas observações feitas durante o período deste estudo, o córrego da Grama seria classificado como lântico. A fotografia 14 (item 5.1.7) mostra que, mesmo com maior volume de água no mês de abril, as características lânticas do córrego da Grama prevalecem e suas águas parecem se misturar com as águas do reservatório. Na realidade, ele possui características intermediárias entre os dois ambientes, o que dificulta sua classificação em uma das categorias. O ponto de coleta localiza-se à montante de sua foz na represa e, durante o período observado, seu comportamento com relação à maioria dos resultados dos parâmetros analisados assemelhou-se mais a ambiente lântico.

No entanto, apesar da aparência, observando o comportamento do curso d'água em relação aos parâmetros PT e clorofila *a* (bases de cálculo do IET), houve tendência para classificá-lo em ambiente lótico. As maiores médias obtidas para o PT e menores médias para a clorofila *a*, se comparadas às médias do reservatório (sem considerar os desvios padrão) levaram a classificar este ambiente em lótico, para fins de cálculo do IET.

O PT1 apresentou predominância do estado mesotrófico durante o período observado. Em julho de 2009, a classificação foi supereutrófico, justificado pelo pico observado para o PT em todos os pontos, além do valor de clorofila *a* acima da média para este ponto, na mesma amostra.

Em dezembro de 2009, o córrego apresentou-se oligotrófico, sendo justificado pelos baixos valores de clorofila *a* e PT neste mês.

O córrego da Grama possui maior tendência à eutrofização do que o ribeirão dos Burros, dentre outros fatores, por possuir características lânticas, que favorece o processo de enriquecimento de nutrientes no meio aquático.

#### Ribeirão dos Burros (PT2):

O PT2 apresentou estado mesotrófico predominante. Apesar do pico observado para o PT em julho de 2009, o índice de clorofila *a* foi muito baixo e o resultado para esse mês foi mesotrófico.

Apesar da infestação de macrófitas impedir o curso normal do córrego, o local do ponto de coleta do ribeirão dos Burros apresentou maior velocidade do fluxo de água e características nítidas de ambiente lótico, em todo o período observado. Esse fator influenciou nos baixos índices de clorofila *a* obtidos para este curso d'água, e conseqüentemente nos resultados do IET, com três ocorrências para o estado oligotrófico no período de agosto a outubro (estiagem). Este resultado vem ratificar a influência negativa das águas pluviais neste córrego.



### 5.3.2 Análise do reservatório

Os resultados do IET referentes ao reservatório e suas respectivas porcentagens estão demonstrados nas tabelas 16 e 17.

**Tabela 16 – Resultados IET reservatório**

Mês	Ponto	IET	Classificação	Ponderação/ Classe
jul/09	PR1	62,61	Eutrófico	3
ago/09	PR1	52,29	Mesotrófico	2
set/09	PR1	51,20	Oligotrófico	1
out/09	PR1	51,23	Oligotrófico	1
nov/09	PR1	50,35	Oligotrófico	1
dez/09	PR1	52,65	Mesotrófico	2
jan/10	PR1	51,56	Oligotrófico	1
fev/10	PR1	56,06	Mesotrófico	2
mar/10	PR1	56,28	Mesotrófico	2
abr/10	PR1	51,98	Oligotrófico	1
mai/10	PR1	54,59	Mesotrófico	2
jun/10	PR1	56,29	Mesotrófico	2
jul/09	PR2	62,30	Eutrófico	3
ago/09	PR2	52,85	Mesotrófico	2
set/09	PR2	48,46	Oligotrófico	1
out/09	PR2	53,77	Mesotrófico	2
nov/09	PR2	49,04	Oligotrófico	1
dez/09	PR2	50,72	Oligotrófico	1
jan/10	PR2	51,43	Oligotrófico	1
fev/10	PR2	57,26	Mesotrófico	2
mar/10	PR2	56,66	Mesotrófico	2
abr/10	PR2	52,09	Mesotrófico	2
mai/10	PR2	55,81	Mesotrófico	2
jun/10	PR2	54,54	Mesotrófico	2
jul/09	PR3	62,33	Eutrófico	3
ago/09	PR3	52,10	Mesotrófico	2
set/09	PR3	52,17	Mesotrófico	2
out/09	PR3	51,31	Oligotrófico	1
nov/09	PR3	48,22	Oligotrófico	1
dez/09	PR3	49,19	Oligotrófico	1
jan/10	PR3	53,91	Mesotrófico	2
fev/10	PR3	57,60	Mesotrófico	2
mar/10	PR3	55,96	Mesotrófico	2
abr/10	PR3	51,95	Oligotrófico	1
mai/10	PR3	55,71	Mesotrófico	2
jun/10	PR3	53,45	Mesotrófico	2

**Tabela 17 – Porcentagens dos resultados obtidos para cada estado trófico nos pontos amostrais do reservatório**

Ponto	Eutrófico	Mesotrófico	Oligotrófico
PR1	8,33 %	50,00 %	41,60 %
PR2	8,33 %	58,33 %	33,33 %
PR3	8,33 %	58,33 %	33,33 %

Em uma primeira análise, a represa apresentou grau de trofia que variou de oligotrófico a eutrófico. Porém, observa-se que a maior porcentagem dos resultados para cada ponto amostral demonstra o estado mesotrófico como característica predominante, indicando produtividade intermediária, com possíveis implicações sobre a qualidade e o uso da água.

Ao estudar os reservatórios de Billings, Barra Bonita, Ituparanga, Jaguari e Guarapiranga do estado de São Paulo, Lamparelli (2004) observou que próximo à chegada dos rios formadores, os valores de IET foram superiores aos pontos próximos às barragens. No monitoramento da represa Dr. João Penido, houve somente três ocorrências deste tipo nos meses de novembro e dezembro de 2009 e junho de 2010, com valores decrescentes de IET do PR1 ao PR3, conforme tabela 16, apesar da pouca diferença significativa entre os valores. Porém, a tendência geral de apresentar características eutróficas na parte alta do reservatório e oligotróficas na zona próxima à barragem (PAGIORO *et al.*, 2005; KIMMEL; LIND; PAULSON, 1990; LAMPARELLI, 2004) não foi observada.

As médias de PT e clorofila *a* não variaram muito ao longo do comprimento da represa. Pagioro *et al.* (2005) citam que as regiões lacustres são pobres em relação a esses parâmetros, porém, isto não foi observado para a represa em estudo. As maiores médias de PT foram obtidas no PR3, culminando em resultados que classificaram esta zona, assim como as outras, com predominância do estado mesotrófico.

Os picos de PT observados no mês de julho de 2009, aliados aos valores de clorofila *a* acima da média para todos os pontos do reservatório, justificam a classificação “eutrófico” apresentada para este mesmo mês em todos os pontos.

Pereira (1991) determinou o grau de trofia das amostras analisadas da represa, em dezembro de 1987, utilizando metodologia diferente (Carlson, 1977 modificado por Kratzer e Brezonik, 1981 *apud* PEREIRA, 1991), daquela adotada nesta dissertação. Esta autora concluiu que a represa apresentou os estágios oligotrófico e mesotrófico, porém, não especificou os pontos da ocorrência. Para efeito de comparação com os dados obtidos em

1987, e considerando apenas os resultados referentes a dezembro de 2009, os valores do IET também indicaram o estado mesotrófico (PR1) e oligotrófico (PR2 e PR3) ao longo da represa (tabela 16).

As tendências de eutrofização puderam ser evidenciadas no mês de julho, representando 8,33% das amostras analisadas em cada ponto, demonstrando alta produtividade do ecossistema em relação às suas condições naturais. As atividades antrópicas danosas desenvolvidas no entorno do reservatório refletiram nesse resultado, interferindo na qualidade da água e nos seus usos múltiplos.

Xavier, Dias e Brunkow (2005) citam que o desenvolvimento da eutrofização, apesar de não impedir a utilização da água, encarece o tratamento e oferece riscos à saúde humana. As restrições aos usos da água devido a processos de eutrofização podem ser resumidas no quadro 1. Consultando este quadro e, considerando apenas o ponto mais próximo à ETA (PR3), verifica-se que a ocorrência do estado eutrófico em julho de 2009, indicou que o uso da água para abastecimento não foi aceitável. Nos meses de agosto e setembro de 2009, janeiro, fevereiro, março, maio e junho de 2010, a ocorrência do estado mesotrófico nesta zona, indicou que seu uso para abastecimento de água potável foi tolerável. Nos meses de outubro, novembro e dezembro de 2009 e abril de 2010, o estado oligotrófico foi desejável para esta finalidade.

**Quadro 1 - Usos de lagos e represas em relação ao estado trófico**

Uso preponderante	Estado trófico				
	Oligotrófico	Mesotrófico	Meso-eutrófico	Eutrófico	Hipereutrófico
Abastecimento de água potável	Desejável	Tolerável			
Uso para processamento industrial		Desejável	Tolerável		
Uso para resfriamento				Tolerável	
Recreação de contato primário		Desejável	Tolerável		
Recreação de contato secundário			Desejável	Tolerável	
Criação de peixes (espécies sensíveis)		Desejável	Tolerável		
Criação de peixes (espécies tolerantes)					Tolerável
Irrigação				Tolerável	
Produção de energia				Tolerável	
Paisagismo		Desejável		Tolerável	

**Fonte:** Adaptado de Thornton & Rast (1994); Tundisi (2003); Von Sperling (1995), *apud* XAVIER, DIAS E BRUNKOW, 2005, p. 283.

Considerando que os afluentes são fonte de abastecimento da represa, e que as comunidades podem fazer usos dessas águas para consumo, o quadro 1 também foi utilizado como referência para verificar se os seus usos múltiplos foram comprometidos com relação aos estados tróficos, determinados na tabela 14. O grau supereutrófico observado em julho de 2009 para o ribeirão dos Burros (PT2) permitiu o uso de suas águas apenas para a criação de espécies de peixes tolerantes. O estado oligotrófico indicou que o uso desses afluentes para abastecimento de água potável foi desejável em dezembro de 2009 para o córrego da Grama (PT1) e, em agosto, setembro e outubro de 2009 para o ribeirão dos Burros (PT2). Nos demais meses monitorados, que correspondem à maioria, foi verificado o grau mesotrófico para os córregos. Nesse período, o uso para processamento industrial, recreação de contato primário, criação de peixes sensíveis e paisagismo foi desejável, sendo que o uso para abastecimento de água potável foi tolerável.

Fazendo uma análise mais ampla e considerando todo o manancial, fica comprovado que é preciso maior atenção das autoridades competentes quanto ao monitoramento da qualidade de suas águas. Tendo sido constatado grau eutrófico para a represa, inclusive no ponto próximo à ETA, e supereutrófico para o córrego da Grama, torna-se necessário a adoção de medidas que visem auxiliar no controle dos processos de eutrofização, dando a importância devida às regiões de entrada dos tributários.

A análise ambiental de todos os resultados obtidos neste estudo ficou a cargo das observações e registros fotográficos feitos durante o monitoramento. Envolveu análises de natureza física, química e biológica, em relação às condições naturais e aos efeitos das ações antrópicas que puderam causar danos à saúde humana e aos ecossistemas estudados. As observações relacionadas nesta dissertação ficaram restritas às margens do manancial, porém, as alterações verificadas nas variáveis, podem não estar associadas a eventos de pequena magnitude e/ou esporádicos. Cabe evidenciar que **tudo o que ocorre na bacia de drenagem reflete diretamente na qualidade dos corpos hídricos.**

É pertinente ressaltar que a eficácia desta tentativa de se mensurar a qualidade da água, muitas vezes não corresponde à expectativa, pois a natureza apresenta a capacidade de resposta que nem sempre pode ser numericamente controlada pelo homem (Rajar, 1997, *apud* SILVA *et al.*, 2009).

## 6 CONCLUSÕES

Diante de tudo o que foi exposto nesta dissertação, constatou-se que as formas de uso e ocupação do solo na área da bacia da represa Dr. João Penido, não tem sido adequadas para que o manancial seja utilizado para abastecimento de água de Juiz de Fora.

Após o período deste estudo, onde o monitoramento e a análise ambiental foram realizados por um ciclo anual, puderam ser obtidas diversas conclusões, que serão apontadas a seguir, de acordo com as três abordagens feitas na discussão dos resultados.

### **Conclusões sobre a análise dos parâmetros individuais e atendimento à Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005):**

- Os resultados mostraram que o manancial vem sofrendo deterioração da qualidade das águas, provocada pelas ações antrópicas realizadas na região da bacia da represa.

- Alterações hidrológicas provenientes do represamento podem ser percebidas. O fenômeno mais comum é a diminuição de vazão, evidenciado nos dois córregos estudados. Contribuíram para isso a proliferação de macrófitas nas áreas de cabeceira, que impedem os afluentes de seguirem seu curso normal, bem como o assoreamento dos cursos d'água.

- Considerando o sistema (córregos e represa) como um todo, do total de amostras analisadas para cada parâmetro, a porcentagem que esteve em desacordo com a Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005), foi a seguinte: OD (50,91 %), pH (20,00 %), turbidez (15,00 %), DBO (98,20 %) e PT (55,00 %). Portanto, para esses referidos parâmetros ambientais, o uso das águas ficou comprometido em relação aos usos múltiplos relativos à classe 1, ou seja: ao abastecimento para consumo humano após tratamento simplificado, à proteção de comunidades aquáticas, à recreação de contato primário (conforme Resolução CONAMA 274/2000), à irrigação de hortaliças e frutas que são consumidas cruas, bem como à proteção das comunidades aquáticas em terras indígenas (esta última, não cabe para o caso em estudo). Os outros, quando contemplados por esta legislação, atenderam aos seus valores máximos definidos.

- Dos parâmetros analisados, apenas o pH e coliformes termotolerantes são considerados como critérios para avaliar a balneabilidade das águas, considerando a Resolução CONAMA 274/2000 (BRASIL, 2000). Com relação aos 20,00 % das amostras que apresentaram pH em desconformidade (citados no item anterior), foram considerados impróprios para a recreação de contato primário: o ribeirão dos Burros (PT2), no período de dezembro de 2009 a abril de 2010; o córrego da Grama (PT1), em dezembro de 2009; os

pontos da represa, em dezembro de 2009 e janeiro de 2010. Com relação ao parâmetro coliformes termotolerantes, foi verificado que todas as amostras apresentaram resultados bem inferiores ao limite preconizado na referida norma, sendo todas consideradas “próprias”, de “excelente” qualidade. Portanto, seus usos para a recreação de contato primário não ficaram comprometidos em relação a este parâmetro.

- A remoção das macrófitas, quando necessária, deve ser feita com estudos prévios e técnicas adequadas. Como foi observado através dos resultados, se o procedimento é feito sem critério, pode refletir diretamente na qualidade das águas, elevando os níveis da cor, turbidez e nutrientes, além de reduzir o OD e pH da água.

- As plantas aquáticas absorvem nutrientes da massa líquida e dos sedimentos, funcionando como um filtro. Esse fato foi observado quando as macrófitas do ribeirão dos Burros foram arrancadas e nos dois meses seguintes, houve incremento dos parâmetros PT, NT e nitrato nas amostras.

- Os resultados mostraram uma maior sensibilidade e vulnerabilidade dos afluentes em relação ao impacto das águas pluviais, se comparados ao reservatório, sendo que neste, o PR1 sofre maior influência por estar próximo à foz dos tributários. Esta característica é favorecida pela ausência de mata ciliar, que facilita o aporte de material particulado alóctone, comprometendo a qualidade dos corpos hídricos. Isso pode ser evidenciado através dos resultados dos parâmetros ambientais: OD, cor, turbidez, DBO, sólidos totais, PT e coliformes totais.

- As águas da represa e do córrego da Grama (PT1) demonstraram melhor capacidade de normalização do pH, após o stress provocado pelas águas pluviais, retornando ao equilíbrio iônico do meio mais rapidamente, e demonstrando maior capacidade de tamponamento. O ribeirão dos Burros recebe contribuição de esgotos à montante do ponto de coleta, o que dificulta este processo de recuperação.

- Os tributários apresentaram menor capacidade de autodepuração do que a represa, visto que apresentaram menores índices de OD.

- A margem direita ao longo de toda a represa apresentou-se mais degradada no período observado, com registros de queimadas, erosões e movimentos de terra, deixando o solo exposto, facilitando o transporte de sedimentos para a água.

- A zona próxima à barragem da represa é região de forte agradação, ou seja, receptora de sedimentos. A pluviosidade intensifica o processo, que foi evidenciado através dos parâmetros DBO, PT e sólidos totais.

- Foi observado que a represa Dr. João Penido segue a tendência geral do efeito da zonação longitudinal, apenas para os parâmetros cor, turbidez, amônio e nitrato. Cabe ressaltar que o efeito não foi muito pronunciado neste processo.

- Os resultados das concentrações de nitrato foram superiores aos de amônio em todas as amostras analisadas. Isso indica que, **provavelmente** não há lançamento de esgotos domésticos **próximo** aos pontos de coleta. Se existem, o meio ambiente está oferecendo condições suficientes para promover as reações químicas de nitrificação.

#### **Com relação ao IQA, pode-se concluir que:**

- As regiões próximas à entrada dos tributários e à barragem são as mais impactadas da represa, apresentando predominância do nível de qualidade “médio”.

- A zona próxima à barragem, que deveria apresentar águas de melhor qualidade, sofre os impactos provocados pelas atividades antrópicas ocorridas à montante da represa e os efeitos são mais pronunciados com o aumento da pluviosidade. Acredita-se que processos que ocorrem à jusante do PR2 e à montante do PR3, como desmatamentos e erosão das margens (principalmente da direita), movimentos de terra e queimadas, possuem relação direta com a qualidade da água observada no PR3. Este fato constatado é preocupante, uma vez que este ponto está próximo à captação de água da ETA para abastecimento municipal e deveria ser uma zona com águas mais limpas.

- O ponto próximo à zona intermediária (PR2) do reservatório apresentou águas de melhor qualidade, com nível considerado “bom” em todas as amostras analisadas. Acredita-se que as margens preservadas, na direção e à montante do ponto de coleta, contribuíram para este resultado.

#### **As conclusões sobre o IET são as seguintes:**

- Os indicativos de que o ecossistema aquático está em processo de eutrofização foram comprovados. Considerando o estágio eutrófico observado em julho para os pontos da represa, e supereutrófico para o ribeirão dos Burros (PT2), o uso da água para abastecimento não foi aceitável neste mês para esses pontos amostrais.

- Os resultados de IET (CL) e IET (PT) indicam que o processo de eutrofização da represa não está estabelecido efetivamente.

- A represa apresentou característica dominante de estado mesotrófico e seus usos múltiplos podem ter ficado comprometidos. Sendo assim, os mesmos foram adequados para processamento industrial, recreação de contato primário, criação de peixes sensíveis e



paisagismo. Pode ter havido comprometimento do uso para abastecimento de água potável, sendo tolerável para este fim, na maior parte do período monitorado.

- As tendências de variação dos IETs em função da sazonalidade não foram muito pronunciadas. Mas, de uma maneira geral, a represa apresentou características oligotróficas no período de cheia, compreendido entre setembro e abril, em todos os pontos amostrais. As concentrações de clorofila *a* não variaram muito no decorrer deste estudo, mas as chuvas contribuíram para a diluição de nutrientes na água. Com isso, houve tendência de diminuição das concentrações de PT no meio em alguns meses, induzindo ao estado oligotrófico observado. Nos períodos em que essas ocorrências foram registradas, o uso da água para abastecimento, em relação ao grau de trofia, não ficou comprometido.

- Assim como ocorre nos reservatórios de Minas Gerais, a presença de espécies como *Eichhornia azurea* (aguapé) ou *Typha* spp. (taboa), dentre outras, na represa Dr. João Penido, indica em geral que a qualidade das águas não é boa e que seus usos podem estar comprometidos. Isso ficou mais evidenciado nas áreas de cabeceira, principalmente nos tributários, onde a abundância de macrófitas é maior.

#### **Sugestões para a Prefeitura de Juiz de Fora e órgãos competentes, advindas dos resultados deste trabalho:**

- Deve-se realizar um levantamento sobre os lançamentos clandestinos de efluentes domésticos na área da bacia da represa. Em seguida, adotar o procedimento de retirar as tubulações, orientando as comunidades sobre as consequências para o meio ambiente e a ilegalidade da situação. Outra ação importante é prover recursos para que os mais carentes tenham acesso a fossas sépticas ou sumidouros para dispor seus efluentes e resíduos domésticos, com a devida manutenção periódica, a fim de minimizar a contaminação do manancial.

- Deve ser exigido daqueles que possuem recursos financeiros, a construção e manutenção de fossas sépticas dentro dos critérios técnicos legais. É necessário intensificar a fiscalização na área para evitar lançamentos clandestinos de esgotos sanitários nos corpos d'água. Acredita-se que se a Prefeitura de Juiz de Fora promover o saneamento básico na área da bacia da represa, as ocupações serão incentivadas em seus limites, o que não é benéfico para o manancial.

- Deve ser feito um levantamento sobre o número e as condições das fossas e sumidouros existentes às margens dos corpos d'água. Não se sabe se os mesmos possuem

manutenção adequada e se a contaminação chega aos corpos d'água através de percolação no solo, sendo necessário investigar a respeito do assunto.

- Deve-se promover a utilização adequada para a faixa de segurança sanitária da represa e dos tributários. O uso e a ocupação do solo devem ser disciplinados e fiscalizados com mais rigor por parte das autoridades competentes. Mais importante do que estabelecer normas e critérios de ordenamento, é executar ações previstas para que a referida faixa de segurança possa exercer sua função de proteção e conter os processos que degradam a qualidade das águas.

- Deve-se adotar medidas mitigadoras que visem proteger os córregos e represa do deflúvio superficial. As ações devem contemplar a redução do aporte de carga orgânica e sedimentos para a água, bem como a contenção da erosão e assoreamento dos corpos hídricos. Além de outras medidas, deve-se promover o plantio de espécies adequadas nas faixas de segurança sanitária do manancial. A recomposição da mata ciliar será fundamental para minimizar os impactos provocados pelas águas pluviais e a degradação ambiental dos ecossistemas aquáticos.

- Deve-se adotar medidas mitigadoras na represa e em seus tributários, visando controlar o aporte de nutrientes (principalmente o fósforo) e o processo de eutrofização nos corpos hídricos. O uso do manancial para abastecimento público de água pode ficar comprometido, se as ações antrópicas danosas continuarem ocorrendo, conforme demonstrado no decorrer desta dissertação.

- A análise dos resultados pode ser utilizada para auxiliar o poder público a definir áreas de intervenções no manancial, no sentido de protegê-lo da degradação ambiental. Os pontos prioritários e urgentes identificados são: a margem direita da represa, especialmente à montante dos pontos PR1 e PR3, bem como as regiões da foz do ribeirão dos Burros e do córrego da Grama. Apesar de não ter sido alvo de estudos nesta dissertação, o córrego Vista Alegre é outro afluente importante da represa e também deve ser contemplado.

- É necessário dar continuidade ao monitoramento da qualidade da água para acompanhar o processo de eutrofização do manancial, bem como continuar avaliando os impactos provocados pelas interferências antrópicas. A água é um ótimo indicador da saúde ambiental e sanitária de uma bacia hidrográfica.

#### **Perspectivas para futuros estudos na área da bacia da represa Dr. João Penido:**

- A proliferação das plantas aquáticas interfere na qualidade das águas e pode estar causando uma aceleração no processo de eutrofização devido à elevada produção de

biomassa. No entanto, elas podem estar atuando como um filtro, retendo materiais particulados, nutrientes e sedimentos, atuando como fator de proteção do manancial, sendo importantes na resistência ao estabelecimento da eutrofização. Essa suposição deve ser alvo de novas investigações.

- Há necessidade de estudos para verificar a necessidade de remoção da vegetação aquática presente nos corpos d'água, pois foi verificado que elas interferem nas concentrações de OD na água. Os processos de degradação e estabilização da matéria orgânica, bem como as reações de oxidação provenientes do metabolismo do ecossistema podem estar sendo prejudicadas, pela diminuição de OD no meio aquático.

- É necessário investigar o impacto da decomposição das macrófitas na qualidade da água.

- Acredita-se que os terrenos argilosos presentes no entorno dos corpos d'água podem ser fator de proteção do manancial, pois adsorvem o fósforo, tornando-o indisponível na coluna d'água. Com o deflúvio superficial, vão se depositando no fundo dos córregos e represa. Isso deve ser alvo de novas investigações.

- Há necessidade de estudos sobre os sedimentos da represa.

- Há necessidade de aprofundar o conhecimento sobre a qualidade hídrica da represa, investigando a presença, bem como as concentrações de metais e compostos orgânicos na água.

Finalmente, destaca-se a importância da pesquisa desenvolvida nesta dissertação, pois foi a primeira que promoveu o monitoramento da qualidade da água da represa Dr. João Penido por um ciclo anual. Foi importante para registrar o atual cenário, servindo como parâmetro de comparação para futuros trabalhos na região.

Espera-se que os estudos aqui apresentados possam ser úteis para que o poder público possa criar e executar planos de gestão ambiental integrada para a represa Dr. João Penido e auxiliar na tomada de decisões, conforme prevê a Política Nacional dos Recursos Hídricos.

Instituir programas de conservação é fundamental, porém, de nada adianta se as ações propostas não forem executadas realmente. Existem inúmeras leis que protegem os mananciais, mas aplicá-las efetivamente é muito mais importante. Constitui tarefa imprescindível das autoridades competentes e responsabilidade de todos nós, para que possamos garantir água de boa qualidade para as atuais e futuras gerações.

## REFERÊNCIAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA); AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA); WATER POLLUTION CONTROL FEDERATION (WPCF). **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 20th edition. Washington: APHA, AWWA, WPCF, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS E TÉCNICAS (ABNT). NBR 9898. **Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores**. Rio de Janeiro, 1987.

ASSOCIAÇÃO PRÓ-GESTÃO DAS ÁGUAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL (AGEVAP). **Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul – Resumo**. Disponível em: [http:// < www.ceivap.org.br/downloads/cadernos/PS1.pdf >](http://www.ceivap.org.br/downloads/cadernos/PS1.pdf). Acesso em: 03 fev. 2011.

BARBOSA, P. M. M. *et al.* Diversidade de organismos aquáticos. In: DRUMMOND, G. M. *et al.* **Biota Minas: diagnóstico do conhecimento sobre a biodiversidade no Estado de Minas Gerais – subsídio do Programa Biota Minas**. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 2009. p. 81-121.

BENETTI, A.; BIDONE, F. O meio ambiente e os recursos hídricos. In: TUCCI, C. E. M. (org). **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS: ABRH, 2001. p. 849-875.

BERNARDI, R. de; GIUSSIANI, G. Biomanipulação: Bases para o controle do topo para a base. In: BERNARDI, R. de; GIUSSIANI, G (Ed.). **Biomanipulação para o gerenciamento de lagos e reservatórios**. São Carlos: RiMa, 2001. p. 1-12.

BOLLMANN, H. A.; CARNEIRO, C.; PEGORINI, E. S. Qualidade da água e dinâmica de nutrientes. In: ANDREOLI, C. V.; CARNEIRO, C. (Ed.). **Gestão integrada de mananciais de abastecimento eutrofizados**. Curitiba: Finep, 2005. p. 213-269.

BRANCO, S. M.; ROCHA, A. A. **Poluição, proteção e usos múltiplos de represas**. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda, 1977.

BRANDIMARTE, A. L. *et al.* Impact of damming the Mogi-Guaçu River (São Paulo State, Brazil) on reservoir limnological variables. **Lakes & Reservoirs: Research and Management**. v.13, p. 23–35. 2008.

BRASIL. **Lei nº 4771**, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal. Brasília, DF, 1965. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L4771.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L4771.htm)> Acesso em: 25 ago. 2009.

BRASIL. **Lei nº 9433**, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília, DF,

1997. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9433.htm)>. Acesso em: 25 ago. 2009.

BRASIL. **Lei nº 9605**, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Brasília, DF, 1998. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L9605.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9605.htm)>. Acesso em: 25 ago.2009.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Secretaria Executiva. **Programa nacional de capacitação de gestores ambientais**. Licenciamento ambiental de estações de tratamento de esgoto e aterros sanitários. Brasília: MMA, 2009.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 274, de 29 de novembro de 2000. Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras. Brasília, DF, 2000. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res00/res27400.html>>. Acesso em: 28 fev. 2010.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução nº 357**, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília, DF, 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiano1.cfm?codlegitipo=3&ano=2005>>. Acesso em: 28 fev. 2010.

CARLSON, R. E. A trophic state index for lakes. **Limnology and Oceanography**, v. 22, no.2, p. 361-369. 1977.

CARNEIRO, C.; PEGORINI, E. S.; ANDREOLI, C. V. Introdução. In: ANDREOLI, C. V.; CARNEIRO, C. (Ed.). **Gestão integrada de mananciais de abastecimento eutrofizados**. Curitiba: Finep, 2005. p. 25-44.

CARVALHO, M. de. **Administração Municipal**. Belo Horizonte: Imprensa Oficial do Estado de Minas, 1940. p. 91-123. (acervo CESAMA).

CARVALHO, M. de. **A Prefeitura de Juiz de Fora em 1934**: Relatório apresentado ao Governo do Estado. Juiz de Fora, 1935. p. 75-79. (acervo CESAMA).

COMPANHIA DE SANEAMENTO MUNICIPAL (CESAMA). Juiz de Fora. **Mananciais**. Represa Dr. João Penido. Disponível em: < [http:// WWW.cesama.com.br](http://WWW.cesama.com.br) > Acesso em: 07 fev. 2010.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB). **Água. Rios e Reservatórios. Publicações/Relatórios. Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo-2001**. São Paulo: CETESB, 2002. Disponível em: < <http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/publicacoes.asp> >. Acesso em: 11 out. 2010.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB). **Água. Rios e Reservatórios. Variáveis de qualidade das águas.** São Paulo: CETESB. Disponível em: < <http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/variaveis.asp#cor> > Acesso em: 11 fev. 2010.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB). **Índice do Estado Trófico-IET.** São Paulo: CETESB. Disponível em: < [http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/indice\\_iva\\_iet.asp](http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/indice_iva_iet.asp) > Acesso em: 29 jul. 2009.

ESTEVEZ, F. de A. **Fundamentos de Limnologia.** 2. ed. Rio de Janeiro: editora Interciência, 1998.

FERNANDES, L. F. *et al.* Comunidades fitoplanctônicas em ambientes lênticos. In: ANDREOLI, C. V.; CARNEIRO, C. (Ed.). **Gestão integrada de mananciais de abastecimento eutrofizados.** Curitiba: Finep, 2005. p. 303-366.

FORD, D. E. Reservoir transport processes. In: THORTON, K.W; KIMMEL, B. L.; PAYNE, F.E. (Ed.). **Reservoir limnology: ecological perspectives.** New York : John Wiley. 1990. p.15-41.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico.** 2. edição. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.

HADDAD, E. A. **Influência antrópica na qualidade da água da bacia hidrográfica do rio São Miguel, carste do Alto São Francisco, Minas Gerais.** 2007. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2007. Disponível em: < <http://dspace.lcc.ufmg.br/dspace/handle/1843/MPBB-7LBML5> > Acesso em: 12 nov. 2009.

IBGE. Carta IBGE escala 1: 50.000 – Juiz de Fora, folha SF-23-X-D-IV-1, 1966. (Acervo Prefeitura de Juiz de Fora).

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DA ÁGUAS (IGAM). **Índice de Qualidade da Água (IQA).** Belo Horizonte. (mensagem enviada pelo IGAM e recebida em 10 de fevereiro, 2010a).

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS (IGAM). **Monitoramento da qualidade das águas superficiais no estado de Minas Gerais.** Relatório trimestral-1º trimestre de 2010. Belo Horizonte, 2010b. Disponível em: < <http://www.igam.mg.gov.br/images/stories/qualidade/relatorio-trimestra-1-trim-2010.pdf> >

JUIZ DE FORA. Prefeitura. **Anuário Estatístico de Juiz de Fora 2009.** Base de dados. Juiz de Fora, 2009. Disponível em: < [www.pjf.mg.gov.br](http://www.pjf.mg.gov.br) > Acesso em: 20 nov. 2009.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. **Bairro Represa.** Juiz de Fora, 1983. Disponível em: < <http://www.pjf.mg.gov.br/pddu/map3.htm> > Acesso em: 29 jan 2010.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. **Cobertura vegetal do município de Juiz de Fora.** Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Econômico (SPDE). Juiz de Fora, 1986.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. **Juiz de Fora sempre.** Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano. FUNALFA Edições. Juiz de Fora, 2004.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. Legislação - JF Legis. **Lei Municipal nº 6087**, de 04 de dezembro de 1981. Dispõe sobre o parcelamento, uso e ocupação do solo na área da bacia hidrográfica da Represa Dr. João Penido, em Juiz de Fora e dá outras providências. Juiz de Fora, 1981. Disponível em : < [www.pjf.mg.gov.br](http://www.pjf.mg.gov.br) > Acesso em: 03 ago. 2009.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. Legislação - JF Legis. **Lei Municipal nº 7255**, de 15 de dezembro de 1987. Proíbe a utilização da Represa Dr. João Penido para fins incompatíveis com a sua destinação. Juiz de Fora, 1987. Disponível em : < [www.pjf.mg.gov.br](http://www.pjf.mg.gov.br) > Acesso em: 25 ago. 2009.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. **Ortofoto**. Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Econômico (SPDE). Juiz de Fora, 2007.

KENNEDY, R. H.; WALKER, W. W. Reservoir nutrient dynamics. In: THORTON, K.W; KIMMEL, B. L.; PAYNE, F.E. (Ed.). **Reservoir limnology: ecological perspectives**. New York: John Wiley. 1990. p.109-131.

KIMMEL, B. L.; LIND, O.T.; PAULSON, L. J. Reservoir primary production. In: THORTON, K.W; KIMMEL, B. L.; PAYNE, F.E. (Ed.). **Reservoir limnology: ecological perspectives**. New York : John Wiley. 1990. p.133-193.

LAMPARELLI, M. C. **Graus de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento**. 2004. Tese (Doutorado em Ciências na área de ecossistemas terrestres e aquáticos)- Universidade de São Paulo. São Paulo, 2004. Disponível em: < <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/41/41134/tde-20032006-075813/> > Acesso em: 20 ago. 2009.

LEME ENGENHARIA S.A. **Plano Diretor de Abastecimento de Água da Área Urbana de Juiz de Fora**. Recursos Hídricos. vol. IV/IX. Prefeitura de Juiz de Fora. Juiz de Fora, 1985. (acervo CESAMA).

MARQUES, R.; SOUZA, L. C. de. Matas ciliares e áreas de recarga hídrica. In: ANDREOLI, C. V.; CARNEIRO, C. (Ed.). **Gestão integrada de mananciais de abastecimento entrofizados**. Curitiba: Finep, 2005. p. 161-188.

MINAS GERAIS. Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM). **Deliberação Normativa nº 16**, de 24 de setembro de 1996. Dispõe sobre o enquadramento das águas estaduais da bacia do rio Paraibuna. Belo Horizonte, 1996. Disponível em: < <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=113>>. Acesso em: 28 fev. 2010.

MINAS GERAIS. Ministério Do Meio Ambiente (MMA). Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais (SEMAD). **Sistema de cálculo da qualidade da água (SCQA): estabelecimento de equações do índice de qualidade das águas (IQA)**. Relatório 1, 2005. Belo Horizonte: MMA/SEMAD, 2005.

MKM ENGENHARIA AMBIENTAL. **Estudo de concepção do sistema de esgotamento sanitário de Juiz de Fora: Produto 1 - Estudos Preliminares e Projeção Populacional**. Juiz de Fora: Prefeitura de Juiz de Fora, 2002.

MOSS, B. Manipulação de plantas aquáticas. In: BERNARDI, R. de; GIUSSIANI, G (Ed.). **Biomaniplulação para o gerenciamento de lagos e reservatórios**. São Carlos: RiMa, 2001. p. 97- 111.

NOGUEIRA, M. G. Phytoplankton composition, dominance and abundance as indicators of environmental compartmentalization in Jurumirim Reservoir (Paranapanema River), São Paulo, Brazil. **Hydrobiologia**, v.431, p.115-128. 2000.

NÜRNBERG, G. Eutrophication and trophic state. **Lakeline**. Spring, p. 29-33. 2001

PADIAL, A. A.; BINI, L.M.; THOMAZ, S. M. **The study of aquatic macrophytes in neotropics: a scientometrical view of the main trends and gaps**. Brazilian Journal of Biology, v. 68, n. 4. São Carlos, 2008.

PAGIORO, T. A. *et al.* Zonação longitudinal das variáveis limnológicas abióticas em reservatórios. In: RODRIGUES, L. *et al.* **Biocenose em reservatórios: padrões espaciais e temporais**. São Carlos: RiMa, 2005. p 39-46.

PARISI, M.; COTRIM, G. **TDF Trabalho dirigido de Filosofia**. 12. ed. São Paulo: Editora Saraiva, 1987.

PEGORINI, E. S.; CARNEIRO, C.; ANDREOLI, C. V. Mananciais de abastecimento público. In: ANDREOLI, C. V.; CARNEIRO, C. (Ed.). **Gestão integrada de mananciais de abastecimento eutrofizados**. Curitiba: Finep, 2005. p. 45- 82.

PEREIRA, M. J. A. **Estudos limnológicos preliminares da represa Dr. João Penido, Juiz de Fora, MG**. 1991. Monografia (pós-graduação *latu sensu* em Ecologia e Manejo de Águas Interiores). Universidade de São Carlos. São Carlos, 1991.

PERENSIN, R. **Análise da evolução do processo de assoreamento da represa Dr. João Penido**. 1998. Monografia. (Bacharelado em Geografia). Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, 1998.

REPRESA **Dr. João Penido**. Juiz de Fora: CESAMA, [19--]. (folder).

ROCHA, A. A.; BRANCO, S. M. **Proposições básicas para a proteção ambiental da represa Dr. João Penido em Juiz de Fora, MG**. São Paulo: CETESB, 1986.

Disponível em: < <http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online/?IsisScript=iah/iah.xis&src=google&base=REPIDISCA&lang=p&nextAction=lnk&exprSearch=116575&indexSearch=ID> > Acesso em: 30 mar. 2010.

ROCHA, G. C. **Riscos ambientais**. Análise e mapeamento em Minas Gerais. Juiz de Fora: Editora UFJF, 2006.

SALAS, H. J.; P. MARTINO. A simplified phosphorus trophic state model for warm-water tropical lakes. **Water Research**. v. 25. n.3. p. 341-350. 1991.

SILVA, A. P. de S. *et al.* **Qualidade da água do reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti, Minas Gerais**. Revista *Árvore*. v.33. n. 6. Viçosa, 2009.



SILVA, L. M. C. da. Gestão sustentável de reservatórios. In: THEODORO S. H. (org). **Conflitos e uso sustentável dos recursos naturais**. Rio de Janeiro: Garamond, 2002. p. 29-52.

**SILVA, N. da et al.** Manual de métodos de análise microbiológica da água. **São Paulo: Varela editora e livraria Ltda, 2005.**

SOUZA, L. C. de P. *et al.* Estudo do meio físico na avaliação de bacias hidrográficas utilizadas como mananciais de abastecimento. In: ANDREOLI, C. V.; CARNEIRO, C. (Ed.). **Gestão integrada de mananciais de abastecimento eutrofizados**. Curitiba: Finep, 2005. p. 123-157).

THE INTERNATIONAL PLANT NAMES INDEX. **Plant names**. 2008. < Disponível em: <http://www.ipni.org>. > Acesso em: 13 jul. 2010.

THORNTON, K.W. Perspectives on reservoir limnology. In: THORNTON, K.W; KIMMEL, B. L.; PAYNE, F.E. (Ed.). **Reservoir limnology: ecological perspectives**. New York: John Wiley. 1990a. p.1-13.

\_\_\_\_\_. K. W. Sedimentary process. In: THORTON, K.W; KIMMEL, B. L.; PAYNE, F. E. (Ed.). **Reservoir limnology: ecological perspectives**. New York: John Wiley. 1990b. p. 43-69.

TRAIN, S. *et al.* Distribuição espacial e temporal do fitoplâncton em três reservatórios da bacia do rio Paraná. In: RODRIGUES, L. *et al.* **Biocenose em reservatórios: padrões espaciais e temporais**. São Carlos: RiMa, 2005. p. 73-85.

TUCCI, C. E. M. Interceptação. In: TUCCI, C. E. M. (org). **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS: ABRH, 2001. p. 243-252.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. São Carlos: RiMa, 2003.

\_\_\_\_\_. Reservoirs as complex systems. **Ciência e Cultura Journal of the Brazilian Association for the Advancement of Science**, v. 48, n.5/6, p.383-387. 1996.

VON SPERLING, E. **Morfologia de lagos e represas**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais (DESA/UFMG), 1999.

WETZEL, R. G. Reservoir ecosystems: conclusions and speculations. In: THORNTON, K.W; KIMMEL, B. L.; PAYNE, F.E. (Ed.). **Reservoir limnology: ecological perspectives**. New York: John Wiley. 1990. p. 227-238.

XAVIER, C. DA F.; DIAS, L. N.; BRUNKOW, R. F. Eutrofização. In: ANDREOLI, C. V.; CARNEIRO, C. (Ed.). **Gestão integrada de mananciais de abastecimento eutrofizados**. Curitiba: Finep, 2005. p. 273-302.

## ANEXOS

## Anexo 1 Resultados dos parâmetros analisados e a estatística descritiva

Temperatura da água (°C)					
Mês	PT1	PT2	PR1	PR2	PR3
jul/09	18,70	19,40	19,20	19,80	18,50
ago/09	21,40	18,30	21,60	21,50	21,80
set/09	20,90	18,60	21,30	21,80	22,30
out/09	20,50	19,90	22,90	22,90	22,30
nov/09	23,80	22,50	26,60	26,20	25,60
dez/09	22,60	22,70	24,50	25,10	25,40
jan/10	25,30	27,30	27,10	27,40	27,80
fev/10	34,00	30,30	31,60	31,40	30,30
mar/10	25,00	27,40	26,90	26,90	27,40
abr/10	23,00	23,50	23,70	24,50	24,70
mai/10	20,50	17,10	21,00	21,10	20,90
jun/10	17,00	16,00	22,00	22,10	22,80
Estatística descritiva					
Méd. Arit.	22,73	21,92	24,03	24,23	24,15
DP	4,31	4,53	3,48	3,34	3,34
Máx.	34,00	30,30	31,60	31,40	30,30
Mín.	17,00	16,00	19,20	19,80	18,50

Temperatura do ar (°C)					
Mês	PT1	PT2	PR1	PR2	PR3
jul/09	17,70	18,90	16,60	16,20	16,90
ago/09	18,30	18,10	20,10	20,10	20,90
set/09	23,40	30,80	23,20	26,80	24,80
out/09	20,00	23,60	20,40	20,40	20,50
nov/09	23,90	28,20	25,10	25,50	25,30
dez/09	22,30	22,30	23,30	24,20	24,40
jan/10	26,90	30,50	29,30	29,40	28,10
fev/10	30,00	34,40	31,00	30,30	29,40
mar/10	24,70	26,70	25,90	26,00	26,90
abr/10	22,80	23,30	22,80	23,60	23,80
mai/10	20,00	18,50	19,30	19,00	19,00
jun/10	17,90	18,00	20,00	20,20	20,10
Estatística descritiva					
Méd. Arit.	22,33	24,44	23,08	23,48	23,34
DP	3,78	5,64	4,21	4,35	3,86
Máx.	30,00	34,40	31,00	30,30	29,40
Mín.	17,70	18,00	16,60	16,20	16,90

Oxigênio dissolvido (mg/L)					
Mês	PT1	PT2	PR1	PR2	PR3
jul/09	4,57	3,20	5,10	5,25	5,50
ago/09	*	*	*	*	*
set/09	6,90	5,40	6,10	6,90	7,00
out/09	6,30	5,80	7,30	7,50	6,70
nov/09	5,60	7,90	6,80	6,60	7,20
dez/09	4,00	3,00	5,90	5,50	5,60
jan/10	7,40	5,10	6,10	5,70	5,80
fev/10	5,60	4,00	6,50	6,50	8,40
mar/10	7,50	4,80	6,80	7,10	7,50
abr/10	7,50	5,90	7,50	7,30	7,50
mai/10	4,00	6,80	5,80	6,10	5,10
jun/10	4,50	5,20	5,90	5,10	5,40
Estatística descritiva					
Méd. Arit.	5,81	5,19	6,35	6,32	6,52
DP	1,40	1,46	0,71	0,85	1,09
Máx.	7,50	7,90	7,50	7,50	8,40
Mín.	4,00	3,00	5,10	5,10	5,10

pH					
Mês	PT1	PT2	PR1	PR2	PR3
jul/09	6,60	6,20	6,90	7,00	7,10
ago/09	6,50	6,10	7,00	7,20	7,40
set/09	6,50	6,20	7,50	7,60	7,60
out/09	6,50	6,25	7,50	7,50	7,60
nov/09	7,60	7,30	8,00	7,70	7,50
dez/09	5,00	5,00	5,80	5,90	5,20
jan/10	6,30	5,70	5,60	5,70	5,80
fev/10	6,50	5,40	6,70	6,60	7,00
mar/10	6,50	5,00	6,20	6,00	6,10
abr/10	6,00	5,90	6,50	6,60	6,70
mai/10	6,20	6,40	6,50	6,60	6,60
jun/10	6,30	6,00	6,60	7,10	7,20
Estatística descritiva					
Méd. Arit.	6,38	5,95	6,73	6,79	6,82
DP	0,58	0,64	0,70	0,67	0,77
Máx.	7,60	7,30	8,00	7,70	7,60
Mín.	5,00	5,00	5,60	5,70	5,20

Cor (mg Pt/L)					
Mês	PT1	PT2	PR1	PR2	PR3
jul/09	40,0	20,0	30,0	30,0	17,5
ago/09	20,0	20,0	17,5	17,5	20,0
set/09	30,0	15,0	12,5	15,0	15,0
out/09	20,0	17,5	20,0	17,5	20,0
nov/09	246,0	121,0	76,0	70,0	62,0
dez/09	0,0	97,0	56,0	0,0	0,0
jan/10	0,0	85,0	65,0	0,0	0,0
fev/10	86,0	173,0	80,0	85,0	86,0
mar/10	85,0	171,0	83,0	87,0	86,0
abr/10	78,0	106,0	92,0	96,0	97,0
mai/10	73,6	155,0	73,0	76,0	80,0
jun/10	75,0	81,3	83,0	83,3	83,1

**Estatística descritiva**

Méd. Arit.	62,80	88,48	57,33	48,11	47,22
DP	66,22	60,07	29,27	37,65	38,05
Máx.	246,00	173,00	92,00	96,00	97,00
Mín.	0,00	15,00	12,50	0,00	0,00

Turbidez (UNT)					
Mês	PT1	PT2	PR1	PR2	PR3
jul/09	3,94	2,82	3,89	3,66	3,39
ago/09	3,59	2,72	2,96	2,95	5,10
set/09	4,10	2,26	3,30	3,38	3,07
out/09	4,95	3,16	5,15	4,84	4,95
nov/09	115,00	60,00	26,00	20,00	15,00
dez/09	1,00	30,00	15,00	1,00	2,00
jan/10	1,00	25,00	20,00	1,00	1,00
fev/10	36,50	121,00	35,00	37,00	35,00
mar/10	36,50	120,30	35,00	36,30	35,80
abr/10	38,60	126,70	40,60	41,80	40,80
mai/10	34,50	105,40	25,00	33,20	31,40
jun/10	40,00	33,00	35,80	35,00	35,40

**Estatística descritiva**

Méd. Arit.	26,64	52,70	20,64	18,34	17,74
DP	32,65	51,52	14,32	17,01	16,33
Máx.	115,00	126,70	40,60	41,80	40,80
Mín.	1,00	2,26	2,96	1,00	1,00

Sólidos totais (mg/L)					
Mês	PT1	PT2	PR1	PR2	PR3
jul/09	*	*	*	*	*
ago/09	*	*	*	*	*
set/09	*	*	*	*	*
out/09	*	*	*	*	*
nov/09	*	*	*	*	*
dez/09	135,00	180,00	120,00	80,00	160,00
jan/10	10,00	10,00	20,00	10,00	20,00
fev/10	15,00	10,00	24,00	15,00	24,00
mar/10	16,00	12,00	25,00	15,00	22,00
abr/10	19,00	16,00	30,00	15,00	26,00
mai/10	11,00	10,00	23,00	20,00	19,00
jun/10	20,00	20,00	23,00	23,00	20,00

**Estatística descritiva**

Méd. Arit.	32,29	36,86	37,86	25,43	41,57
DP	45,44	63,23	36,35	24,42	52,28
Máx.	135,00	180,00	120,00	80,00	160,00
Mín.	10,00	10,00	20,00	10,00	19,00

DBO (mg/L)					
Mês	PT1	PT2	PR1	PR2	PR3
jul/09	5,71	6,52	9,23	6,10	8,70
ago/09	6,53	11,52	10,40	9,30	4,32
set/09	14,68	14,73	13,67	14,50	10,90
out/09	8,19	10,40	7,60	8,23	7,63
nov/09	*	*	*	*	*
dez/09	11,86	4,11	10,66	3,26	13,09
jan/10	12,16	5,10	9,58	2,70	13,50
fev/10	14,32	9,52	12,69	4,86	10,80
mar/10	14,86	8,50	12,15	4,05	10,80
abr/10	16,21	11,90	13,50	6,75	12,15
mai/10	12,16	6,80	10,80	5,40	8,10
jun/10	9,46	8,50	8,10	10,80	8,10

**Estatística descritiva**

Méd. Arit.	11,47	8,87	10,76	6,90	9,83
DP	3,55	3,17	2,06	3,56	2,74
Máx.	16,21	14,73	13,67	14,50	13,50
Mín.	5,71	4,11	7,60	2,70	4,32

Amônio (mg/L)					
Mês	PT1	PT2	PR1	PR2	PR3
jul/09	*	*	*	*	*
ago/09	0,08	0,40	0,16	0,15	0,01
set/09	0,01	0,04	0,13	0,10	0,04
out/09	0,08	0,06	0,11	0,04	0,04
nov/09	0,06	0,07	0,06	0,05	0,05
dez/09	0,08	0,08	0,09	0,11	0,12
jan/10	0,05	0,01	0,03	0,01	0,01
fev/10	0,18	0,11	0,17	0,13	0,13
mar/10	0,11	0,12	0,14	0,12	0,12
abr/10	0,09	0,08	0,10	0,08	0,08
mai/10	0,05	0,03	0,04	0,05	0,09
jun/10	0,05	0,03	0,04	0,05	0,05

**Estatística descritiva**

Méd. Arit.	0,08	0,09	0,10	0,08	0,07
DP	0,04	0,11	0,05	0,05	0,04
Máx.	0,18	0,40	0,17	0,15	0,13
Mín.	0,01	0,01	0,03	0,01	0,01

Nitrito (µg/L)					
Mês	PT1	PT2	PR1	PR2	PR3
jul/09	*	*	*	*	*
ago/09	*	*	*	*	*
set/09	*	*	*	*	*
out/09	0,88	0,33	0,39	0,41	0,31
nov/09	1,31	2,18	0,65	0,26	0,48
dez/09	0,03	0,28	0,28	0,01	0,00
jan/10	0,07	0,42	0,00	0,00	0,00
fev/10	0,90	0,20	0,40	0,30	0,50
mar/10	1,20	2,00	1,00	1,00	1,00
abr/10	2,07	1,82	1,20	0,66	0,96
mai/10	1,52	1,56	1,55	1,39	1,53
jun/10	2,22	2,26	2,18	2,03	1,55

**Estatística descritiva**

Méd. Arit.	1,13	1,23	0,85	0,67	0,70
DP	0,77	0,90	0,70	0,68	0,59
Máx.	2,22	2,26	2,18	2,03	1,55
Mín.	0,03	0,20	0,00	0,00	0,00

Nitrato (mg/L)					
Mês	PT1	PT2	PR1	PR2	PR3
jul/09	*	*	*	*	*
ago/09	*	*	*	*	*
set/09	*	*	*	*	*
out/09	*	*	*	*	*
nov/09	*	*	*	*	*
dez/09	*	*	*	*	*
jan/10	0,4953	0,0593	0,1265	0,1896	0,1941
fev/10	0,9187	0,4999	0,9275	0,9061	0,8588
mar/10	0,7686	1,1429	1,0146	0,8465	0,7225
abr/10	0,5837	0,4839	0,6107	0,5002	0,5914
mai/10	0,2222	0,2226	0,2404	0,2093	0,2126
jun/10	0,3367	0,2455	0,4448	0,2636	0,2245

**Estatística descritiva**

Méd. Arit.	0,554	0,442	0,561	0,486	0,467
DP	0,261	0,382	0,360	0,323	0,294
Máx.	0,919	1,143	1,015	0,906	0,859
Mín.	0,222	0,059	0,126	0,190	0,194

Nitrogênio total (mg/L)					
Mês	PT1	PT2	PR1	PR2	PR3
jul/09	*	*	*	*	*
ago/09	*	*	*	*	*
set/09	1,0371	0,8600	0,8208	0,7610	0,6326
out/09	0,9529	0,9013	0,6724	0,7284	0,7843
nov/09	0,9062	0,8474	0,5607	0,6162	0,5604
dez/09	0,6855	0,9523	0,6443	0,5600	0,6720
jan/10	0,7473	0,2837	0,4625	0,4976	0,3901
fev/10	1,3116	0,8361	1,2079	1,2985	1,1953
mar/10	1,1618	1,5370	1,3517	1,2395	1,0595
abr/10	1,0337	0,8218	1,0039	0,8368	0,9844
mai/10	0,6157	0,6162	0,6899	0,5466	0,6062
jun/10	1,1178	0,7554	1,4918	0,6216	1,0348

**Estatística descritiva**

Méd. Arit.	0,957	0,841	0,891	0,771	0,792
DP	0,222	0,311	0,355	0,283	0,262
Máx.	1,312	1,537	1,492	1,299	1,195
Mín.	0,616	0,284	0,463	0,498	0,390

Condutividade elétrica ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )					
Mês	PT1	PT2	PR1	PR2	PR3
jul/09	12,96	13,14	12,23	12,39	17,24
ago/09	18,64	17,29	17,40	15,66	17,10
set/09	19,90	17,06	14,37	17,36	17,81
out/09	22,60	*	23,40	22,50	20,40
nov/09	31,43	23,88	22,92	22,41	22,65
dez/09	31,39	23,87	21,99	22,38	22,67
jan/10	29,51	22,60	22,10	21,42	22,29
fev/10	29,00	23,50	23,50	24,01	23,02
mar/10	30,10	22,90	25,02	25,31	22,50
abr/10	29,52	20,68	30,40	31,59	30,91
mai/10	25,81	19,32	20,10	22,00	23,59
jun/10	25,58	25,80	24,79	25,03	24,00

Estatística descritiva					
Méd. Arit.	25,54	20,91	21,52	21,84	22,02
DP	5,88	3,82	4,94	4,96	3,75
Máx.	31,43	25,80	30,40	31,59	30,91
Mín.	12,96	13,14	12,23	12,39	17,10

Fósforo total ( $\text{mg}/\text{L}$ )					
Mês	PT1	PT2	PR1	PR2	PR3
jul/09	0,470	0,460	0,420	0,360	0,420
ago/09	0,056	0,017	0,016	0,017	0,014
set/09	0,016	0,013	0,013	0,007	0,020
out/09	0,011	0,013	0,013	0,030	0,012
nov/09	0,036	0,016	0,007	0,006	0,004
dez/09	0,009	0,044	0,017	0,011	0,007
jan/10	0,031	0,019	0,018	0,020	0,033
fev/10	0,080	0,110	0,075	0,123	0,111
mar/10	0,164	0,103	0,074	0,086	0,066
abr/10	0,024	0,034	0,021	0,020	0,021
mai/10	0,035	0,023	0,049	0,075	0,074
jun/10	0,051	0,034	0,073	0,039	0,029

Estatística descritiva					
Méd. Arit.	0,082	0,074	0,066	0,066	0,068
DP	0,129	0,126	0,114	0,100	0,116
Máx.	0,470	0,460	0,420	0,360	0,420
Mín.	0,009	0,013	0,007	0,006	0,004

Clorofila $a$ ( $\mu\text{g}/\text{L}$ )					
Mês	PT1	PT2	PR1	PR2	PR3
jul/09	3,75	0,30	4,55	4,85	4,05
ago/09	3,20	0,80	3,75	4,60	4,05
set/09	2,40	1,10	3,50	2,70	2,95
out/09	3,55	1,00	3,30	3,20	3,65
nov/09	2,85	2,60	5,00	3,70	3,60
dez/09	2,10	2,40	4,25	3,15	3,10
jan/10	2,70	2,85	2,45	2,05	3,04
fev/10	1,95	2,20	2,65	2,35	3,05
mar/10	2,00	2,10	2,95	2,85	2,95
abr/10	2,10	1,95	2,35	2,65	2,45
mai/10	1,95	1,85	2,45	2,40	2,35
jun/10	1,75	1,40	3,00	3,20	2,95

Estatística descritiva					
Méd. Arit.	2,53	1,71	3,35	3,14	3,18
DP	0,68	0,79	0,88	0,87	0,55
Máx.	3,75	2,85	5,00	4,85	4,05
Mín.	1,75	0,30	2,35	2,05	2,35

Profundidade (m)					
Mês	PT1	PT2	PR1	PR2	PR3
jul/09	*	*	*	*	*
ago/09	0,80	*	5,90	7,00	*
set/09	0,68	0,95	5,43	6,50	8,87
out/09	0,68	0,95	5,43	6,50	8,87
nov/09	0,60	0,48	5,30	6,80	8,37
dez/09	1,20	1,16	4,68	6,80	8,38
jan/10	0,84	1,24	4,90	6,27	8,47
fev/10	0,78	0,91	4,90	6,00	8,50
mar/10	1,47	1,25	5,75	7,20	9,60
abr/10	1,10	1,13	5,76	6,90	9,46
mai/10	1,26	1,07	6,00	6,75	9,50
jun/10	1,27	0,52	5,27	7,10	9,15

Estatística descritiva					
Méd. Arit.	0,97	0,97	5,39	6,71	8,92
DP	0,30	0,27	0,44	0,36	0,49
Máx.	1,47	1,25	6,00	7,20	9,60
Mín.	0,60	0,48	4,68	6,00	8,37

\* Não realizado ou não medido

Valores em vermelho: em desacordo com a Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005)

## Anexo 2 Estação Pluviométrica da Represa Dr. João Penido: dados de precipitação

Quadro 2 Dados de precipitação de junho de 2009 a junho de 2010													
Dia	jun/09	jul/09	ago/09	set/09	out/09	nov/09	dez/09	jan/10	fev/10	mar/10	abr/10	mai/10	jun/10
1	0	0	0	0	0 *	0,2	5,1	67,96	0	53,7	28	0,7	0
2	0	0	0	0 *	0,2	13	0	0,2	0	19,8	0	0	0
3	0	0	0	0	1,8	0,1	9	0	0	3,5	1,7	0	0
4	0	18,5	0	20,03	0,1	0 *	42,9	0	0	15,8	10	0,1	0
5	0	0	0,8 *	0	1,5	0	6,9	2,7	0	33,2	5,4	0	0
6	0,8	0,2	0,1	3,7	0	0	7,5	0	0	10,9	5,4	0,1	0
7	0	0 *	0	4,8	4,2	5,1	3 *	0	0	16,9	0,1	0,1	0
8	0	0	0	0	32,1	0,4	4,8	0,1	0	0,2	0	0	0
9	0	0	0	0	1,7	81,5	5,35	0	0,6	0,2	1,5	20,0	0
10	0	0	0	0	0	16,9	0	0	36,6	39,4	0	1,8	0
11	0	0	0	0	0,7	12,4	0	0	0	0,4	1	0,8	0
12	5	4,1	0	0	0	14,3	0	0	0	0	0,6	8,2	0
13	0	0	0	0	0	20,5	7	0	0	31	0	0,1	0
14	0	0	0	10,5	0	0	1,7	6,8	0	13	0	0,1	0
15	0	0	0	0,5	40,3	6,3	1,4	67,6	0	10,9	0	0	0,1
16	0	0	0	0	4,2	19	0,8	0	0	28,1	0	0	0
17	0	0	0	0	0,6	0,1	3,3	0	0,6	0,4 *	0	0,1	0
18	0	0,5	0	0	0	0	1,3	0	42,7	0	0	0,1 *	0
19	0	0	0	0	0,8	0	0	0	5,75	0,1	0	2,5	0
20	0	0	0,1	0	23,5	0	0	10,42	0	10,5	0 *	0,3	0
21	0	0	0,45	1,5	1,1	0	0	5,7	0	15	0	0,1	0
22	0	0	0	19,6	9	1,8	0	1,6	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	1	1,8	0	0	0	0	0
24	0	0	2,5	5	0	0	31,4	27,4	0 *	0	0	0	0
25	13,1	0	3,3	0	10,7	22,5	12,8	2,6 *	3,3	0	0	0	0
26	0,2	5,5	0	0	0,1	0,5	16	0,2	8,7	0	0	0	0
27	0	0	0	0	6	0	11,1	0	0,8	0	0	0	0
28	13,3	0	0	0	6,8	0	61,1	0	6,7	0	2,2	0	0 *
29	0	0	0	1,6	3,6	0	9,7	0		0	4,7	0	0
30	0	0	0	0	0,1	0	16,4	0		7,7	0	0	0
31		0	0		1,5		56,05	0		9,9		0	
Total mensal (mm)	32,4	28,8	7,25	67,23	150,6	214,6	315,6	195,1	105,8	320,6	60,6	35,1	0,1
Máxima diária (mm)	13,3	18,5	3,3	20,03	40,3	81,5	56,05	67,96	42,7	53,7	28	20	0,1
Dias de chuva	5	5	6	9	22	16	23	13	9	21	11	15	1

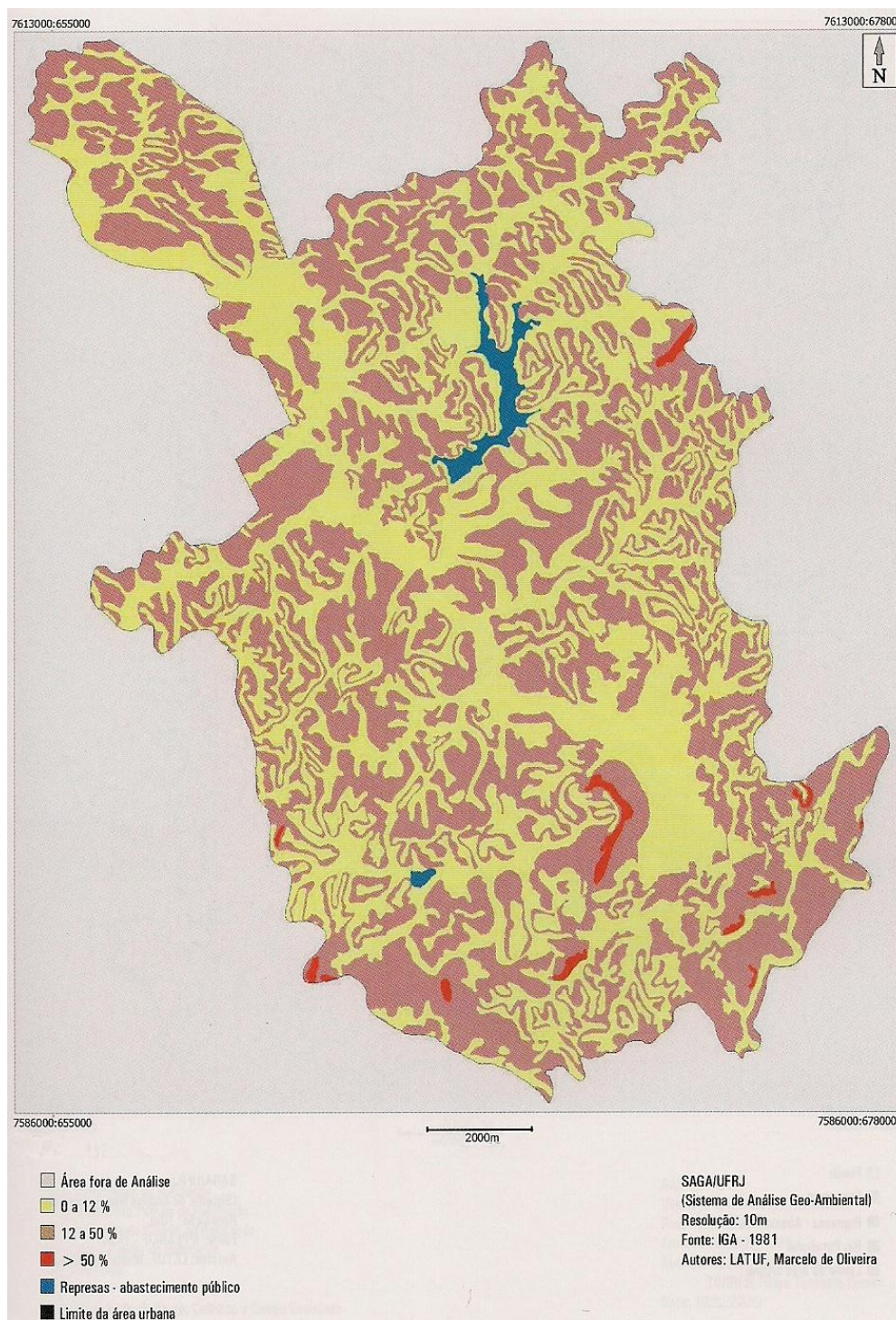
Fonte: CESAMA

\* dia de campanha

### Anexo 3 Resultados IET (CL) e IET (PT) dos tributários e represa

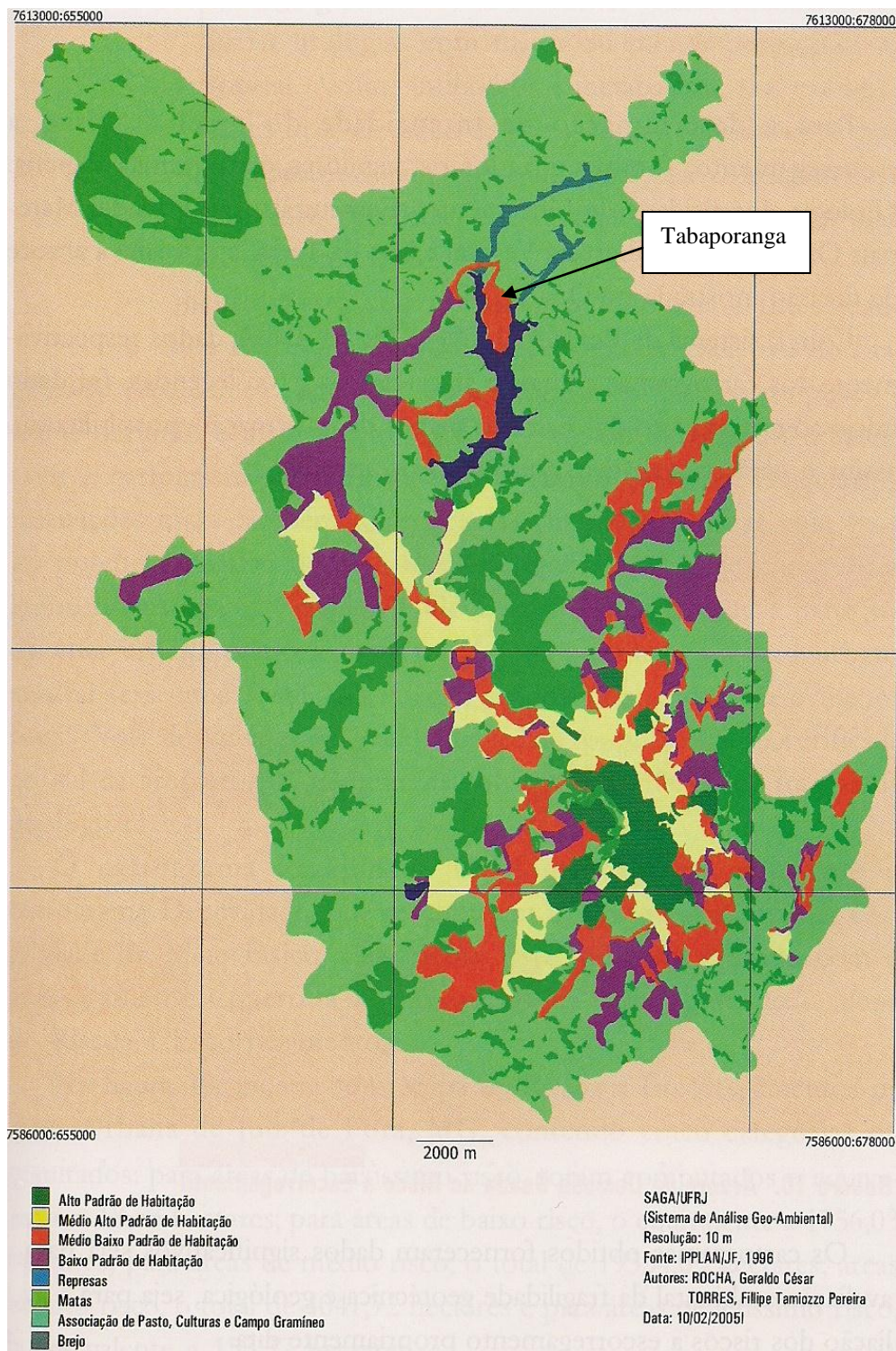
Mês	Ponto Tributário	IET (CL)	IET (PT)
jul/09	PT1	61,5402	65,8961
	PT2	39,6771	65,7844
ago/09	PT1	60,1673	54,8749
	PT2	48,1673	48,5631
set/09	PT1	57,6771	48,3407
	PT2	50,9239	47,2623
out/09	PT1	61,0658	46,4975
	PT2	50,0989	47,1205
nov/09	PT1	59,1646	52,5639
	PT2	58,3699	48,3407
dez/09	PT1	56,5212	45,3927
	PT2	57,6771	53,5745
jan/10	PT1	58,6966	51,8208
	PT2	59,1646	49,1672
fev/10	PT1	55,8797	56,6866
	PT2	56,9239	58,3630
mar/10	PT1	56,0989	60,4215
	PT2	56,5212	58,0171
abr/10	PT1	56,5212	50,3922
	PT2	55,8797	52,1786
mai/10	PT1	55,8797	52,3763
	PT2	55,4240	50,1275
jun/10	PT1	54,9430	54,3848
	PT2	53,0114	52,3148

Mês	Ponto Reservatório	IET (CL)	IET (PT)
jul/09	PR1	54,1592	71,0641
	PR2	54,4724	70,1301
	PR3	53,5881	71,0641
ago/09	PR1	53,2106	51,3769
	PR2	54,2128	51,4874
	PR3	53,5881	50,6259
set/09	PR1	52,8722	49,5211
	PR2	51,5993	45,3211
	PR3	52,0336	52,3056
out/09	PR1	52,5836	49,8790
	PR2	52,4327	55,1235
	PR3	53,0781	49,5363
nov/09	PR1	54,6218	46,0884
	PR2	53,1448	44,9462
	PR3	53,0104	43,4280
dez/09	PR1	53,8246	51,4837
	PR2	52,3554	49,0868
	PR3	52,2769	46,1062
jan/10	PR1	51,1227	51,9914
	PR2	50,2483	52,6043
	PR3	52,1810	55,6434
fev/10	PR1	51,5076	60,6092
	PR2	50,9183	63,6081
	PR3	52,1972	63,0118
mar/10	PR1	52,0336	60,5358
	PR2	51,8645	61,4476
	PR3	52,0336	59,8874
abr/10	PR1	50,9183	53,0490
	PR2	51,5076	52,6767
	PR3	51,1227	52,7749
mai/10	PR1	51,1227	58,0523
	PR2	51,0215	60,6019
	PR3	50,9183	60,5062
jun/10	PR1	52,1161	60,4748
	PR2	52,4327	56,6459
	PR3	52,0336	54,8783

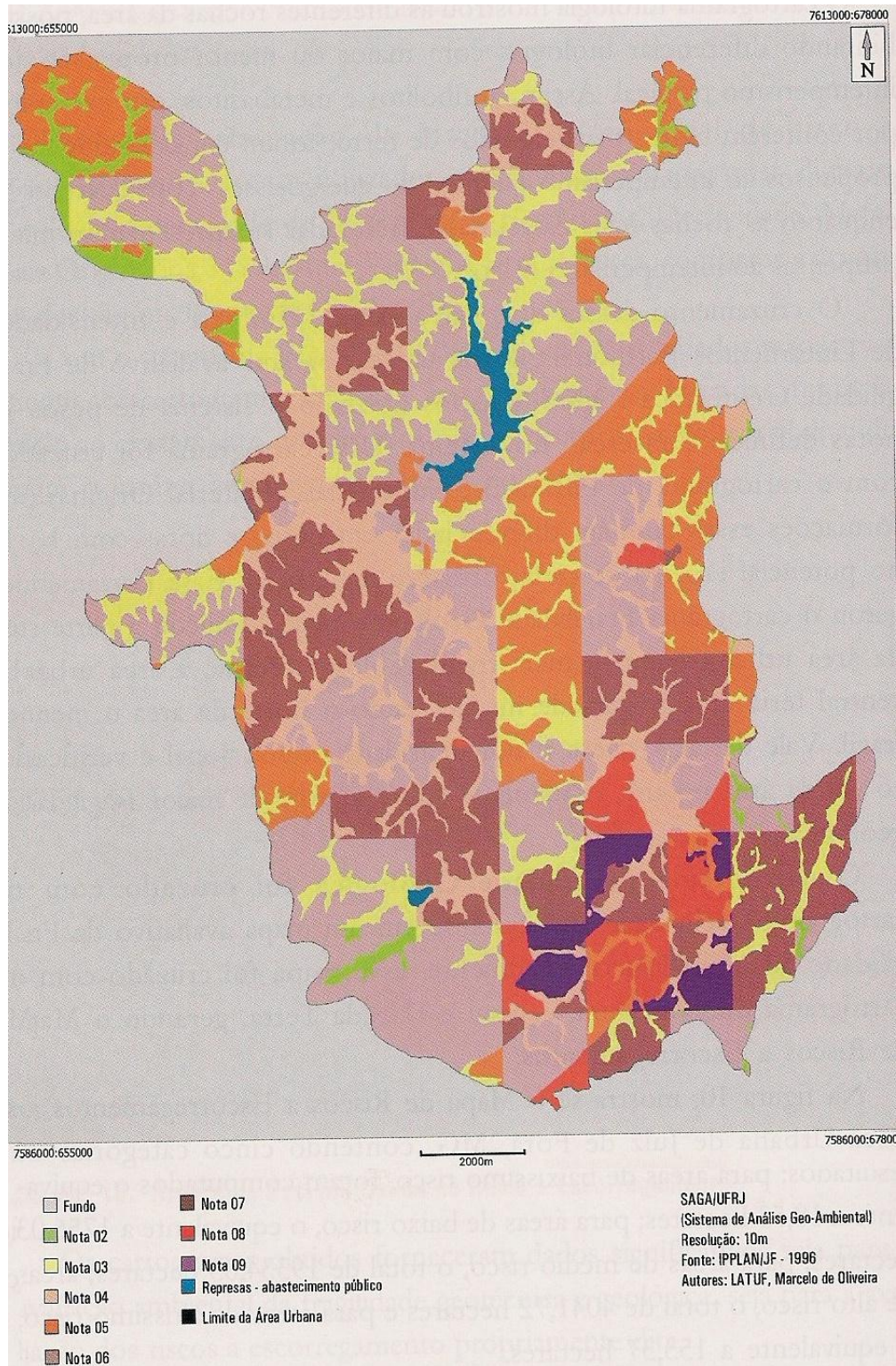
**Anexo 4 Mapas ambientais temáticos da área urbana de Juiz de Fora**

**Mapa de declividade da área urbana de Juiz de Fora (MG).**  
**Fonte: ROCHA (2006).**

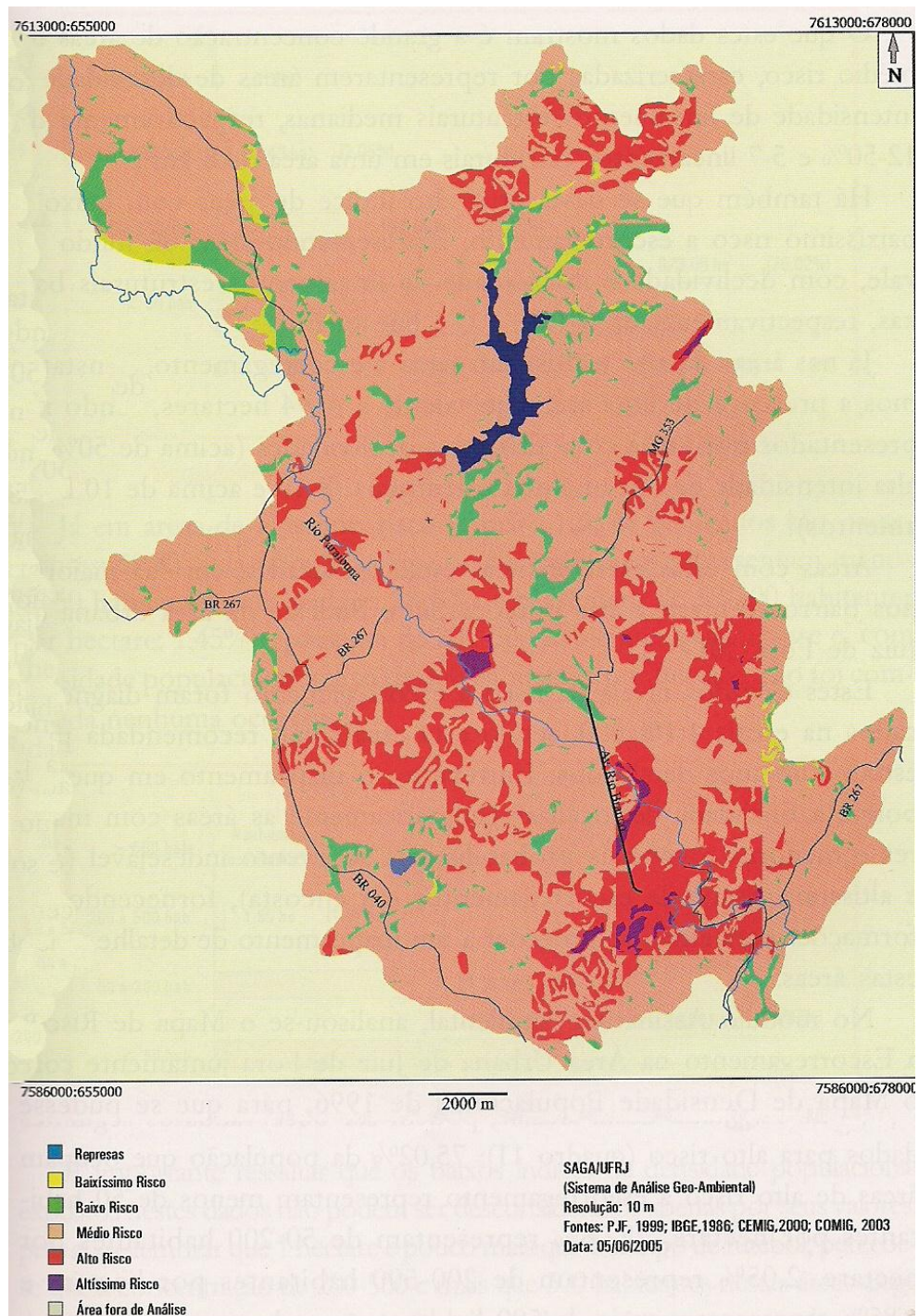




**Mapa de vegetação e uso da terra da área urbana de Juiz de Fora (MG).**  
**Fonte:** Modificado de Rocha (2006).



**Mapa de fragilidade geotécnica da área urbana de Juiz e Fora (MG).**  
Fonte: ROCHA (2006).



**Mapa de riscos a escorregamentos da área urbana de Juiz de Fora (MG).**  
**Fonte: ROCHA (2006).**