Universidade Estadual Paulista
"Júlio de Mesquita Filho"
Programa Interunidades

unesp

Mestrado
Engenharia Civil e Ambiental

LUCIENE GOMES

ÁGUAS SUPERFICIAIS NA BACIA DO RIBEIRÃO ÁGUA PARADA NO MUNICÍPIO DE BAURU-SP: POTENCIAL DE UTILIZAÇÃO PARA O ABASTECIMENTO PÚBLICO

Bauru
2012

LUCIENE GOMES

ÁGUAS SUPERFICIAIS NA BACIA DO RIBEIRÃO ÁGUA PARADA NO MUNICÍPIO DE BAURU-SP: POTENCIAL DE UTILIZAÇÃO PARA O ABASTECIMENTO PÚBLICO

Dissertação apresentada como requisito para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Área de Concentração Saneamento.

Orientador: Prof. Dr. Jorge Hamada

Bauru
2012

Gomes, Luciene.
Águas superficiais na bacia do Ribeirão Água Parada no município de Bauru-SP: potencial de utilização para o abastecimento público / Luciene Gomes, 2012
149 f.

Orientador: Jorge Hamada

Dissertação (Mestrado)–Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia, Bauru, 2012

1. Qualidade da água. 2. Poluição das águas. 3. Uso e ocupação do solo. 4. Bacia Hidrográfica. I. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia. II. Título.

unesp UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
CAMPUS DE BAURU
FACULDADE DE ENGENHARIA DE BAURU

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE LUCIENE GOMES, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL, DO(A) FACULDADE DE ENGENHARIA DE BAURU.

Aos 15 dias do mês de junho do ano de 2012, às 09:00 horas, no(a) ANFITEATRO DA SEÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA FACULDADE DE ENGENHARIA, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof. Dr. JORGE HAMADA do(a) Departamento de Engenharia Civil / Faculdade de Engenharia de Bauru - UNESP, Prof. Dr. EDSON APARECIDO ABDUL NOUR do(a) Departamento de Saneamento e Ambiente / Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo - UNICAMP, Profa. Dra. ISABEL CRISTINA DE BARROS TRANNIN do(a) Departamento de Engenharia Civil / Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá - UNESP, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a argüição pública da DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de LUCIENE GOMES, intitulada "ESTUDO DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NA BACIA DO RIBEIRÃO ÁGUA PARADA NO MUNICÍPIO DE BAURU-SP VISANDO O ABASTECIMENTO PÚBLICO". Após a exposição, a discente foi argüida oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final: Aprovada. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que, após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.

Prof. Dr. JORGE HAMADA

Prof. Dr. EDSON APARECIDO ABDUL NOUR

P/ Profa. Dra. ISABEL CRISTINA DE BARROS TRANNIN

Dedico este trabalho aos meus
amados pais, Silvio e Ivete, e à minha querida
tia Neusa, pelo amor incondicional e pelo
incentivo que sempre me deram.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me ajudado a concluir mais essa etapa da minha vida.

Ao Programa de Pós-Graduação de Engenharia Civil da UNESP.

A FAPESP pelo apoio financeiro na realização deste trabalho.

Ao querido Profº. Dr. Jorge Hamada, pelo incentivo, paciência, esclarecimentos e conselhos. Acima de tudo, por ter acreditado em mim.

Ao meu amigo e colega de trabalho Gilberto Castilho Filho, por todo companheirismo, dedicação, disposição, carinho e ajuda em todas as fases do projeto.

A todos os professores que contribuíram para minha formação, em especial a Profª. Drª. Isabel Cristina de Barros Trannin.

Às minhas amigas Márcia Watanabe e Elieni, pelo profissionalismo, dedicação e conversas prazerosas enquanto trabalhávamos.

Aos amigos do Departamento de Água e Esgoto de Bauru (DAE), em especial ao Olavo Severino Neto.

Aos meus amados pais, pelos incentivos, bons conselhos, estrutura e amor incondicional. Sem eles não teria chegado até aqui.

À minha querida tia Neusa, por todo o amor.

Aos amigos que cativei ao longo da vida, pela amizade, paciência, compreensão e carinho. Agradeço em especial à Claudia, ao André e ao Tadashi.

Resumo

A estreita relação entre o uso e ocupação do solo e a qualidade da água é destacada numa bacia hidrográfica periurbana no município de Bauru, Estado de São Paulo, Brasil. Cerca de 70% do abastecimento municipal se dá através do aquífero Guarani, que se encontra regionalmente no limite de sua exploração sustentável e o município tem como única alternativa, em seus limites administrativos, o manancial superficial estudado. O estudo abrangeu a identificação de fontes poluentes, o monitoramento mensal em oitos pontos de amostragem e a elaboração de um modelo de qualidade da água. Fontes pontuais de poluição predominam na região de cabeceira da bacia hidrográfica, pela contribuição de esgoto doméstico advindos de áreas urbanizadas, com indústrias e complexos penitenciários (CP). Fontes difusas predominam no médio e no final do percurso da drenagem principal devido às atividades agropastoris. O modelo de Streeter-Phelps, ajustado para o corpo principal, apresentou boa correlação até o médio percurso, onde as amostragens foram mais detalhadas. Apesar da forte pressão urbana, o Índice de Qualidade da Água (IQA) indica, ainda, águas de boa qualidade para abastecimento público. Contudo, os limites dessa qualidade podem ser facilmente extrapolados uma vez que os vetores de crescimento urbano apontam para esta bacia. Este fator demonstra a importância do monitoramento contínuo e a aplicação do modelo de qualidade de água como instrumentos para o desenvolvimento de planos efetivos de gestão desse recurso hídrico.

Palavras Chave: Qualidade da Água, Poluição das Águas, Uso do Solo, Bacia Hidrográfica.

Abstract

This study covers the use and occupation and their influence on water quality in a watershed in a periurban in Bauru city, State of Sao Paulo, Brazil. About 70% of the municipal supply is through the Guarani aquifer, which is regionally within the limits of their sustainable exploitation and the municipality has the only alternative, in their administrative boundaries, the source surface studied. The study includes the identification of sources of pollutants, the monthly monitoring at eight sampling stations and water quality modeling. Point sources of pollution prevalent in the region of the head of the basin, the contribution of sewage coming from urban areas, with industries and prison complex (PC). Diffuse sources dominate the middle and at the very end of the main drain due to agropastoral activities. The Streeter-Phelps model, adjusted for the main body, showed a good correlation to the middle path, where the samples were more detailed. Despite the strong urban pressure, the Water Quality Index (AQI) also indicates good quality water for public supply. However, this quality limits can be easily extrapolated since the vectors of urban point to the basin. This factor shows the importance of continuous monitoring and implementation of water quality model as tools to develop effective plans to manage this water resource.

Keywords: Water Quality, Water Pollution, Land Use, Watershed

Índice de Figuras

Figura 1 - Índice de escassez de água (Rws). O estresse hídrico é maior em regiões com maior Rws. Fonte: Oki & Kanae (2006). 7
Figura 2 - Regiões Hidrográficas brasileiras (Fonte: ANA, 2007). 17
Figura 3 - Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos no Estado de São Paulo. Destaque para UGRHI 16 -Tietê/Batalha (Fonte: BIOTA, 2010). 18
Figura 4 - Mapa da área na UGRHI 16 com seus respectivos municípios (Fonte: São Paulo, 2008). 19
Figura 5 - Curvas médias de variação dos parâmetros de qualidade das águas utilizados no cálculo de IQA. Fonte: ANA (2005). 30
Figura 6 – Bacias hidrográficas do município de Bauru (SP) e áreas de interesse ambiental. (Fonte: adaptado de Bauru, 2008). 39
Figura 7 - Macrozoneamento do município de Bauru e a localização da futura captação de água na bacia hidrográfica do Ribeirão Água Parada. (Fonte: Bauru, 2008). 41
Figura 8 - Município de Bauru, rodovias principais, contornos da bacia do Ribeirão Água Parada (magenta). (Fonte: Adaptado de Mondelli, 2008 – sem escala). 46
Figura 9 - Fluxograma da metodologia aplicada no estudo da influência do uso do solo na qualidade da água da bacia hidrográfica do Ribeirão Água Parada, Bauru (SP). 47
Figura 10 - Localização dos pontos de amostragem na bacia hidrográfica do Ribeirão Água Parada, município de Bauru (SP). 49
Figura 11 - Ponto de Amostragem P1, no Ribeirão Água Parada. 50
Figura 12 - Ponto de Amostragem P2A, situado no Córrego São Luiz. 51
Figura 13 - Ponto de Amostragem P2B, situado no Córrego Pau d'Alho. 51
Figura 14 - Ponto de Amostragem P3, situado no Córrego Gabiroba. 52
Figura 15 - Ponto de Amostragem P4, no Ribeirão Água Parada. 52
Figura 16 - Ponto de Amostragem P5, no Ribeirão Água Parada. 52
Figura 17 - Ponto de Amostragem P6, situado no Córrego da Figueira. 53
Figura 18 - Ponto de Amostragem P7, no Ribeirão Água Parada. 53
Figura 19 - Ponto de Amostragem P8, situado no Ribeirão Água Parada de Baixo. 54
Figura 20 - Dispositivos adaptado como tubo Pitot para determinação de velocidade da água. 57
Figura 21 - Exemplo de registros fotográficos efetuados para determinação da velocidade 58
Figura 22 - Exemplo de registros fotográficos efetuados para determinação da velocidade 58
Figura 23 - Exemplo de registros fotográficos efetuados para determinação da velocidade 58

Figura 24 - Exemplo de registros fotográficos efetuados para determinação da velocidade 59
Figura 25 - Conjunto vara telescópica, carretilha, linha e chumbo, para medição de profundidade. 59
Figura 26 - Diagrama Uni filar representando o Ribeirão Água Parada e seus tributários, Bauru (SP). 61
Figura 27 - Sub-bacias, pontos de monitoramento e trechos considerados na modelagem da bacia hidrográfica do Ribeirão Água Parada, município de Bauru (SP). 62
Figura 28 - Delineamento da bacia hidrográfica do Ribeirão Água Parada e de suas sub-bacias..... 64
Figura 29 - Caracterização do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do Ribeirão Água Parada, Bauru (SP). 67
Figura 30 - Imagem da zona urbana, pastagens e silvicultura na sub-bacia do ponto P2B (imagem obtida do Google Earth de 4/12/2010). 68
Figura 31 - Plantação de hortaliças na sub-bacia do ponto de amostragem P5 (10/2011). 70
Figura 32 - Ribeirão Água Parada na sub-bacia do ponto de amostragem P5 (10/2011). 71
Figura 33 - Conjunto residencial Rio Verde, na sub-bacia do ponto de amostragem P7 (09/2011). 71
Figura 34 - Cor obtida nos pontos de monitoramento (P1, P4, P5 e P7) do Ribeirão Água Parada nos períodos seco e chuvoso e limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05. 74
Figura 35 - Turbidez obtida nos pontos de monitoramento (P1, P4, P5 e P7) do Ribeirão Água Parada nos períodos seco e chuvoso e limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05. 75
Figura 36 - Ponto de monitoramento da qualidade da água P2B, situado no Córrego Pau d'Alho em 06/2011 76
Figura 37 - Valores de pH, obtidos nos pontos de amostragem (P1, P4, P5 e P7) no Ribeirão Água Parada, Bauru (SP). 80
Figura 38 - Valores de Alcalinidade (mgL^{-1} $CaCO_3$) obtidos em diferentes pontos de monitoramento do Ribeirão Água Parada, Bauru (SP). 81
Figura 39 - Dureza (mgL^{-1} $CaCO_3$) obtidos em diversos pontos de monitoramento do Ribeirão Água Parada, Bauru (SP). 82
Figura 40 - Valores de DBO, DQO e OD (mgL^{-1}) obtidos no período de estiagem, em pontos de monitoramento do Ribeirão Água Parada, Bauru (SP). 83
Figura 41 - Valores de DBO, DQO e OD (mgL^{-1}) obtidos no período chuvoso, em pontos de monitoramento do Ribeirão Água Parada, Bauru (SP). 84
Figura 42 - Valores de Cloretos (mgL^{-1} Cl^-) obtidos em diversos pontos de monitoramento do Ribeirão Água Parada, Bauru (SP). 84
Figura 43 - Valores de $N\text{-}NH_3$, $N\text{-}NO_2$, $N\text{-}NO_3$ e N-NTK (mgL^{-1}) obtidos no período de estiagem, em pontos de monitoramento do Ribeirão Água Parada, Bauru (SP). 85
Figura 44 - Valores de $N\text{-}NH_3$, $N\text{-}NO_2$, $N\text{-}NO_3$ e N-NTK (mgL^{-1}) obtidos no período chuvoso, em pontos de monitoramento do Ribeirão Água Parada, Bauru (SP). 86
Figura 45 - Valores de Fósforo Total (mgL^{-1}) obtidos em diferentes pontos de monitoramento do Ribeirão Água Parada nos períodos seco e chuvoso e limite estabelecido pelo Resolução CONAMA 357/05. 87
Figura 46 - Valores de Fosfato (mgL^{-1}) obtidos nos diversos pontos de monitoramento do Ribeirão Água Parada, Bauru (SP). 87

Figura 47 - Valores de ST, SF e SV (mgL^{-1}) obtidos nos pontos de monitoramento no período de estiagem, do Ribeirão Água Parada, Bauru (SP). 88
Figura 48 - Valores de ST, SF e SV (mgL^{-1}) obtidos nos pontos de monitoramento no período chuvoso, do Ribeirão Água Parada, Bauru (SP). 88
Figura 49 - Valores de STD (mgL^{-1}) obtidos nos pontos de monitoramento, nos períodos de estiagem e chuvoso, do Ribeirão Água Parada, Bauru (SP). 89
Figura 50 - Valores de Condutividade (μScm^{-1}) obtidos nos pontos de monitoramento, nos períodos de estiagem e chuvoso, do Ribeirão Água Parada, Bauru (SP). 89
Figura 51 - Valores de CT (NMP) obtidos nos diversos pontos de monitoramento no período de estiagem e chuvoso do Ribeirão Água Parada, Bauru (SP). 93
Figura 52 - Valores de Escherichia coli (NMP) obtidos nos diversos pontos de monitoramento nos períodos de estiagem e chuvoso do Ribeirão Água Parada, Bauru (SP). 94
Figura 53 - Modelagem da qualidade da água no rio principal, concentrações de DBO e OD. 97
Figura 54 – Modelagem da qualidade da água no rio principal, no período de estiagem, concentrações de DBO e OD. 98
Figura 55 – Modelagem da qualidade da água no rio principal, no período chuvoso, concentrações de DBO e OD. 98

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Estimativa do volume de água (km^3) captada e consumida e projeções futuras. 5
Tabela 2 - Classificação das águas doces em função dos usos preponderantes de acordo com a Resolução CONAMA 357/05. 23
Tabela 3 - Valores dos pesos (qi) de cada parâmetro utilizado no cálculo do IQA. 29
Tabela 4 - Classificação da qualidade da água segundo IQA-NSF e CETESB. 31
Tabela 5 - Bacias hidrográficas do município de Bauru (SP) e suas respectivas áreas. 37
Tabela 6 - Coordenadas geográficas, distância aproximada do exutório e altitudes dos pontos de amostragem no Ribeirão Água Parada, município de Bauru (SP). 50
Tabela 7 - Coordenadas geográficas, distância aproximada do exutório e altitudes dos pontos de amostragem nos tributários do Ribeirão Água Parada, município de Bauru (SP). 50
Tabela 8 - Parâmetros físico-químicos e biológicos, métodos analíticos e equipamentos utilizados. 55
Tabela 9 - Pontos de Monitoramento no Ribeirão Água Parada, com seus respectivos trechos e identificação dos tributários. 61
Tabela 10 - Área e perímetro das sub-bacias dos pontos de amostragem na bacia do Ribeirão Água Parada, P1, P2A, P2B, P3, P4, P5, P6, P7 e P8. 65
Tabela 11- Principais tipos de uso e ocupação do solo e seus respectivos valores de área na bacia do Ribeirão Água Parada, Bauru (SP). 66
Tabela 12 - Parâmetros indicadores da qualidade física da água nos tributários do Ribeirão Água Parada comparados aos valores estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 para corpos de água doce de Classe 2. 73
Tabela 13 - Parâmetros indicadores da qualidade química da água nos tributários do Ribeirão Água Parada comparados aos valores estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 para corpos de água de classe 2. 78
Tabela 14 - Taxas mínimas de DBO e DQO ($kgdia^{-1}ha^{-1}$) acumuladas nos períodos de seca e chuva. 82
Tabela 15 - Parâmetros indicadores da qualidade biológica da água nos tributários do Ribeirão Água Parada comparados aos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 para corpos de água de classe 2. 92
Tabela 16 - Qualidade da água nos períodos de estiagem e chuvoso nos pontos de monitoramento no Ribeirão Água Parada, com base no IQA proposto pela CETESB. 95
Tabela 17 - Qualidade da água nos períodos de estiagem e chuvoso nos tributários do Ribeirão Água Parada, com base no IQA proposto pela CESTESB. 95
Tabela 18 - Coeficientes de decomposição (Kd), reaeração (K2) e desoxigenação (K1) obtidos nos trechos modelados do Ribeirão Água Parada no mês de julho. 96

Índice de Equações

Equação 1..... 6
Equação 2..... 29
Equação 3..... 30
Equação 4..... 32
Equação 5..... 33
Equação 6..... 33
Equação 7..... 33
Equação 8..... 33
Equação 9..... 33
Equação 10..... 34
Equação 11..... 59
Equação 12..... 60

Lista de Símbolos, Siglas e Nomenclaturas

APA – Área de Proteção Ambiental

A_c – Área da seção transversal molhada do canal (m^2)

C – Coeficiente para a ponteira

$CaCO_3$ – Carbonato de Cálcio

CBH – Comitê de Bacia Hidrográfica

CBH-TB – Comitê de Bacia Hidrográfica Tietê Batalha

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

CDP – Centro de Detenção Provisória

Co – concentração inicial de oxigênio, logo após a mistura (mgL^{-1})

CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos

CO_3 – íons Carbonato

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente

CP – Complexos Penitenciários

CT – Coliformes Totais

Cs – concentração de saturação de oxigênio (mgL^{-1})

DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

DBOe – concentração de DBO_5 do esgoto (mgL^{-1})

DBOr – concentração de DBO_5 no rio (mgL^{-1})

DQO – Demanda Química de Oxigênio

DI – Distrito Industrial

Do – déficit inicial, logo após a mistura (mgL^{-1})

Dt – déficit de oxigênio dissolvido no tempo t (mgL^{-1})

ETE – Estação de Tratamento de Esgoto

g – aceleração da gravidade

H ou h – altura da coluna líquida

HCO_3 – íons Bicarbonato

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IQA – Índice de Qualidade da Água

I – Declividade do canal

i – número do parâmetro

IPA – Instituto Penal Agrícola

Kd – coeficiente de decomposição (d)

KT – constante para transformação da DBO_5 para a DBO última (DBOu)

K2 – coeficiente de reaeração (d)

Lo – demanda última de oxigênio, logo após a mistura (mgL^{-1})

n – Coeficiente de Manning

$N\text{-}NO_3$ – íons nitrato

$N\text{-}NO_2$ – íons nitrito

$N\text{-}NH_3$ – nitrogênio amoniacal

N-NTK – nitrogênio Total Kjeldahl

NSF – National Sanitation Foundation

RWS – Índice de Escassez de Água

SINGREH – Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos

UGRHI – Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos

OD – Oxigênio Dissolvido

ODe – concentração de oxigênio dissolvido no esgoto (mgL^{-1})

ODr – concentração de oxigênio dissolvido no rio, a montante do lançamento dos despejos (mgL^{-1})

pH – Potencial Hidrogeniônico

PIB – Produto Interno Bruto

PO_4 – íons fosfato

PNRH – Política Nacional de Recursos Hídricos

PNSB – Pesquisa Nacional de Saneamento Básico

P2A – ponto de monitoramento situado no Córrego São Luiz

P2B – ponto de monitoramento situado no Córrego Pau d'Alho

P3 – ponto de monitoramento situado no Córrego Gabiroba

P6 – ponto de monitoramento situado no Córrego da Figueira

P8 – ponto de monitoramento situado no Ribeirão Água Parada de Baixo

Q – Vazão de projeto na seção

Qe – vazão de esgotos (m^3L^{-1})

qi – qualidade do i-ésimo parâmetro

Qr – vazão do rio a montante do lançamento dos despejos (m^3s^{-1})

R_h – Raio Hidráulico (m)

SF – Sólidos Fixos

SP – São Paulo

STD – Sólidos Totais Dissolvidos

ST – Sólidos Totais

SV – Sólidos Voláteis

T – tempo (d)

TºC – Temperatura em grau Celcius

Tc – tempo crítico (d)

v – velocidade

wi – peso correspondente ao i-ésimo parâmetro

Sumário

Resumo ..... *i*

Abstract ..... *ii*

Índice de Figuras ..... *iii*

Índice de Tabelas ..... *vi*

Sumário ..... *xi*

1 INTRODUÇÃO *1*

2 OBJETIVOS *3*

2.1 Objetivos Gerais **3**

2.2 Objetivos Específicos **3**

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA *4*

3.1 Panorama Mundial dos Recursos Hídricos **4**

3.2 O Brasil no Contexto Mundial **9**

3.3 O Planejamento e a Gestão de Recursos Hídricos **11**

3.3.1 Aspectos Legais do Planejamento de Recursos Hídricos no Brasil 11

3.3.2 A Política Nacional dos Recursos Hídricos (PNRH) 13

3.3.3 A Bacia Hidrográfica como Unidade de Planejamento 14

3.3.4 Regiões Hidrográficas 16

3.4 MANANCIAIS SUPERFICIAIS **19**

3.4.1 Impactos Antrópicos na Qualidade da Água 19

3.4.2 Fontes de Poluição 20

3.4.3 Padrões de Qualidade da Água e Legislação 22

3.4.4 Parâmetros Indicadores da Qualidade da Água 24

3.4.5 Índice de Qualidade da Água (IQA) 28

3.4.6 Modelagem da Qualidade das Águas Superficiais 31

3.5 SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL **34**

3.5.1 Abastecimento Público 35
3.5.2 Esgotamento Sanitário 36
3.5.3 Tratamento de Esgoto 36

3.6 O MUNICÍPIO DE BAURU 37
3.6.1 Os Recursos Hídricos e o Saneamento Básico 37
3.6.2 A Importância da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Água Parada 41

4 MATERIAIS E MÉTODOS 44

4.1 Área de Estudo 44
4.1.1 Município de Bauru 44
4.1.2 Caracterização da bacia hidrográfica do Ribeirão Água Parada 45

4.2 Metodologia 47
4.2.1 Delineamento 47
4.2.2 Mapeamento da Bacia Hidrográfica 47
4.2.3 Monitoramento das Águas Superficiais 48
4.2.4 Índice de Qualidade da Água (IQA) 56
4.2.5 Parâmetros Hidrogeométricos 56
4.2.6 Modelagem da Qualidade da Água Superficial 60

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO 63

5.1 Delineamento da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Água Parada 63

5.2 Caracterização do Uso e Ocupação do Solo 65

5.3 Qualidade das Águas 72
5.3.1 Parâmetros Físicos 72
5.3.2 Parâmetros Químicos 76
5.3.3 Parâmetros Biológicos 90

5.4 Índice de Qualidade da Água (IQA) 94

5.5 Modelagem da Qualidade da Água 95

6 CONCLUSÕES 99

7 RECOMENDAÇÕES 101

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 102

9 ANEXOS 106

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, o crescimento desordenado das cidades tem gerado aumento da demanda hídrica para atender os diversos usos múltiplos e provocado decaimento da qualidade da água devido à contaminação das águas pluviais. Nos últimos anos o crescimento das cidades não foi acompanhado de instrumentos reguladores do uso e ocupação do solo (Cruz & Tucci, 2008). De forma que, a falta de investimentos na gestão do uso e ocupação do solo e deficiências no saneamento básico tem resultado em poluição das águas e no surgimento de questões problemáticas quanto à demanda e disponibilidade hídrica qualitativa e quantitativa (Suidedos, 2009).

Os atuais instrumentos que regulam o uso e a ocupação do solo que, geralmente, estão reunidos no Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano, apresentam grandes dificuldades de implementação devido à necessidade de fiscalização por parte do poder público (Cruz & Tucci, 2008). As práticas urbanísticas e rurais têm alterado o ambiente de forma inadequada, prejudicando a qualidade das águas dos mananciais e, consequentemente, diminuído a disponibilidade de água para o abastecimento público. Neste contexto, o entendimento da relação entre o uso e ocupação do solo e a qualidade da água é essencial na tentativa de solucionar os problemas de escassez de água potável em centros urbanizados.

Bauru, município brasileiro situado no Estado de São Paulo, apresenta um sistema de abastecimento de água urbano limitado para atender toda demanda de água requerida pela população. As atuais fontes de abastecimento público urbano incluem o Rio Batalha, que responde pelo abastecimento de 40% do município, e os sistemas de poços profundos, que abastece 60% da população. No entanto, a capacidade de fornecimento de água, para fins de abastecimento público, utilizando ambos os recursos está crítica, ou seja, ultrapassa os

limites de sustentabilidade. Atualmente, a média de vazão de água fornecida pelo Rio Batalha é de 0,53 m^3s^{-1} onde o valor de captação, inicialmente outorgado, pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) do Estado de São Paulo era de 0,35 m^3s^{-1}. Juntamente, com esta situação, verifica-se grande preocupação quanto à dependência na utilização dos mananciais subterrâneos, considerando que atualmente, o município já conta com 31 poços perfurados.

Com a urgência em obter uma nova fonte de abastecimento público, o Ribeirão Água Parada tornou-se o mais importante manancial do município. A bacia apresenta uma das maiores áreas de drenagem, quando comparada às outras bacias do município, sendo parcialmente envolvida pela região urbana e periurbana e possui águas que se enquadram na classe 2, de acordo com o Decreto Estadual n° 10.755/1977 a fundamentada na Resolução CONAMA 357/2005.

No entanto, é crescente a preocupação quanto à preservação da qualidade das águas e às atividades de uso e ocupação do solo realizadas na bacia do Ribeirão Água Parada. Os tipos de uso e ocupação do solo baseiam-se em áreas urbanizadas, pastagens, plantações de monoculturas, chácaras, aterro sanitário, complexo penitenciário (CP), aeroporto, distrito industrial e Estação de Tratamento de Esgoto (ETE). Dessa maneira, tornou-se fundamental obter uma avaliação da influência do uso e ocupação do solo na qualidade dos recursos hídricos da bacia hidrográfica do Ribeirão Água Parada, com vistas ao abastecimento público.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivos Gerais

O objetivo principal da pesquisa é avaliar quali-quantitativamente as águas do Ribeirão Água Parada e verificar as possíveis correlações das fontes de poluição com o uso e ocupação do solo das microbacias contribuintes.

2.2 Objetivos Específicos

- Identificar e efetuar a caracterização do meio físico das microbacias formadoras do Ribeirão Água Parada;
- Efetuar um levantamento do uso e ocupação do solo nas microbacias;
- Efetuar a caracterização qualitativa e estimar a vazão das águas nos pontos de drenagem das microbacias;
- Determinar o IQA-CETESB ao longo do percurso do Ribeirão Água Parada;
- Identificar as microbacias mais críticas no que se refere às fontes de poluentes e;
- Calibrar e aplicar o modelo de Streeter & Phelps, visando avaliar tendências de alteração da qualidade de água do Ribeirão Água Parada.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Panorama Mundial dos Recursos Hídricos

Recentes artigos produzidos pela imprensa e nos meios científico e econômico levantam questões por vezes alarmantes sobre a disponibilização e abastecimento global de água doce e sobre os impactos atuais e futuros da escassez de água (OLMSTEAD, 2010).

As mudanças climáticas, a extensão e a forma do desenvolvimento sócio-econômico, o crescimento populacional e as características físicas naturais de cada região, são fatores que, afetam a disponibilidade e a qualidade dos recursos hídricos e determinam os níveis de utilização da água no mundo (OLMSTEAD, 2010; GLEICK, 2003). Com base nessas características, Shiklomanov e pesquisadores do Instituto Hidrológico do Estado de Petesburgo nos Estados Unidos, produziram umas das mais completas avaliações do uso global da água pela combinação de análises regionais (GLEICK, 2003; OKI & KANAE, 2006).

Neste estudo, estimou-se durante vários períodos, 1900, 1940, 1950, 1960, 1970, 1980, 1990 e 1995, o total de água captada e consumida nas diversas atividades com vistas às necessidades urbanas (consumo doméstico de água), uso industrial (incluindo geração de energia), agricultura irrigada e as perdas por evaporação de reservatórios superficiais. A análise foi feita em aproximadamente 150 países e, em seguida, os dados foram extrapolados para maiores regiões econômicas e somados por continente (GLEICK, 2003).

A Tabela 1 mostra a estimativa do volume de água captada e consumida (perdas irrecuperáveis) nas regiões continentais entre 1900 e 1995 e as projeções futuras de uso. Como era esperado, verificou-se que o uso da água em todo o mundo é muito desigual,

tanto espacialmente como temporalmente, e que, de acordo com os dados, houve forte e dramático aumento da retirada e consumo de água no século XX.

Tabela 1 - Estimativa do volume de água (km^3) captada e consumida e projeções futuras.

	ESTIMATIVA HISTÓRICA DE USO								PROJEÇÃO DE USO		
CONTINENTE	**1900**	**1940**	**1950**	**1960**	**1970**	**1980**	**1990**	**1995**	**2000**	**2010**	**2025**
EUROPA	37.5*	71	93.8	185	294	445	491	511	534	578	619
	*16.6***	*29.8*	*38.4*	*53.9*	*81.8*	*158*	*183*	*187*	*191*	*202*	*217*
AMÉRICA DO NORTE	70	221	286	410	555	677	652	685	705	744	786
	29.2	*83.8*	*104*	*138*	*181*	*221*	*221*	*238*	*243*	*255*	*269*
ÁFRICA	41	49	56	86	116	168	199	215	230	270	331
	34	*39*	*44*	*66*	*88*	*129*	*151*	*160*	*169*	*190*	*216*
ÁSIA	414	689	860	1222	1499	1784	2067	2157	2245	2483	3104
	322	*528*	*654*	*932*	*1116*	*1324*	*1529*	*1565*	*1603*	*1721*	*1971*
AMÉRICA DO SUL	15.2	27.7	59.4	68,5	85.2	111	152	166	180	213	257
	11.3	*20.6*	*41.7*	*44.4*	*57.8*	*71*	*91.4*	*97.7*	*104*	*112*	*122*
AUSTRÁLIA E OCEANIA	1.6	6.8	10.3	17.4	23.3	29.4	28.5	30.5	32.6	35.6	39.6
	0.6	*3.4*	*5.1*	*9*	*11.9*	*14.6*	*16.4*	*17.6*	*18.9*	*21*	*23.1*
TOTAL	**579**	**1065**	**1366**	**1989**	**2573**	**3214**	**3590**	**3765**	**3927**	**4324**	**5137**
	415	***704***	***887***	***1243***	***1536***	***1918***	***2192***	***2265***	***2329***	***2501***	***2818***

Fonte: adaptado de Gleik (2003)
*linhas cinzas mostram volume de água captada **linhas brancas mostram volume água consumida.

De acordo com as estimativas de Gleick (2003), a quantidade de água mundial captada em 1995, totalizou-se em 3.765 km^3 anualmente, comparado com 579 km^3 em 1900, e o volume de água consumida passou de 415 Km^3 em 1900 para 2.265 km^3 em 1995. A avaliação dos usos global da água torna evidente nas projeções atuais e futuras, realizadas para o século XXI, que haverá aumentos recordes nos volumes de água, captados e consumidos, chegando a 5.137km^3 e 2.818 km^3 em 2025, respectivamente, aumentando a preocupação e as questões alarmantes sobre a escassez dos recursos hídricos (GLEICK, 2003; OLMSTEAD, 2010). Juntamente com as projeções futuras mundiais de uso, tem-se também a necessidade de conciliar números absolutos relativos aos volumes de águas captados e consumidos com o volume regional de recursos hídricos disponíveis, a fim de identificar o quanto cada região se aproxima do estresse ou escassez hídrica (GLEICK, 2003; OKI & KANAE, 2006).

Dessa maneira, os recursos hídricos mundiais podem ser avaliados através do índice de escassez de água. Segundo Oki e Kanae (2006), o índice de escassez de água é definido como:

$$Rws = \frac{(W\text{-}S)}{Q}$$ Equação 1

Sendo:

W = volume anual de água captada em todos os setores;

S = volume de água dessalinizada e;

Q = volume anual de água doce renovável.

Uma região é usualmente considerada com alto estresse hídrico se o índice de escassez de água for maior que 0,4. A distribuição do índice de escassez de água (Rws) mundial é apresentado na Figura 1.

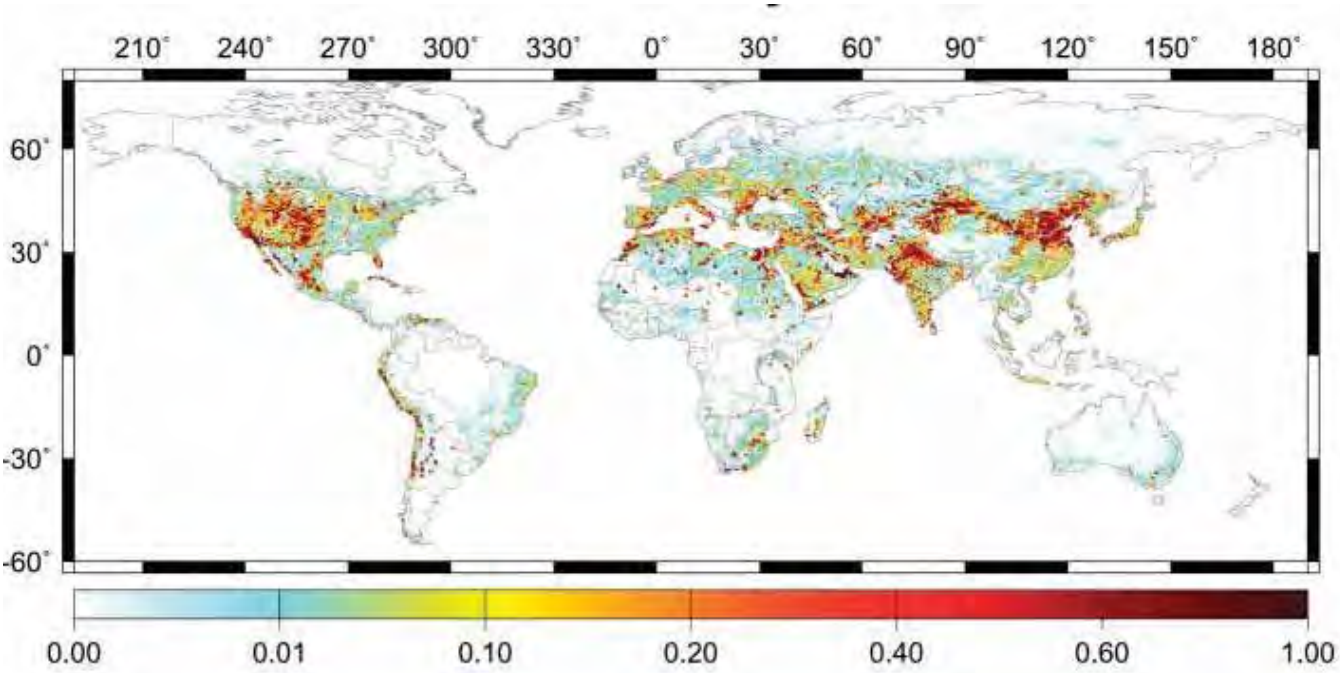

Figura 1 - Índice de escassez de água (Rws). O estresse hídrico é maior em regiões com maior Rws. Fonte: Oki & Kanae (2006).

Estudo realizado por Oki e Kanae (2006) intitulado “Global Hydrological Cyrcles and World Water Resources” indicou que no decorrer das próximas décadas a população global certamente crescerá e, juntamente com o crescimento econômico, a demanda de água por pessoa também aumentará. E, um dos principais objetivos atuais da avaliação mundial dos recursos hídricos é esclarecer à comunidade internacional o que poderá acontecer se continuarmos a gerir nossos recursos hídricos como fazemos hoje e não indicarmos quais ações podem ser necessárias para prevenir resultados indesejados.

Estima-se que o setor agrícola demande dois terços de toda água consumida no mundo e que no período de 1961-2004 a produção por área aumentou num fator de 2,3, maior do que a taxa de crescimento populacional (2,0), e que a produção total da safra aumentou num fator de 2,4, embora as áreas de lavouras tenham aumentado apenas 10%. Esse crescimento fenomenal no setor agrícola ocorreu devido à duplicação da área de irrigação e o correspondente aumento da retirada de água para atender essa demanda (OKI & KANAE, 2006).

Em relação aos usos, doméstico e industrial, alguns países têm adotado nova postura frente à problemática da escassez de recursos hídricos, em especial os países desenvolvidos. Ainda de acordo com Oki e Kanae (2006), embora o consumo doméstico de água mundial possa ter aumentado com o aumento do Produto Interno Bruto (PIB), pode ser visto em muitos países desenvolvidos que esse aumento parece ter chegado ao fim, pois o consumo de água parece estar diminuindo. O consumo industrial de água também tem aumentado juntamente com o PIB, mas novas tecnologias de reciclagem e reuso têm reduzido a entrada de água nas fábricas e indústrias. Como exemplo tem-se que, aproximadamente, 80% da água utilizada nos setores industriais no Japão são atualmente recicladas. Essa tendência de diminuição no consumo doméstico e industrial de água iniciada nos países desenvolvidos deve ser considerada nas previsões de consumo no futuro.

Existe, em contra partida, uma preocupação de que nas décadas futuras as retiradas de água para a irrigação não poderão ser aumentadas sempre que necessário e que a falta de água impedirá o crescimento da produção de alimentos. No entanto, se o índice de escassez em países em desenvolvimento se mantiver baixo, significa que esses países podem aumentar a quantidade de água retirada (OKI & KANAE, 2006). Contudo, um dos

principais objetivos desses países, incluindo o Brasil como país de maior potencial agrícola mundial no futuro, será implementar medidas rígidas, tais como, legislações, políticas e mecanismos de mercado, para aumentar a oferta e gerir a demanda sabidamente. Nesse sentido, estudos sobre o futuro dos recursos hídricos são bem sucedidos com base nos cenários plausíveis informados por experiências passadas e tendências atuais para projeções futuras da demanda (OKI & KANAE, 2006; OLMSTEAD, 2010; PIMENTEL et al., 2004).

3.2 O Brasil no Contexto Mundial

Estima-se que a população mundial atual é de aproximadamente 6,7 bilhões de pessoas e que, de acordo com a revisão de 2006 das Nações Unidas, "World Population Prospects", a media em 2050 será de 9,2 bilhões, a população ainda estará crescendo, mas numa taxa significativamente reduzida (SHERBININ et al., 2007). Todo crescimento projetado é esperado para ocorrer em países em desenvolvimento, aumentando de 5,5 bilhões para 7,9 bilhões de pessoas, enquanto que os países desenvolvidos permanecerão com 1,2 bilhões de pessoas (SHERBININ et al., 2007; CRANE & KINZIG, 2005).

Adicionalmente ao crescimento populacional têm-se as projeções das tendências de consumo. Embora as projeções de consumo sejam mais embasadas nas condições econômicas mundiais do que no crescimento populacional, muitos países têm levado em conta o desenvolvimento sustentável e a realimentação dos recursos naturais. No entanto, a curto prazo há aumento dos gases do efeito estufa, o esgotamento da capacidade produtiva do solo, extração de recursos naturais e deterioração dos recursos hídricos (SHERBININ et al., 2007)

O crescimento populacional em países em desenvolvimento e do consumo mundial, coloca o Brasil em lugar de destaque em relação às preocupações quanto aos recursos naturais que possui. Todas as atividades desenvolvidas na nação refletirão diretamente na qualidade e quantidade dos recursos hídricos disponíveis.

Recentes reportagens nacionais e internacionais apontam o Brasil como ícone de liderança na agricultura nos próximos anos. Devido à disponibilidade de terras agricultáveis, grande volume de água em seu território, condições de clima favoráveis, domínio da tecnologia de clima tropical e agroindústria avançada, em 2020 o Brasil poderá atingir o patamar de principal potência agrícola mundial (CORRÊA, 2009; BOURLAG,

2007). Países e políticos têm enxergado o Brasil como a peça essencial para suprir a necessidade mundial futura de alimentos e, a grande preocupação concernente ao desenvolvimento agrícola do país, está nos impactos causados pela expansão da agricultura no ambiente como, desmatamento, diminuição da biodiversidade, assoreamento de corpos de água e degradação da qualidade e reservação das águas (BOURLAG, 2007).

Outra relevante preocupação concernente aos recursos hídricos é que o país apresentou durante as últimas décadas, gradual aumento no número de municípios, com 84% das pessoas vivendo em áreas urbanizadas e, infelizmente, muitos municípios ainda não possuem sistema de saneamento básico adequado para atender toda essa demanda (IBGE, 2010). De acordo com dados da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB) de 2008, realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), apenas 55,2% dos municípios apresentaram coleta de esgoto e menos de um terço realizavam o tratamento, lançando seus esgotos diretamente nos corpos d'água (IBGE, 2010a).

Outra questão é que, segundo projeções das Nações Unidas, as cidades irão absorver quase todo o crescimento da população ao longo das próximas décadas e, inegavelmente, os centros urbanos também serão centros de conflitos ambientais (CRANE & KINZIG, 2005). Adicionalmente à urbanização e ao aumento da população brasileira, que na última década apresentou crescimento de 12,3 %, e à forte industrialização, houve também aumento de sérios problemas ambientais, em algumas regiões do país, principalmente, quanto aos usos preponderantes da água, escassez e seus conflitos (IBGE, 2010a). Embora o país apresente 12% de toda água superficial do mundo, a distribuição regional dos recursos hídricos é desigual (ANA, 2007).

A busca do desenvolvimento econômico equilibrado no Brasil, abrangendo todas as atividades agropecuárias e industriais, em harmonia com a preservação dos recursos naturais, pode ser alcançada pela gestão participativa e integrada de acordo com as evoluções conceituais, organizacionais, tecnológicas e institucionais de gerenciamento dos recursos hídricos. E melhorada, pela comunicação entre ciência e política, para que políticos tomem ações que abordem os desafios da água e cientistas entendam quais os tipos de conhecimento os políticos e a sociedade necessitam (SETTI et al., 2001; OKI & KANAE, 2006).

3.3 O Planejamento e a Gestão de Recursos Hídricos

Planejamento de recursos hídricos é definido como um conjunto de procedimentos organizados que visa o atendimento das demandas de água, considerada a disponibilidade restrita desse recurso (SETTI et al., 2001). O planejamento pode ser considerado como princípio aplicado ao sistema de gestão e, deve ser compatível com o sistema hídrico físico, caracterizado pelas complexidades hidrológicas, físicas, biológicas e químicas, com o sistema econômico, que gera as demandas de água e com o sistema político, que toma as decisões (BATALHA, 2006).

A gestão de recursos hídricos pretende equacionar e resolver as questões de escassez relativa dos recursos hídricos, bem como fazer o uso adequado, visando a otimização dos recursos em benefício da sociedade. A condição fundamental para que a gestão se realize é a motivação política para sua efetiva implantação, de forma a tornar possível planejar o aproveitamento e o controle de recursos hídricos e ter meios de implantar as obras e medidas recomendadas (SETTI *et al.*, 2001; MORAES, 2009).

Tem-se que o planejamento e a gestão dos recursos hídricos envolve gradual materialização de ações associada ao estabelecimento de metas e objetivos, à definição de padrões ou indicadores de referência, à formulação de políticas e planos, à elaboração de projetos e execução e à operacionalização de intervenções (SUIDEDOS, 2009). E como elementos inseparáveis no desenvolvimento de um país ou região, o planejamento e a gestão devem ser implementados por meio de diversos critérios de setorização, como, o dinamismo econômico regional, as divisões político-territoriais, o grau de homogeneidade quanto as características físico-naturais e por último, o padrão de drenagem das águas superficiais (SUIDEDOS, 2009).

3.3.1 Aspectos Legais do Planejamento de Recursos Hídricos no Brasil

A Constituição Federal de 1988 reservou à União a competência exclusiva para legislar sobre a água e o poder de autorizar os Estados a legislarem complementarmente A lei complementar regulatória do Inciso XIX, do artigo 21, conferiu à União a competência para instituir o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos - SINGREH e definir os critérios de outorga de direitos de uso (SOARES, 2008; GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO, 1997).

Várias unidades da federação contemplaram os recursos hídricos de diversas formas no corpo de suas Constituições. O estado de São Paulo foi um dos pioneiros a instituir a Política Estadual dos Recursos Hídricos e o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos por meio da Lei 7.663 em 1991 (SOARES, 2008; SUIDEDOS, 2009). O Distrito Federal (Lei 512/93), os estados do Ceará (Lei 11.996/92), Minas Gerais (Lei 11.504/94), Santa Catarina (Lei 9.748/94), Rio Grande do Sul (Lei 10.350/94), Sergipe (Lei 3.595/95), Bahia (Lei 6.855/95), Rio Grande do Norte (Lei 6.908/96), Paraíba (Lei 6.308/96) e Pernambuco (Lei 11.426/97) também dispuseram de lei própria, tendo como pontos comuns o gerenciamento por bacias hidrográficas, os Comitês de bacias com a participação do estado, dos municípios e da sociedade civil, e a cobrança pelo uso da água (GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO, 1997; ANA, 2002).

Com base no Projeto 2.249 de 1991, foi promulgada a Lei 9.433 em 1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e o SINGREH. A nova lei preconizou a institucionalização de uma política e de um sistema de gerenciamento integrado, descentralizado e participativo, no sentido de reverter o cenário, onde os diversos agentes governamentais, ligados ao uso das águas, atuavam de forma setorizada e com objetivos, critérios, metas, percepção e legislação, com frequência, conflitantes e, muitas vezes, divergentes e antagônicas (MORAES, 2009; SOARES, 2008; JACOBI et al., 2007; GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO, 1997). Assim, a lei se destaca por sintetizar de forma singular os princípios fundamentais do setor, por criar os instrumentos de gestão de usos dos recursos hídricos e por estabelecer um arranjo institucional de forma a dar igual direito de uso a todocidadão comum, além de configurar forças políticas regionais capazes de arrecadar recursos com a cobrança pelo uso da água, promover seu uso adequado e cuidar de sua proteção (MORAES, 2009).

De um modo geral, a legislação brasileira teve avanços significaticos e a partir da criação da Lei 9.433/97 novas leis foram elaboradas e implementadas como a Lei 9.605/98 (Penalidades ambientais), Lei 9.966/2000 (Poluição das águas nacionais), Lei 9.984/2000 (Agência Nacional de Águas), Lei 9.985/2000 (Sistema Nacional de Unidade de Conservação da Natureza), as legislações estaduais e a criação da Agência Nacional das Águas (ANA) (SUIDEDOS, 2009).

3.3.2 A Política Nacional dos Recursos Hídricos (PNRH)

As bases conceituais para a construção da Política Nacional dos Recursos Hídricos, criada pela Lei 9.433/97, estão alicerçadas nos seguintes fundamentos, objetivos e diretrizes gerais de ação. Destacam-se os *fundamentos*:

I – A água é um bem de domínio público;

II – A água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico;

III – Em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o cunsumo humano e a dessedentação de animais;

IV – A gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas;

V – A bacia hidrográfica é a unidade territorial para a implantação da Política Nacional dos Recursos Hídricos e a atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos;

VI – A gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.

Os *objetivos* da PNRH são:

I – Assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos;

II – A utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável;

III – A prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais.

As *diretrizes gerais de ação* para a implementação do PNRH:

I – A gestão sistemática dos recursos hídricos, sem dissociação dos aspectos de qualidade e quantidade;

II – A adequação da gestão de recursos hídricos às diversidades físicas, bióticas, demográficas, econômicas, sociais e culturais das diversas regiões do País;

III – A integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental;

IV – A articulação do planejamento de recursos hídricos com o dos setores usuários e com os planejamentos regional, estadual e nacional;

V – A articulação da gestão de recursos hídricos com a do usos do solo;

VI – a integração da gestão das bacias hidrográficas com a dos sistemas estuarinos e zonas costeiras.

Cabe aos órgãos que compõem o SINGREH, trabalhar de acordo com as diretrizes gerais para a implementação da PNRH. O SINGREH é estruturado por: a) órgãos colegiados deliberativos, como o Conselho Nacional dos Recursos Hídricos, os Conselhos Estaduais e do Distrito Federal e os Comitês de Bacias Hidrográficas; b) órgãos executivos como a Agência Nacional das Águas e as Agências de Águas; c) demais órgãos públicos federais, estaduais e municipais relacionados com a gestão de recursos hídricos.

A PNRH permitiu com que o governo alçasse melhores condições de governabilidade e de governança, além de oferecer melhor transparência, com participação social e compartilhamento de responsabilidades, maior integração e cooperação entre os níveis de governo, além da adoção de sistemas econômicos (ANA, 2007; SOARES, 2008).

A nova lei promoveu o entendimento de que a superação dos graves problemas ecológicos atuais e a condução do desenvolvimento econômico rumo à cenários sócio-ambientais sustentáveis transpõe o cruzamento das questões ecológicas, das questões sócio-econômicas e das questões políticos-financeiras de sustentabilidade do sistema de gestão dos recursos hídricos (MORAES, 2009).

3.3.3 A Bacia Hidrográfica como Unidade de Planejamento

A bacia hidrográfica tornou-se a unidade regional de análise, planejamento e gerenciamento das águas (JACOBI et al., 2007), na qual para se obter um desenvolvimento sustentável exige-se que a bacia hidrográfica e os recursos hídricos sejam gerenciados, levando-se em conta todas as inter-relações com o meio ambiente (CURY, 2005). Dessa forma, a bacia hidrográfica possui características que a tornam uma unidade muito bem caracterizada, que permite a integração multidisciplinar entre as diferentes estratégias de gerenciamento local, regional e nacional (NETO, 2005; CURY, 2005).

Algumas características ambientais fundamentais permitem definir a bacia hidrográfica para efeito de análise, planejamento e gerenciamento (CURY, 2005). Como unidade física, a bacia hidrográfica possui linhas divisórias de água, com limites naturais

ou parciais. Apresenta área de captação natural de água de precipitação e uma rede de drenagem formada por cursos de água que confluem até resultar num leito único no seu exutório. Tal característica permite considerá-la como um ente sistêmico, no qual, pode se realizar estudos de balanços de entrada de água proveniente da chuva e saída através do exutório, permitindo que sejam delineadas bacias e sub-bacias, cuja interconexão é feita pelos sistemas hídricos (PORTO et al., 2008). Outro ponto relevante, é que a bacia hidrográfica possui dinâmica ambiental definida pelas interações sistêmicas entre os recursos d'água, solo e vegetação e tais interações exercem impacto nas decisões em matéria de uso dos recursos naturais, tomadas por distintos agentes econômicos (CURY, 2005; SUIDEDOS, 2009).

Neste contexto, a bacia hidrográfica é uma unidade espacial relevante para analisar os processos ambientais, gerados como consequência das decisões em matéria de uso e manejo dos recursos hídricos, solo e vegetação, fazendo dela um marco ambiental propício para entender os impactos ambientais das atividades humanas (CURY, 2005; SUIDEDOS, 2009). Como exemplo tem-se que a cobertura vegetal de uma bacia hidrográfica pode ser cortada (desmatamento) ou alterada (desenvolvimento agrícola, reflorestamento). Da mesma forma, a fim de sanar necessidades sociais por comida e infra-estrutura; os solos podem ser manipulados ao remodelar a superfície terrestre por divisão, drenagem e impermeabilização de áreas urbanas. As correntes aquáticas podem ser modificadas pela perfuração e bombeamento de água subterrânea para suprimentos urbanos e rurais; por encanamentos e canais, para levar águas superficiais às cidades, indústrias e esquemas de irrigação; e por represas e reservatórios para fornecer estoque de água para regiões com escassez de recursos hídricos. Tais demandas produzem interferências diretas no meio ambiente, interferências físicas, químicas e biológicas, no ar, na terra e na água, ocasionando deterioração da qualidade do ar, degradação da produtividade do solo e degradação da qualidade da água (CURY, 2005).

Contudo, para administrar estas relações entre as necessidades de bens e serviços e os processos de exploração dos recursos naturais de maneira sustentável, é relevante ter a bacia hidrográfica como unidade de planejamento que adote e implante o gerenciamento integrado de recursos hídricos, que através da PNRH, resultou na delimitação da bacia como Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos, cujos órgãos consultivos e

deliberativos de gerenciamento são denominados Comitês de Bacias Hidrográficas (CBHs) (JACOBI et al., 2007; CURY, 2005).

O CBH é definido por uma política participativa e um processo decisório, aberto aos diferentes atores sociais vinculados ao uso da água, nos quais se revêem as atribuições do Estado, o papel dos usuários e o próprio uso da água (JACOBI et al., 2007). O CBH é o órgão mais próximo dos problemas pelos quais os usuários e a sociedade civil passam, tendo a competência de trazer para o campo político os conflitos sócio-ambientais e seus interlocutores, possibilitando o debate e as negociações ao entorno do uso da água (SOARES, 2008).

A prioridade dos CBHs centra-se na criação dos instrumentos necessários para a gestão. A gestão descentralizada de cada bacia hidrográfica pelos respectivos comitês, subcomitês e agências, tem como competência a conservação, a proteção e o desenvolvimentos dos recursos hídricos, através da aprovação e o acompanhamento da execução do PNRH, da instituição de cobrança pelo uso do recurso como um dos principais instrumentos de atuação, da sugestão dos valores a serem cobrados e como os mesmos devem ser aplicados (JACOBI et al., 2007; SOARES, 2008).

3.3.4 Regiões Hidrográficas

Com a finalidade de orientar, fundamentar e implementar a PNRH, foi instituída a Divisão Hidrográfica Nacional em Regiões Hidrográficas, por meio da Resolução nº 32, de 15 de outubro de 2003, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH). De acordo com a Agência Nacional das Águas (ANA) (2007, p.34), região hidrográfica é “o espaço territorial brasileiro compreendido por uma bacia, grupo de bacias ou sub-bacias hidrográficas contíguas, com características naturais, sociais e econômicas homogêneas ou similares, com vistas a orientar o planejamento e o gerenciamento dos recursos hídricos”.

Como apresentado na Figura 2, a Divisão Hidrográfica Nacional constitui-se das seguintes bacias hidrográficas: Amazonas, Tocantins/Araguaia, Atlântico Nordeste Ocidental, Parnaíba, Atlântico Nordeste Oriental, São Francisco, Atlântico Leste, Atlântico Sudeste, Atlântico Sul, Paraguai, Paraná e Uruguai.

Figura 2 - Regiões Hidrográficas brasileiras (Fonte: ANA, 2007).

O Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo dividiu o estado em 22 Unidades de Gestão de Recursos Hídricos (UGRHIs): 01-*Mantiqueira*, 02-*Paraíba do Sul*, 03-*Litoral Norte*, 04-*Pardo*, 05-*Piracicaba/Capivari/Jundiaí*, 06-*Alto Tietê*, 07-*Baixada Santista*, 08-*Sapucaí/Grande*, 09-*Mogi-Guaçu*, 10-*Tietê/Sorocaba*, 11-*Ribeira de Iguape/Litoral Sul*, 12-*Baixo Pardo/Grande*, 13-*Tietê/Jacaré*, 14-*Alto Paranapanema*, 15-*Turvo/Grande*, 16-*Tietê/Batalha*, 17-*Médio Paranapanema*, 18-*São José dos Dourados*, 19-*Baixo Tietê*, 20-*Aguapeí*, 21-*Peixe* e 22-*Pontal do Paranapanema* (GOVERNO DE SÃO PAULO, 2006). A Figura 3 apresenta a distribuição das UGRHIs no Estado de São Paulo, destacando-se a unidade de gestão 16 que corresponde à bacia Tietê-Batalha.

Figura 3 - Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos no Estado de São Paulo. Destaque para UGRHI 16 -Tietê/Batalha (Fonte: BIOTA, 2010).

O Comitê da bacia Hidrográfica Tietê-Batalha (16), CBH-TB, foi criado nos termos da Lei 7.663/91 e implantado no dia 13 de setembro de 1996. Trata-se de um órgão colegiado, de caráter consultivo e deliberativo, de nível regional e estratégico do Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SIGRH), com atuação na Bacia Hidrográfica Tietê-Batalha, assim definida pelo Plano Estadual de Recursos Hídricos.

A UGRHI 16-Tietê/Batalha localiza-se na região Noroeste do Estado de São Paulo. Compreende 33 municípios, sendo que 11 deles possuem parte de seu território em outras UGRHIs e 18 municípios possuem sedes localizadas em outras UGRHIs. Os municípios de Agudos, Bauru e Promissão foram agregados no CBH-TB por meio de deliberação. A Figura 4 apresenta a situação atual e os limites dos municípios com área na UGRHI 16 (SÃO PAULO, 2008).

Figura 4 - Mapa da área na UGRHI 16 com seus respectivos municípios (Fonte: São Paulo, 2008).

3.4 MANANCIAIS SUPERFICIAIS

3.4.1 Impactos Antrópicos na Qualidade da Água

Com o advento da industrialização e o aumento da população, a gama de requisitos para a utilização da água tem aumentado junto com maiores demandas de água de melhor qualidade. Com o passar do tempo, tem aumentado a demanda de água para consumo e higiene pessoal, pesca, agricultura (irrigação e pecuária), navegação, produção industrial,

usinas de resfriamento de combustíveis fósseis e nucleares, geração de energia e atividades de recreio, como banho e pesca. O consumo humano e industrial de água exerce a maior demanda na qualidade de água, mas suas necessidades quantitativas são relativamente moderadas. De acordo com Chapman (1996), em paralelo a estes usos, a água tem sido considerada, desde a antiguidade, o meio mais adequado para limpar, dispersar, transportar e dispor resíduos (domésticos e industriais, águas de drenagem, retorno de águas de irrigação, etc.).

Cada uso da água, incluindo a retirada de água e a descarga de efluentes, leva a específicos e previsíveis impactos na qualidade do ambiente aquático. Em adição a estes intencionais usos, existem várias atividades humanas que indireta e indesejavelmente afetam o ambiente aquático. Tem se como exemplo o incontrolável uso do solo para urbanização e desflorestamento, liberação de substâncias químicas, descargas de efluentes não tratados ou lixiviação de líquidos tóxicos de depósitos de resíduos sólidos. Além do incontrolado e excessivo uso de fertilizantes e pesticidas que em longo prazo afetam as águas superficiais e subterrâneas (CHAPMAN, 1996).

Intervenções estruturais no ciclo hidrológico natural, por meio da canalização ou represamento de rios e o desvio de água dentro ou entre bacias hidrográficas, em longo prazo, resultam na degradação ambiental. Os mais importantes impactos na qualidade das águas superficiais, em escala global, geram prejuízos severos em relação à decomposição da matéria orgânica, patógenos e micropoluentes orgânicos; prejuízos moderados relacionados à alteração do regime hidrológico, concentração de sólidos em suspensão, elementos traços; e prejuízos ocasionais ou regionais relacionados à eutrofização, salinização e acidificação (CHAPMAN, 1996).

3.4.2 Fontes de Poluição

Os poluentes podem ser liberados no ambiente como gases, substâncias particuladas ou dissolvidas e atingem o ambiente aquático por uma variedade de caminhos, incluindo a atmosfera e o solo. A poluição pode resultar de fontes pontuais e difusas. Uma importante diferença entre uma fonte pontual e difusa é que a fonte pontual pode ser coletada, tratada ou controlada, enquanto que fontes difusas consistem em muitas fontes pontuais que também podem ser controladas, desde que todos os pontos sejam identificados (CHAPMAN, 1996; VON SPERLING, 1996; BRAGA, et al., 2002). A

principal fonte de poluição pontual é originada da coleta e descarga de esgotos domésticos e industriais. A maior parte das atividades agrícolas como, pulverização de pesticidas ou aplicação de fertilizantes, é considerada como fontes difusas (CHAPMAN, 1996; VON SPERLING, 1996; BRAGA et al., 2002). A chuva, com poluentes atmosféricos também ocasionam poluição difusa do ambiente aquático (CHAPMAN, 1996).

A atmosfera é uma das fontes universais de poluentes do meio ambiente global. As fontes antrôpicas de poluentes atmosféricos incluem:

- Queima de combustíveis fósseis para a geração de energia;
- Queima de combustíveis fósseis nos automóveis, outras formas de transporte, aquecedores em ambientes frios e necessidades industriais;
- Minérios de fundição, principalmente sulfetos;
- Poeira de regiões áridas e agrícolas; e
- Volatização de defensivos agrícolas e fertilizantes, da deposição de resíduos sólidos e de regiões previamente poluídas.

Estas fontes promovem uma série de poluentes orgânicos e inorgânicos, os quais são dispersados pelo sistema meteorológico e depositados em regiões diversas (CHAPMAN, 1996). A deposição de poluentes atmosféricos, como solutos na chuva ou particulados, ocorre nos solos, florestas e águas superficiais, onde retornam ao ciclo hidrológico e sedimentar (erosão, transporte e deposição) (CHAPMAN, 1996; BRAGA *et al.*, 2002).

Segundo Chapman (1996), outras muitas fontes de poluição difusa incluem:

- Escoamento em áreas agrícolas: inclui a erosão do solo pela drenagem superficial e subsuperficial. Estes processos transferem partículas orgânicas e inorgânicas do solo, nutrientes, pesticidas e herbicidas para os corpos de água adjacentes.
- Escoamento urbano de ruas e áreas circundantes: geralmente os contaminantes são derivados de combustíveis fósseis, bactérias, metais (chumbo) e poluentes orgânicos industriais. Pesticidas e herbicidas também podem ser originados de jardins urbanos, paisagismo e horticultura, além do impacto das rodovias, ferrovias e aeroportos.
- Deposição de resíduos: resíduos industriais e municipais, eliminação de efluentes líquidos e deposição de sedimentos dragados. Dependendo do

tamanho relativo das áreas de deposição, as fontes podem ser consideradas difusas ou pontuais.

Uma fonte pontual é uma poluição que pode ser relacionada com uma simples saída. A descarga de esgoto doméstico não tratado ou inadequadamente tratado é a maior fonte pontual de poluição de águas superficiais (CHAPMAN, 1996; VON SPERLING, 1996; BRAGA et al., 2002). Outras importantes fontes pontuais incluem as atividades de mineração e efluentes industriais. Algumas fontes pontuais são caracterizadas pela constante descarga de substâncias poluentes ao longo do tempo, como os esgotos domésticos, enquanto outras por vazamentos ou derrames acidentais (CHAPMAN, 1996).

3.4.3 Padrões de Qualidade da Água e Legislação

Como os recursos hídricos podem ser utilizados de diversas maneiras, há necessidade do estabelecimento de padrões de qualidade, embasados legalmente (BRAGA et al., 2002). Os padrões de qualidade devem ser cumpridos, por força da legislação, pelas entidades envolvidas com a água a ser utilizada e são estabelecidos em função dos usos previstos (VON SPERLING, 1996).

A Resolução CONAMA 357/2005 dividiu as águas do território nacional em águas doces (salinidade < 0,05%), salobras (salinidade entre 0,05% e 3%) e salinas (salinidade > 3%) e em função dos usos preponderantes foram criadas 5 classes de rio. A Tabela 2 apresenta um resumo dos usos preponderantes das classes de rio relativas à água doce, em que a classe especial pressupõe os usos mais nobres, e a classe 4, os menos exigentes em qualidade.

A Resolução CONAMA 357/05 estabeleceu padrões de qualidade da água para cada classe de rio, especial a 4, com limites para cada substância em cada classe salinas, salobras ou doces (VON SPERLING, 1996).

Tabela 2 - Classificação das águas doces em função dos usos preponderantes de acordo com a Resolução CONAMA 357/05.

USOS	Classe de Rio				
	Especial	1	2	3	4
Abastecimento para consumo humano	X	x (a)	x (b)	x (b)	
Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas	X				
Recreação de contato primário		x	x		
Proteção das comunidades aquáticas		X	X		
Irrigação		x (c)	x (d)	x (e)	
Criação de espécies (aquicultura)			x		
Recreação de contato secundário				x	
Pesca amadora				x	
Dessedentação de animais				x	
Navegação					X
Harmonia paisagística					X
Usos menos exigentes					X

Notas: (a) Após tratamento simples; (b) após tratamento convencional; (c) hortaliças e frutas rentes ao solo; (d) hortaliças e plantas frutíferas; (e) culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras

O enquadramento dos mananciais está correlacionado com os seus usos preponderantes, de modo que os níveis de qualidade atendam aos interesses da comunidade. Os padrões de qualidade estabelecidos são ferramentas importantes na avaliação da qualidade das águas dos mananciais em relação às classes estabelecidas (VON SPERLING, 1996; CONAMA, 2005). A Resolução CONAMA 430/2011 apresenta padrões para lançamento de efluentes nos corpos d'água, a fim de controlar a poluição das águas. O regulamento da Lei do Estado de São Paulo 997 de 31/05/1976, aprovado pelo Decreto 8468 de 08/09/1976, também dispõe de padrões e limites a serem obedecidos, tanto para o padrão de lançamento de efluentes líquidos como para os padrões de qualidade dos corpos hídricos receptores.

Os padrões de potabilidade também são importantes e estão associados à qualidade da água fornecida ao consumidor. Os padrões de potabilidade são definidos na Portaria 2.914/2011, do Ministério da Saúde, que também dispõe de normas e procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água.

3.4.4 Parâmetros Indicadores da Qualidade da Água

São diversos os parâmetros indicadores da qualidade da água, dentre os quais, podem ser destacados os descritos a seguir.

Cor

A cor é responsável pela coloração da água e é resultado da presença de sólidos dissolvidos. A cor resulta da decomposição da matéria orgânica, da presença de ferro e manganês, de resíduos industriais e de esgotos domésticos (VON SPERLING, 1996).

Turbidez

A turbidez representa o grau de interferência na passagem da luz, através da água, conferindo à água uma aparência turva (VON SPERLING, 1996). As fontes naturais são os materiais coloidais e suspensos tais como, argila, silte, matéria orgânica e inorgânica, finamente divididos, plânctons e outros organismos microscópicos (APHA, 2005). As fontes antrópicas incluem os despejos domésticos, industriais e processos erosivos (VON SPERLING, 1996).

pH

O potencial Hidrogeniônico (pH) representa a concentração de íons hidrogênio em escala anti-logarítmica, indicando a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água. A faixa de pH é de 0 a 14 e é influenciada pela concentração de sólidos dissolvidos e de gases dissolvidos (VON SPERLING, 1996; APHA, 2005). A oxidação da matéria orgânica e o processo fotossintético influenciam o pH devido à produção ou assimilação de CO_2, refletindo na produção de íons hidrogênio (ESTEVES, 1992).

Alcalinidade

A alcalinidade é a capacidade que a água possui de neutralizar ácidos, de resistir às mudanças de pH, ou seja, é a medida da quantidade de íons bicarbonato (HCO_3^-), carbonato (CO_3^-) e hidróxido (OH^-), capazes de reagir com os íons hidrogênio. A quantidade de sólidos e gases dissolvidos influenciam esse parâmetro (VON SPERLING, 1996; ESTEVES, 1992; APHA, 2005).

Dureza

É a concentração de íons multimetálicos em solução. Os cátions mais frequentemente associados à esse parâmetro são o Ca^{2+} e o Mg^{2+} (VON SPERLING, 1996; RICHTER *et al.*, 1991). A dureza pode ser classificada como dureza de carbonato, quando correspondente à alcalinidade, e dureza de não carbonato, quando associada às demais formas aniônicas. A quantidade de sólidos dissolvidos influencia esse parâmetro (VON SPERLING, 1996).

Oxigênio Dissolvido

O Oxigênio Dissolvido (OD) é de extrema importância para os recursos hídricos, pois é essencial para os organismos aeróbios. Durante a estabilização da matéria orgânica, as bactérias fazem uso do oxigênio nos seus processos respiratórios, podendo vir a causar uma redução da sua concentração no meio (VON SPERLING, 1996). Assim, as principais fontes de perda são o consumo pela decomposição da matéria orgânica (oxidação), perdas para a atmosfera, respiração de organismos aquáticos e oxidação de íons metálicos. As principais fontes de ganho são a dissolução de oxigênio atmosférico e a fotossíntese (ESTEVES, 1992).

Demanda Bioquímica de Oxigênio

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) é a quantidade de oxigênio dissolvido utilizado para a decomposição aeróbia da matéria orgânica biodegradável (BRAGA *et al*., 2002; VON SPERLING, 1996). A DBO é um parâmetro de fundamental importância na caracterização do grau de poluição de um corpo d'água. Quanto maior o teor de matéria orgânica, maior será o consumo bioquímico de oxigênio dissolvido (VON SPERLING, 1996).

Demanda Química de Oxigênio

A Demanda Química de Oxigênio (DQO) é a quantidade de oxigênio dissolvido na água utilizada para oxidar a matéria orgânica, biodegradável ou não, quimicamente. Assim como a DBO, a DQO é um parâmetro importante na caracterização do grau de poluição de um corpo d'água. Quanto maior o teor de matéria orgânica, maior será o consumo químico de oxigênio dissolvido (VON SPERLING, 1996).

Cloretos

Os cloretos (Cl^-) são íons resultantes da dissolução de sais, por exemplo, do cloreto de sódio. Variações no teor de cloretos em águas naturais indicam poluição por esgotos domésticos (RICHTER *et al.*, 1991), industriais e águas de irrigação (VON SPERLING, 1996).

Condutividade Elétrica

Condutividade mede a habilidade que a solução aquosa possui em transportar corrente elétrica. A habilidade depende da concentração, da mobilidade e da valência iônica, além da temperatura da água. Compostos iônicos são relativamente melhores condutores que compostos moleculares (APHA, 2005).

Sólidos Totais Dissolvidos

Os Sólidos Totais Dissolvidos (STD) são indicadores de uma ampla gama de contaminantes químicos na água. STD é a medida de todos os constituintes dissolvidos na água como, sais inorgânicos e matéria orgânica (APHA, 2005). Os principais ânions inorgânicos dissolvidos são carbonatos, cloretos, sulfatos e nitratos (RICHTER *et al.*, 1991; (APHA, 2005). Os principais cátions inorgânicos incluem sódio, potássio, cálcio e magnésio (APHA, 2005).

Sólidos Totais, Fixos e Voláteis

Sólidos Totais (ST) é a soma dos sólidos voláteis e fixos na água. Ao submeter os sólidos a uma temperatura elevada (550ºC), a fração orgânica é volatizada, permanecendo após combustão apenas a fração inorgânica. Os Sólidos Voláteis (SV) representam uma estimativa da matéria orgânica nos sólidos e os Sólidos Fixos (SF) representam a matéria inorgânica ou mineral (VON SPERLING, 1996).

Nitrogênio Total

O Nitrogênio total pelo método Kjeldahl (N-NTK) é a soma do nitrogênio orgânico e nitrogênio amoniacal. O nitrogênio orgânico inclui materiais naturais como, proteínas e peptídeos, ácidos nucléicos, uréia e numerosos materiais orgânicos sintéticos (CHAPMAN, 1996). O nitrogênio amoniacal inclui a amônia (NH_3^+) e o íons amônio (NH_4^-) (APHA, 2005).

Amônia

A amônia ocorre naturalmente nos corpos de água decorrente da decomposição da matéria inorgânica e orgânica do solo e água, excreção da biota, redução do gás nitrogênio na água por microrganismos e pela troca gasosa atmosférica. As fontes antropogênicas incluem descargas de efluentes industriais e domésticos (CHAPMAN, 1996). O nitrogênio amoniacal ($N\text{-}NH_3$) é um indicador de poluição recente (ESTEVES, 1992).

Nitrato e Nitrito

O íon Nitrato (NO_3^-) é a forma mais comum do nitrogênio combinado encontrado em águas naturais. O nitrato pode ser reduzido a Nitrito (NO_2^-), pelo processo de desnitrificação, usualmente sobre condições anaeróbias. O íon nitrito é rapidamente oxidado a nitrato. Fontes naturais de nitrato em águas superficiais incluem rochas ígneas, drenagem do solo e detritos de animais e plantas (CHAPMAN, 1996). Fontes antrópicas incluem descargas de efluentes domésticos e industriais, lixiviação de locais de eliminação de resíduos, aterros sanitários e regiões agrícolas (VON SPERLING, 1996). O nitrato é um indicativo de poluição menos recente, do que a presença do nitrogênio amoniacal (ESTEVES, 1992). Ao contrário do nitrato, o nitrito está presente nos ambientes aquáticos em concentrações muito pequenas (APHA, 2005).

Fósforo Total

O Fósforo ocorre em águas naturais, quase que exclusivamente como fosfato. Os fosfatos são classificados como ortofosfatos, fosfatos condensados (piro-, meta-, e outros fosfatos) e fosfatos orgânicos (APHA, 2005). Mudanças entre essas formas ocorrem constantemente, devido à decomposição e síntese de formas orgânicas e inorgânicas oxidadas. Fontes naturais de fósforo são principalmente o intemperismo de rochas fosfatadas e a decomposição da matéria orgânica. Esgotos domésticos (principalmente aqueles contendo detergentes), efluentes industriais e o escoamento de fertilizantes do solo contribuem para elevados níveis nas águas superficiais. Fósforo associados com constituintes minerais e orgânicos de sedimentos em corpos de água podem ser mobilizados por bactérias e liberados na coluna d'água. O fósforo é um nutriente limitante para o crescimento de algas e controla a produtividade primária do corpo d'água (CHAPMAN, 1996).

Coliformes Totais

O grupo Coliformes Totais (CT) é constituído de vários gêneros de bactérias que pertencem à família Enterobacteriaceae. Este grupo se apresenta na forma de bastonetes gram-negativos que formam esporos e fermentam a lactose formando gás e ácido. Podem habitar o intestino de animais de sangue quente ou ocorrem naturalmente no solo, vegetação e água (APHA, 2005). Bactérias do grupo coliforme são utilizadas como indicadores de contaminação fecal, e se apresenta potencialidade para transmitir doenças (VON SPERLING, 1996).

Escherichia coli

Bactéria pertencente à família Enterobacteriaceae caracterizada pela atividade da enzima β-glicuronidase. Produz indol a partir do aminoácido triptofano. Pertence ao grupo dos coliformes termotolerantes. Habitam exclusivamente o intestino humano e de animais de sangue quente, onde ocorrem em densidades elevadas. (CONAMA, 2005).

3.4.5 Índice de Qualidade da Água (IQA)

O Índice de Qualidade das Águas (IQA) retrata a qualidade das águas em um determinado ponto de monitoramento. Os índices não são instrumentos de avaliação de atendimento à legislação ambiental e sim de comunicação para o público das condições ambientais do corpo d'água (VON SPERLING, 2007). Ainda segundo Von Sperling (2007), os índices possuem caráter reducionistas, uma vez que vários itens de qualidade são convertidos em uma única nota, podendo mascarar a multiplicidade das condições que ocorrem em um corpo d'água.

O IQA foi criado pela *National Sanitation Foundation* (NSF) dos EUA (ANA, 2005; VON SPERLING, 2007). Atualmente é o principal índice de qualidade da água utilizado no Brasil (ANA, 2005). A companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) utiliza uma versão adaptada da versão original do IQA-NSF, em que o item de qualidade nitrato foi substituído por nitrogênio total (ANA, 2005; VON SPERLING, 2007).

O IQA avalia a qualidade da água bruta visando seu uso para abastecimento público, após tratamento. Os parâmetros utilizados no cálculo são, em sua maioria, indicadores de contaminação, causadas por esgotos domésticos (ANA, 2005). O IQA é formado por 9

parâmetros com seus respectivos pesos, sendo possível, por meio deste, caracterizar a qualidade da água e traçar curvas médias de avaliação da qualidade das águas, em função de sua concentração (VON SPERLING, 2007). Na Tabela 3 são descritos os pesos estabelecidos para cada parâmetro de qualidade usado no cálculo do IQA.

Tabela 3 - Valores dos pesos (qi) de cada parâmetro utilizado no cálculo do IQA.

Parâmetro	Unidade	Qi
Coliformes Termotolerantes	$NMP100mL^{-1}$	0,15
pH	-	0,12
DBO_5	mgL^{-1}	0,1
Nitrogênio Total	$mgNL^{-1}$	0,1
Fósforo Total	$mgPO_4L^{-1}$	0,1
Diferença de Temperatura	℃	0,1
Turbidez	NTU	0,08
Sólidos Totais	mgL^{-1}	0,08
OD	% Saturação	0,17

(Adaptado de Von Sperling, 2007).

As curvas de qualidade da água para cada um dos parâmetros de IQA podem ser observadas na Figura 5.

O IQA final é calculado pelo produto das notas individuais de cada parâmetro, elevada aos respectivos pesos. Os valores do índice variam entre 0 e 100 (VON SPERLING, 2007). Conforme a equação a seguir:

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

Equação 2

Onde:

- IQA: Índice de Qualidade da Água (número entre 0 e 100).
- qi: qualidade do i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva "curva média de variação da qualidade", em função de sua concentração ou medida.
- wi: peso correspondente ao i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global da qualidade.
- i = número do parâmetro, variando de 1 a 9 (n=9, ou seja, o número de parâmetros que compõem o IQA).

O somatório de todos os parâmetros é igual a 1 e é realizada segundo a equação 3.

$$\sum_{i=1}^{n} w_i = 1$$

Equação 3

Onde: n é o número de parâmetros envolvidos no IQA.

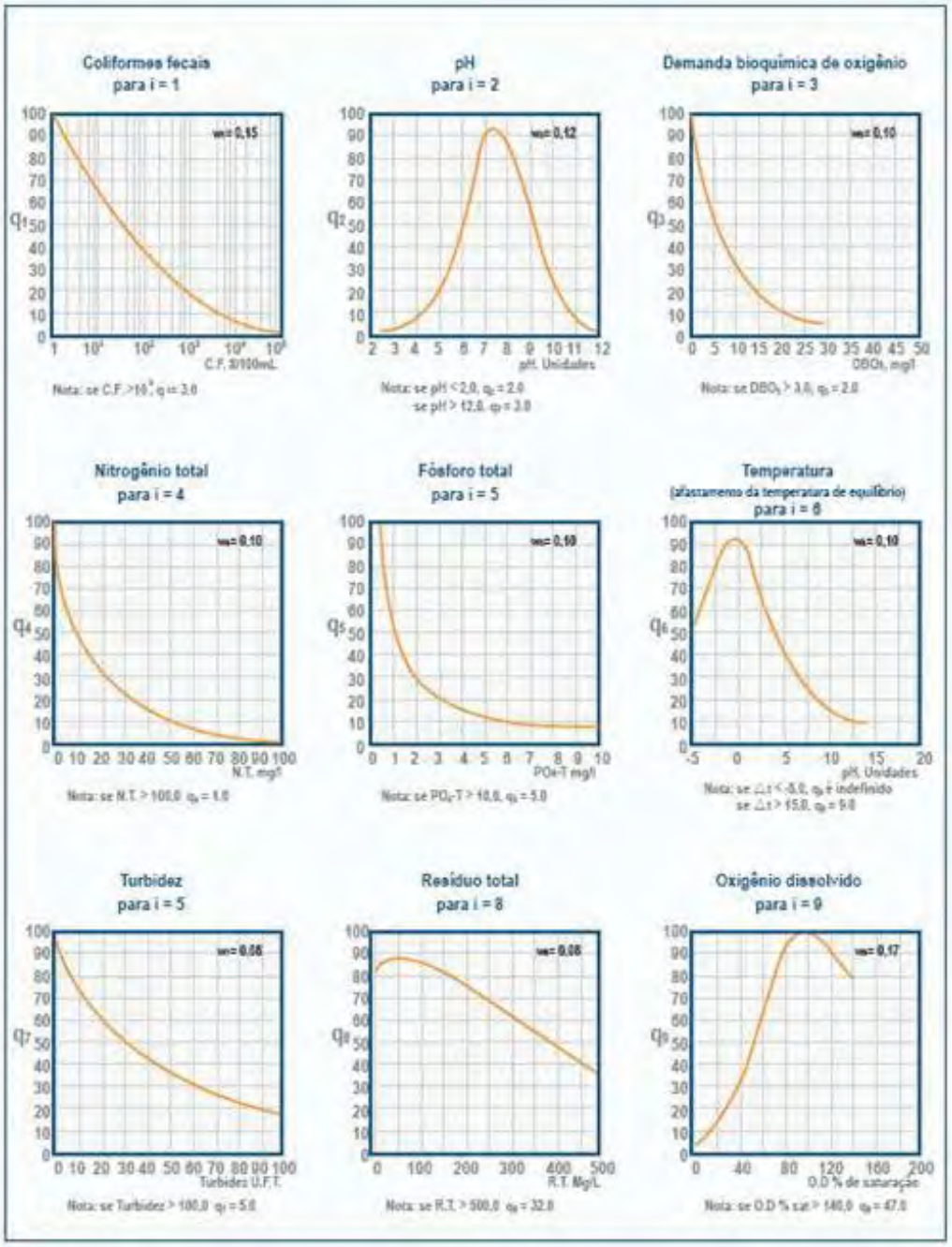

Figura 5 - Curvas médias de variação dos parâmetros de qualidade das águas utilizados no cálculo de IQA. Fonte: ANA (2005).

A classificação da qualidade da água é feita de acordo com a.Tabela 4. O quadro mostra a versão original do IQA-NSF (adotada por alguns estados brasileiros, como AP, MG, MT, PR e RS) e a versão adaptada pela CETESB. O IQA-NSF apresenta caráter mais restritivo e se aplica em países e regiões que apresentam obrigações ambientais mais rígidas para atender os diferentes tipos de usos da água e urgência ambiental para se enquadrar às leis.

Tabela 4 - Classificação da qualidade da água segundo IQA-NSF e CETESB.

NSF			**CETESB**		
AP, MG, MT, PR e RS			**SP**		
Nível	**Faixa IQA**	**Cor**	**Classificação**	**Faixa de IQA**	**Cor**
Excelente	91-100	Azul	Ótima	80-100	Azul
Bom	71-90	Verde	Boa	52-79	Verde
Médio	51-70	Amarela	Aceitável	37-51	Amarela
Ruim	26-50	Laranja	Ruim	20-36	Vermelha
Muito Ruim	0-25	Vermelha	Péssima	0-19	Preta

(Adaptado de Von Sperling, 2007).

3.4.6 Modelagem da Qualidade das Águas Superficiais

Modelos representam uma versão simplificada da realidade, que é passível de teste. Pode-se definir um modelo matemático como uma formulação idealizada que representa a resposta de um sistema físico aos estímulos externos. Assim, um modelo matemático pode computar a qualidade (resposta) de um manancial (sistema) em função da descarga de um tributário, ETE ou fontes difusas de poluição (estímulo) (CHAPRA, 1997). Segundo Nas (2008), um modelo de qualidade da água consiste de um conjunto e expressões matemáticas relacionadas a um ou mais parâmetros de qualidade da água para um ou mais processos naturais.

Os modelos de qualidade das águas de rios são utilizados desde o desenvolvimento do modelo clássico de OD e DBO, por Streeter e Phelps, em 1925. Este modelo marcou a história da engenharia sanitária e ambiental. Vários outros modelos têm sido desenvolvidos, aumentando o grau de complexidade e o número de variáveis modeladas, no entanto, eles mantêm a mesma estrutura conceitual do modelo clássico Streeter-Phelps (VON SPERLING, 2007).

O modelo Streeter-Phelps foi desenvolvido para o rio Ohio nos Estados Unidos. No Brasil, a maioria das simulações de oxigênio dissolvido é feita utilizando o modelo devido à simplicidade conceitual e à menor quantidade de parâmetros e dados de entrada (VON

SPERLING, 2007). O modelo une dois mecanismos principais, que regem o oxigênio dissolvido em um córrego receptor: a decomposição da matéria orgânica e a reaeração e fornece um quadro analítico para prever os efeitos das fontes pontuais e difusas de poluição na concentração de oxigênio dissolvido no manancial (CHAPRA, 1997).

Se um manancial é originalmente despoluído, o nível de oxigênio dissolvido acima do ponto de descarga será próximo à saturação. A introdução de esgoto sem tratamento elevará os níveis de matéria orgânica e sólidos dissolvidos. Neste ponto, ocorrerão dois impactos. O primeiro é que matéria sólida faz com que a água se turve. Assim, a luz não consegue entrar e o crescimento das plantas é suprimido. O segundo é que a matéria orgânica fornece alimento para organismos heterotróficos. A decomposição por organismos pode esgotar o oxigênio dissolvido. A excessiva carga de DBO é prejudicial à qualidade da água e, como resultado, a baixa concentração de oxigênio dissolvido torna o manancial inadequado para a vida da fauna e flora aquática. Assim a DBO é uma das principais variáveis nos modelos de qualidade da água (NAS et al., 2008).

Quando um manancial recebe matéria orgânica, a velocidade de consumo de oxigênio é maior que a velocidade de produção. Assim, a concentração de oxigênio diminui e atinge um nível mínimo. Neste ponto, o valor da deficiência de oxigênio é máxima e recebe a denominação de ponto crítico. Do momento da descarga até o ponto crítico tem-se o tempo crítico. A reaeração é importante para a remoção da matéria orgânica da água. Os microrganismos podem ter oxigênio suficiente para oxidar a matéria orgânica e transformá-la em materiais inorgânicos. O teor e a variação de oxigênio em relação ao tempo podem ser estudados pela curva de oxigênio dissolvido, assumindo que o fluxo do rio é regular e de estado estacionário. Considera-se que concentrações de oxigênio dissolvido aumentam proporcionalmente à diminuição da DBO (NAS et al., 2008). A equação 4, apresentada a seguir une os mecanismos de decomposição da matéria orgânica e reaeração, desenvolvida por Streeter-Phelps, é:

$$Dt = \left(\frac{Kd.Lo}{K2-Kd}\right)\left(e^{-Kd.t} - e^{K2.t}\right) + Do.e^{-k2.t}$$

Equação 4

Onde:

- Dt: déficit de oxigênio dissolvido no tempo t (mgL^{-1}).
- Kd: coeficiente de decomposição (d).

- K2: coeficiente de reaeração (d).
- Lo: demanda última de oxigênio, logo após a mistura (mgL^{-1}).
- Do: déficit inicial, logo após a mistura (mgL^{-1}).
- t: tempo (d).

Valores de Kd e K2 podem ser obtidos pelas seguintes equações 5 e 6:

$$Kd = 0{,}3\left(\frac{H}{2{,}5}\right)^{-0{,}434}$$

Equação 5

Onde:

- $H \leq 2{,}5m$

$$K2 = 3{,}93.\frac{v^{0{,}5}}{H^{1{,}5}}$$

Equação 6

Onde:

- $0{,}6m \leq H < 4{,}0m$ e $0{,}05ms^{-1} \leq v < 0{,}8\ ms^{-1}$

Se a mistura completa é assumida no local de descarga, as seguintes variáveis podem ser calculadas: concentrações de oxigênio dissolvido e DBO na mistura, concentração inicial de OD, tempo crítico, valor máximo do déficit de oxigênio no tempo crítico e deficiência crítica de oxigênio. Abaixo estão listadas as equações 7 a 10.

Concentração de Oxigênio Dissolvido após mistura:

$$Co = \frac{Qr.ODr + Qe.ODe}{Qr + Qe}$$

Equação 7

Déficit de Oxigênio no tempo crítico:

$$Do = Cs - Co$$

Equação 8

Cálculo da DBO última (Lo) após a mistura :

$$Lo = \frac{Qr.DBOr + Qe.DBOe}{Qr + Qe} KT$$

Equação 9

Cálculo do tempo crítico (tc):

$$tc = \frac{1}{K2-Kd} \ln \left\{ \frac{K2}{Kd} \left[1 - \frac{(Cs-Co).(K2-Kd)}{Lo.Kd} \right] \right\}$$

Equação 10

Onde:

- Co: concentração inicial de oxigênio, logo após a mistura (mgL^{-1}).
- Qr: vazão do rio a montante do lançamento dos despejos (m^3s^{-1}).
- Qe: vazão de esgotos (m^3L^{-1}).
- ODr: concentração de oxigênio dissolvido no rio, a montante do lançamento dos despejos (mgL^{-1}).
- ODe: concentração de oxigênio dissolvido no esgoto (mgL^{-1}).
- Cs: concentração de saturação de oxigênio (mgL^{-1}).
- DBOr: concentração de DBO_5 no rio (mgL^{-1}).
- DBOe: concentração de DBO_5 do esgoto (mgL^{-1}).
- KT: constante para transformação da DBO_5 para a DBO última (DBOu).
- tc: tempo crítico (d).

3.5 SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL

Dentre os múltiplos aspectos que devem ser analisados em relação aos recursos hídricos estão os ligados ao saneamento básico. De acordo com a Lei Brasileira Nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, o saneamento básico é um conjunto de serviços, infra-estruturas e instalações operacionais que envolvem:

a) *abastecimento de água potável*: constituído pelas atividades, infra-estruturas e instalações necessárias ao abastecimento público de água potável, desde a captação até as ligações prediais e respectivos instrumentos de medição;

b) *esgotamento sanitário*: constituído pelas atividades, infra-estruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, tratamento e disposição final adequados dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até o seu lançamento final no meio ambiente;

c) *limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos*: conjunto de atividades, infra-estruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destino final do lixo doméstico e do lixo originário da varrição e limpeza de logradouros e vias públicas;

d) *drenagem e manejo das águas pluviais urbanas*: conjunto de atividades, infra-estruturas e instalações operacionais de drenagem urbana de águas pluviais, de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas.

Entre outros aspectos, destaca-se na Lei, a universalização da prestação dos serviços, com a ampliação progressiva do acesso para todos os domicílios, de forma que os serviços ofertados sejam realizados adequadamente, a fim de garantir a saúde pública e a proteção do meio ambiente.

De acordo com a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB) de 2008 houve evolução dos serviços de saneamento básico oferecidos à população brasileira desde 2000. Com base nos dados do IBGE (2010b). A quase totalidade dos municípios brasileiros possui serviço de manejo de resíduos sólidos. Houve aumento de 6,7% no número de municípios com rede coletora de esgoto. Também houve aumento de 21,5% na prestação do serviço de manejo de águas pluviais e apenas 33 municípios do país não apresentam sistema de abastecimento de água.

Cabe ressaltar aqui que, embora haja crescente desenvolvimento no setor de saneamento básico no Brasil, inúmeros problemas, envolvendo a degradação da qualidade das águas superficiais também são crescentes, devido ao aumento da demanda, urbanização, industrialização e crescimento populacional (IBGE, 2010b). Assim, o ciclo do saneamento, envolvendo a distribuição de água, a coleta e o tratamento de esgoto, tornam-se deficitário em grande parte dos municípios.

3.5.1 Abastecimento Público

De acordo com a PNSB (2008), dos 5 564 municípios brasileiros existentes, 5 531 realizam abastecimento de água por rede geral de distribuição em pelo menos um distrito ou parte dele. De acordo com o IBGE (2012b), de 1989 a 2008 observa-se crescimento de 3,5% no setor, alcançando 99,4% dos municípios do País. No entanto, a análise feita no

Norte, Nordeste, Sudeste, Sul e Centro-Oeste, mostra que a abrangência desse serviço continua se caracterizando por grandes desequilíbrios, sendo que maiores avanços ocorreram na Região Norte, que aumentou de 86,9% dos municípios atendidos para 98,4%, representando um acréscimo de quase 12 pontos percentuais. Ressalta-se que a Região Sudeste foi a única que apresentou a totalidade dos municípios que a integram abastecidos por rede geral de distribuição de água, em pelo menos um distrito ou parte dele, fato este já identificado na PNSB de 2000. Apesar da melhora, ainda existe 12 milhões de residências no país sem acesso ao abastecimento público de água (IBGE, 2010b).

3.5.2 Esgotamento Sanitário

De acordo com dados do PNSB (2008), 55,2% dos municípios brasileiros possuem serviço de esgotamento sanitário por rede coletora. A proporção de municípios com rede de coleta de esgoto é bem inferior à de municípios com rede geral de distribuição de água (99,4%), manejo de resíduos sólidos (100,0%) e manejos de águas pluviais (94,5%). Esta pesquisa realizada avaliou apenas o acesso à rede coletora de esgoto, sem considerar a extensão da rede, a qualidade do atendimento, o número de domicílios atendidos, ou se o esgoto, depois de recolhido, era tratado (IBGE, 2010b).

Os únicos estados com mais da metade dos domicílios atendidos por rede geral coletora de esgoto foram: Distrito Federal (86,3%), São Paulo (82,1%) e Minas Gerais (68,9%). O Rio de Janeiro (49,2%) e o Paraná (46,3%), com quase metade dos domicílios atendidos, mantiveram se acima da média nacional (44,0%), enquanto os demais apresentaram menos de 35% de cobertura, sendo os menos atendidos os Estados do Amapá (3,5%), Pará (1,7%) e Rondônia (1,6%).

Em 2008, apenas a Região Sudeste registrou elevada presença de municípios com rede coletora de esgoto (95,1%). Nas demais regiões, menos da metade dos municípios a possuíam, sendo a maior proporção observada na Região Nordeste (45,7%), seguida pelas Regiões Sul (39,7%), Centro-Oeste (28,3%) e Norte (13,4%).

3.5.3 Tratamento de Esgoto

De acordo com a PNSB (2008), apenas 28,5% dos municípios brasileiros tratavam naquele ano seu esgoto, causando impacto nos recursos hídricos e consequente problemas de saúde pública. Embora a Região Sudeste apresente 95,1% dos municípios com coleta de esgoto, apenas 48,4% o trataram. As Regiões Centro-Oeste tratam o esgoto de 25,3% e Sul de 24,1% dos municípios. Na Região Nordeste o número de municípios com tratamento de esgoto (341, representando 19,0% do total da região) corresponde a menos da metade dos que possuíam coleta de esgoto (819, representando 45,7% do total da região). A menor proporção de municípios com coleta (13,4%) e tratamento de esgoto (7,6%) é observada na Região Norte, devido à baixa densidade demográfica da região, combinada com a elevada capacidade de autodepuração de seus rios (IBGE, 2010b).

A crítica deficiência do ciclo do saneamento básico em todo país acarreta a poluição dos recursos hídricos e, consequentemente, coloca grupos populacionais em risco quanto à saúde pública. A proliferação de doenças e o aumento da mortalidade infantil, devido à contaminação da água por bactérias do grupo coliformes fecais, são duras realidades enfrentadas por milhares de municípios no país. Para se obter condições sanitárias adequadas, não basta que o esgoto seja adequadamente coletado por meio de uma rede geral coletora, é necessário que também seja eficientemente tratado.

3.6 O MUNICÍPIO DE BAURU

3.6.1 Os Recursos Hídricos e o Saneamento Básico

Os principais recursos hídricos presentes no município de Bauru são os aquíferos, Bauru e Guarani, e as bacias hidrográficas do Ribeirão Água Parada, Rio Batalha, Rio Bauru e Ribeirão Campo Novo. A Tabela 5 apresenta as áreas aproximadas de cada bacia hidrográfica.

Tabela 5 - Bacias hidrográficas do município de Bauru (SP) e suas respectivas áreas.

Bacias Hidrográficas	Área km^2
1- Ribeirão Água Parada	~365
2- Rio Batalha	~455
3- Rio Bauru	~137
4- Ribeirão Campo Novo	~74

(Fonte: adaptado de Almeida Filho, 2000).

O Aquífero Bauru é constituído por rochas sedimentares do grupo Bauru e do grupo Caiuá e ocorre de forma contínua e extensiva em todo o Planalto Ocidental do Estado de São Paulo, ocupando mais de 40% de toda área do Estado. A permeabilidade do Aquífero Bauru varia bastante, principalmente pela textura e sedimentação dos grãos, e sua recarga é feita diretamente pela precipitação pluvial (CETESB, 2011a; DAE, 2001). Por ser um aquífero superficial livre, as águas do Aquífero Bauru estão mais susceptíveis à poluição ambiental. A superfície potenciométrica acompanha aproximadamente a superfície topográfica, sendo que o nível d'água está a, aproximadamente, 30m de profundidade (DAE, 2001). A administração municipal utiliza suas águas para abastecimento urbano do Distrito de Tibiriça, com a perfuração de um poço.

O Aquífero Guarani é constituído pelas formações Botucatu e Pirambóia, encontra-se confinado e semi-confinado (DAE , 2001). É o maior manancial de água doce transfronteiriço do mundo e está presente nos Estados de Goiás, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (CETESB, 2011b). A administração de Bauru utiliza suas águas para o abastecimento público desde 1969 por meio do Departamento de Água e Esgoto de Bauru (DAE). Atualmente, possuem 30 poços perfurados em áreas urbanas para atender a demanda municipal. De acordo com o DAE de Bauru, o Aqüífero Guarani atende 60% da população.

A Bacia Hidrográfica do Rio Batalha é a maior do município, localiza-se a Oeste da cidade e tem relevante importância para o abastecimento público. A captação de água proveniente do Rio Batalha pelo DAE iniciou-se em 1942, com produção diária de 24 mil litros de água. Atualmente, a produção ultrapassa valores de $529Ls^{-1}$, ultrapassando o valor outorgado pelo DAEE, de $350Ls^{-1}$, atendendo assim, 40% da população. Para preservar o Rio Batalha, criou-se uma área de proteção de mananciais à montante da captação, que também tem a finalidade de conservar a qualidade da água fornecida para a população de Bauru (BAURU, 2008). A Lei Municipal 4.296 criou a Área de Proteção Rio Batalha – APA Rio Batalha (APA1) e a Lei Estadual 10.773, de 1º de março de 2001, declarou a área como sendo de proteção ambiental para a bacia hidrográfica do Rio Batalha. A Figura 6 ilustra as quatro bacias hidrográficas municipais e as regiões de interesse ambiental.

A Bacia Hidrográfica do Rio Bauru está localizada em área urbana. As águas do Rio Bauru e de seus principais afluentes, Água do Castelo, Água Comprida, Água da

Forquilha, Água do Sobrado, Barreirinho, Córrego da Grama e Córrego da Margem Limpa, são duramente impactadas pelo lançamento de esgotos domésticos e drenagem urbana. Devido aos problemas causados pela falta de uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) e à poluição, o DAE municipal constituiu um projeto de limpeza do leito do Rio Bauru. A obra objetiva canalizar o esgoto, atualmente despejado no leito, para ser lançado em um único ponto, onde será construída a ETE Vargem Limpa. As obras das construções de interceptores e emissários foram inicializadas em 2003 e ainda estão em andamento.

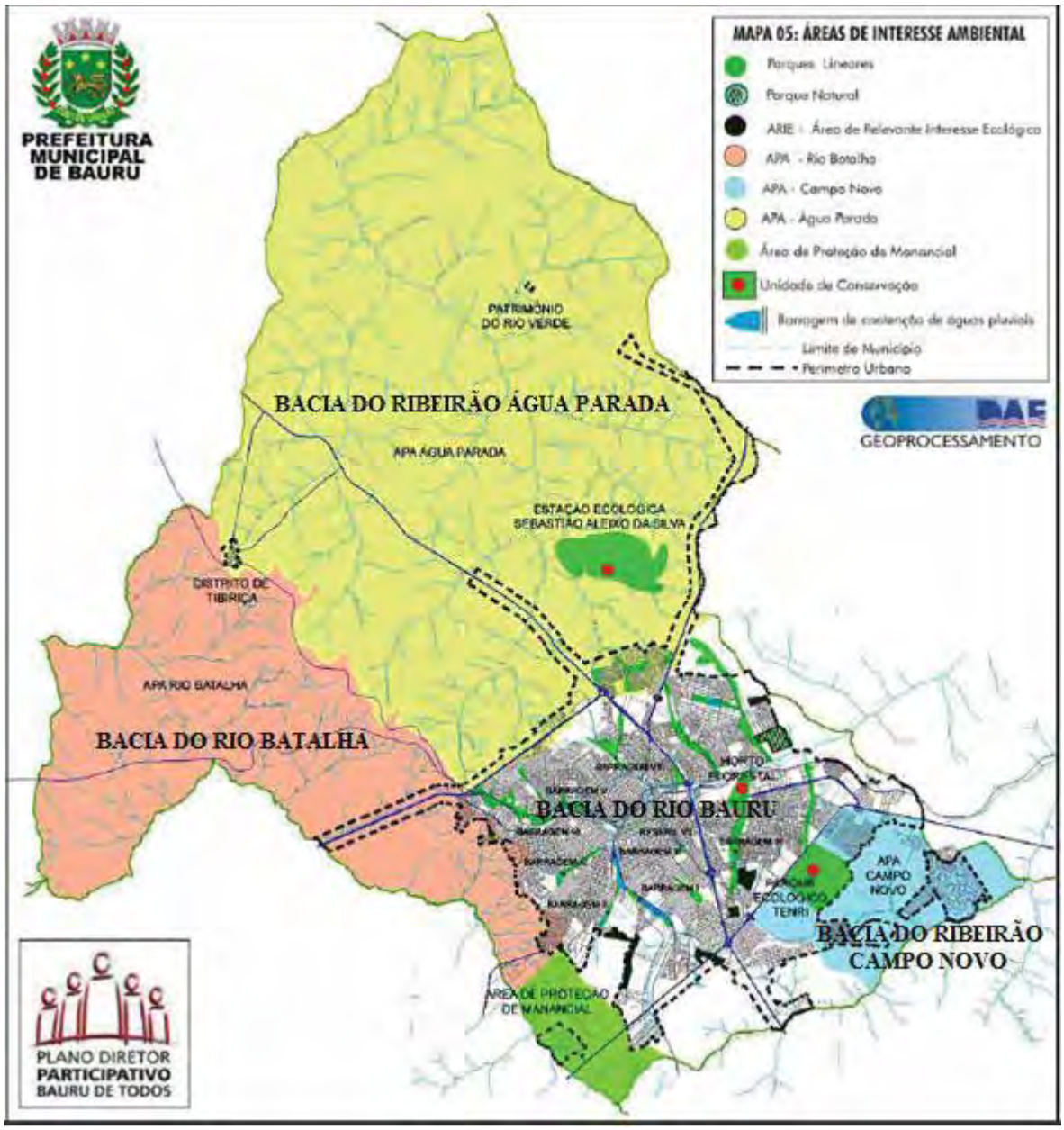

Figura 6 – Bacias hidrográficas do município de Bauru (SP) e áreas de interesse ambiental. (Fonte: adaptado de Bauru, 2008).

A Bacia Hidrográfica Ribeirão Campo Novo é a menor bacia municipal e enfrenta problemas com a degradação de seus recursos hídricos por esgotos domésticos e industriais e pela falta de preservação da vegetação ripária. Em 2000 foi criada a Lei Municipal 4.605, que estabelece uma área de conservação e de proteção ambiental dentro da bacia, chamada de Área de Proteção Ambiental Municipal Vargem Limpa – Campo Novo (APA2). O objetivo desta unidade é proteger e conservar a qualidade ambiental e a biodiversidade da vegetação nativa de Bauru e dos ecossistemas nela inclusos (BAURU, 2008).

A Bacia Hidrográfica do Ribeirão Água Parada localiza-se ao norte do município e caracteriza-se pela presença predominante de médias propriedades de uso agropecuário e por apresentar vulnerabilidade ambiental, considerando que a maior parte das nascentes se encontra em zona urbana (BAURU, 2008). Há aproximadamente 10 anos, o Ribeirão Água Parada é constantemente noticiado como futuro manancial para abastecimento público de água de Bauru. O DAE do município realizou monitoramento de suas águas superficiais entre 2005 e 2010, no local onde, supostamente, a administração municipal teria interesse em construir uma Estação de Tratamento de Água. Em julho de 2001 foi criada a Lei Municipal 4.704, que estabelece a Área de Proteção Ambiental Municipal Água Parada (APA 3), localizada à montante da futura captação de água. A APA 3 destina-se a proteger e conservar a qualidade ambiental do município, e a garantir a qualidade e a quantidade da água deste manancial para o futuro abastecimento público e proteção dos ecossistemas nela incluídos. Também ficou estabelecido que o uso e ocupação do solo na bacia serão regulamentados pelo Poder Público (BAURU, 2008). A Figura 7 ilustra as zonas, urbana e rural, e o local da futura captação de água no Ribeirão Água Parada.

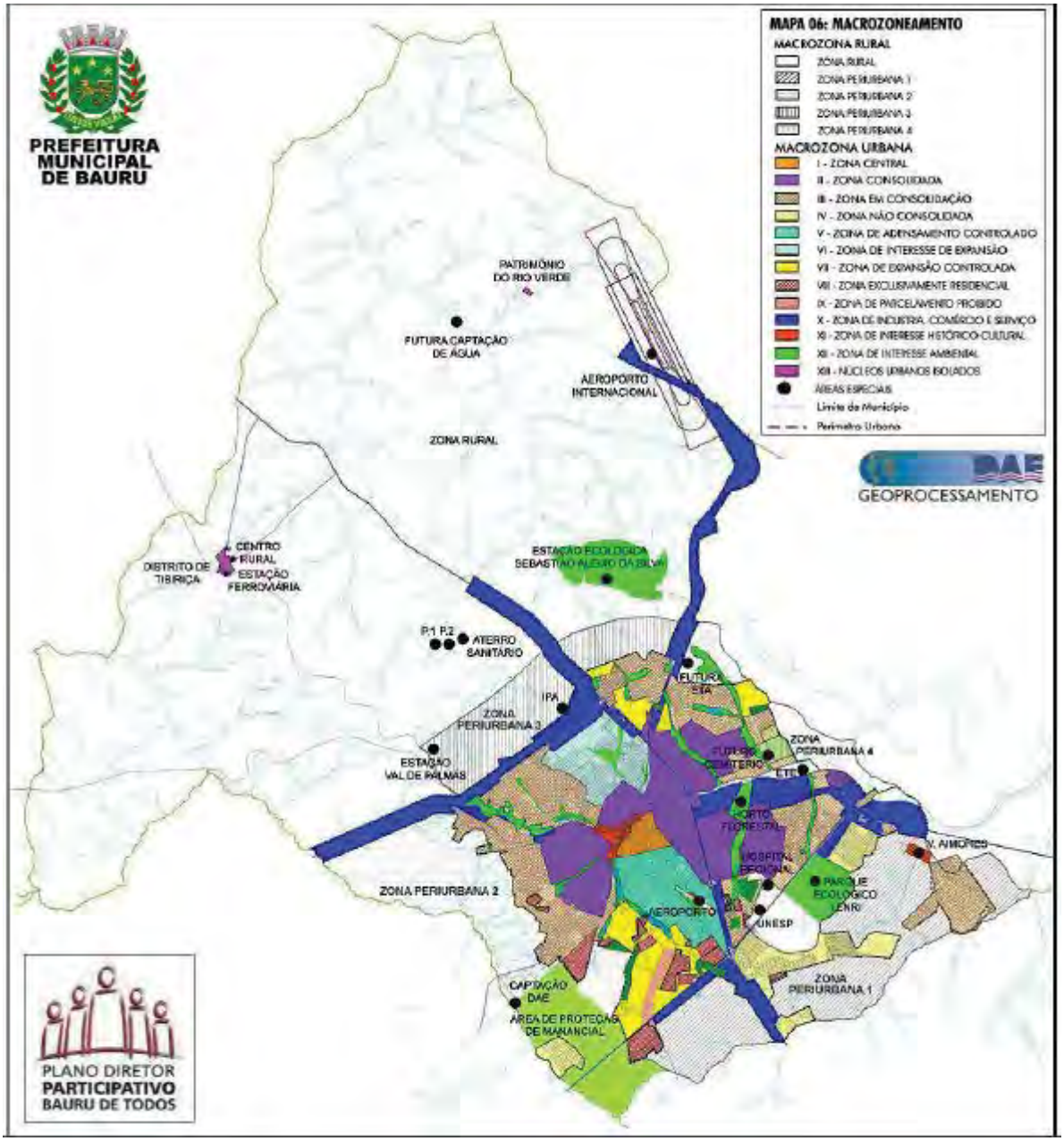

Figura 7 - Macrozoneamento do município de Bauru e a localização da futura captação de água na bacia hidrográfica do Ribeirão Água Parada. (Fonte: Bauru, 2008).

3.6.2 A Importância da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Água Parada

A realidade do município de Bauru em relação à disponibilidade dos recursos hídricos para abastecimento público é bem crítica. Estudo realizado pelo DAE (2001) evidenciou a fragilidade do Aquífero Guarani quanto à explorabilidade e sua vulnerabilidade à poluição. A aplicação de modelos matemáticos permitiu avaliar que no município de Bauru, o Aquífero Guarani encontra-se no limite de sua explorabilidade, restringindo a possibilidade

futura de perfurações de poços. Através de simulações com modelo matemático de fluxo estacionário, o valor máximo que pode ser explorado dos aquíferos está entre 80.000 e 120.000 m^3/dia. Em adição, existe uma extensa área de contato direto entre as formações geológicas, Bauru e Botucatu, que permite que os dois aquíferos estejam hidraulicamente conectados, expondo o Aquífero Guarani a um risco maior de contaminação.

As bacias hidrográficas do Ribeirão Campo Novo, do Rio Bauru e do Rio Batalha não atendem mais aos requisitos para abastecimento público. O Ribeirão Campo Novo poderia ser fonte de abastecimento, mas está comprometido por receber efluente industrial, o que inviabiliza a utilização de suas águas para abastecimento público, mesmo após tratamento. O Rio Bauru e seus afluentes recebem grande parte de toda a carga de esgoto doméstico *in natura* da cidade e o Rio Batalha já atingiu sua capacidade de fornecimento de água para abastecimento público.

Portanto, reata a possibilidade de utilizar as águas do Ribeirão Água Parada para abastecimento público do município de Bauru. No entanto, deve-se realçar que, embora a bacia hidrográfica do Ribeirão Água Parada apresente a segunda maior área de drenagem do município e suas águas se enquadrem na classe 2, segundo a Resolução CONAMA 357/05, cuidados devem ser tomados em relação às águas no manancial por estarem próximas às regiões de urbanização, assim, sujeitas aos diversas tipos de uso e ocupação do solo. A análise do monitoramento realizado pelo DAE, no local onde, supostamente, será construído uma ETA, indica que embora o manancial esteja enquadrado na classe 2, a média de alguns parâmetros, durante o período de estudo, não foram compatíveis com a classe de seu enquadramento, destacando provável degradação de suas águas. Contudo, esse acompanhamento não pode ser considerado representativo para bacia como um todo, não constituindo uma avaliação precisa do potencial de uso do Ribeirão Água Parada, o que exige planejamento e pesquisa mais ampla.

Considerando que os atuais usos do solo na bacia hidrográfica baseiam-se em grandes áreas descampadas, pastagens, plantações de monoculturas, reflorestamento de eucalipto, presença de chácaras, conjuntos habitacionais, aterro sanitário, complexo penitenciário (CP), centro de detenção provisória (CDP), instituto penal agrícola (IPA), subestação de energia, aeroporto, distrito industrial e Estação de Tratamento de Esgoto Candeias (ETE-Candeias), torna-se fundamental aprofundar os estudos sobre a ocupação de sua bacia. Para isso, devem ser estabelecidos limites que permitam viabilizar seu uso, além da necessidade

de um monitoramento mais abrangente em diversos pontos, a fim de evidenciar sua relação com os impactos causados pelo uso e ocupação desordenada do solo e a provável degradação de suas águas, visto que é inerente a preservação desse manancial tanto para abastecimento público, quanto para seus demais usos preponderantes.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Área de Estudo

4.1.1 Município de Bauru

Bauru está situada no Centro-Oeste do Estado de São Paulo, entre as coordenadas geográficas 22º 21' S e 49º 01' O e está a 630m acima do nível do mar (FIGUEIREDO *et al*., 2010). Segundo dados do último Censo, o município apresenta área de 667.681 Km^2 e 343.937 habitantes (IBGE, 2010).

De acordo com a classificação climática proposta por Thornthwaite, o município enquadra-se no clima BB'sb, ou seja, clima úmido (B), mesotérmico (B), com moderada eficiência da umidade no verão (s) e marcha anual da temperatura (b) concentrada em cerca de seis meses no ano, de outubro a março (FIGUEIREDO et al., 2010).

Em Bauru as estações verão e inverno são bem definidas. Esta diferenciação esta relacionada à pluviosidade e não à temperatura. Variações de temperatura não são determinantes para diferenciar as estações, pois mesmo no inverno, Bauru apresenta temperaturas elevadas. A média da temperatura no verão é de 25,2 °C e no inverno é de 19,8 °C. No entanto, no inverno o número de dias sem chuva está entre 82 a 91%, representando quase três meses sem chuva, e no verão apenas 49% (FIGUEIREDO et al., 2010). A umidade relativa do ar no município varia entre a média de 70%, no verão e outono, e 40%, na primavera e inverno. A média da velocidade do vento está em torno de $10kmh^{-1}$, com ventos predominantes do Sul e Sudeste (FIGUEIREDO *et al*., 2010).

Na região de Bauru afloram as três últimas formações da coluna estratigráfica da Bacia do Paraná: a Formação Botucatu, Formação Serra Geral e o Grupo Bauru (DAE,

2001). O solo predominante no município é classificado como Latossolo Vermelho-Escuro fase arenosa, com provável origem do Arenito Bauru formação Marília, com possíveis ocorrências de solo Podzolizados de Lins e Marília. A vegetação nativa é formada pela mata estacional semidecídua, mata ribeirinha e cerrado e está concentrada na região sudeste do município, totalizando uma área de aproximadamente de 836,08 hectares (FIGUEIREDO et al., 2010).

4.1.2 Caracterização da bacia hidrográfica do Ribeirão Água Parada

Bauru pertence às Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) Tietê-Batalha e Tietê-Jacaré. A área de estudo localiza-se na UGRHI Tietê-Batalha, na bacia hidrográfica do Ribeirão Água Parada, afluente do Rio Batalha. Localizada ao norte do município, a bacia apresenta área de, aproximadamente, 395 km^2. O Ribeirão Água Parada é o manancial principal, com aproximadamente 42 km de percurso, e com nascentes localizadas em área urbana. A Figura 8 ilustra o município de Bauru, a bacia do Ribeirão Água Parada e seu manancial principal.

O Ribeirão Água Parada faz parte da Unidade de Conservação, com legislação Estadual (Lei 10.773/01) e municipal (Lei 4.126/96). Possui águas enquadradas na classe 2, de acordo com o Decreto Estadual 10.755/1977 e em conformidade com a Resolução CONAMA 357/05, que permite a utilização das águas para o abastecimento público após tratamento convencional. No entanto, a presença de fontes difusas e pontuais de poluição pode causar a inviabilidade deste ribeirão para abastecimento público. Assim, avaliou-se a relação entre o uso e ocupação do solo e a qualidade da água na bacia hidrográfica.

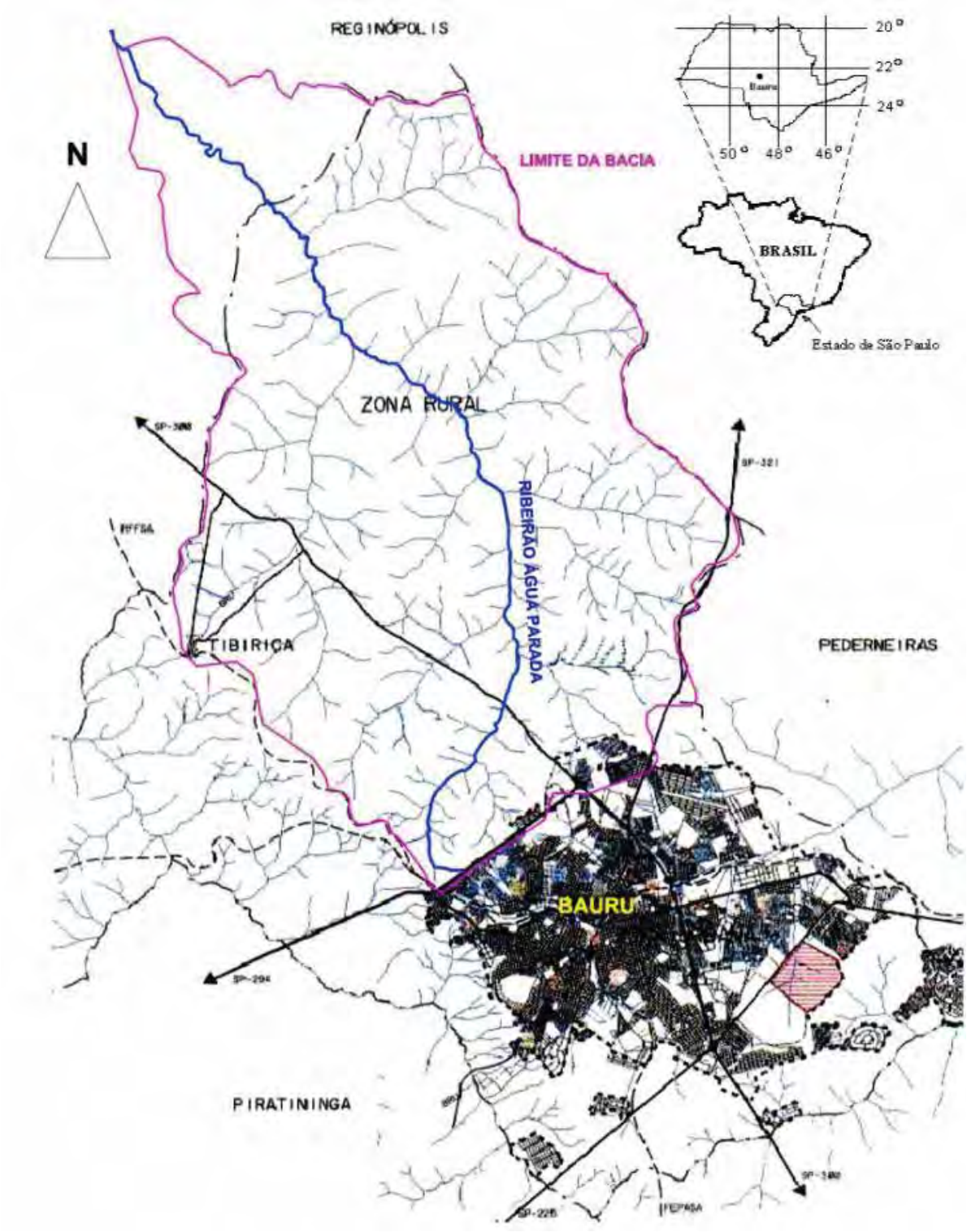

Figura 8 - Município de Bauru, rodovias principais, contornos da bacia do Ribeirão Água Parada (magenta). (Fonte: Adaptado de Mondelli, 2008 – sem escala).

4.2 Metodologia

4.2.1 Delineamento

Em síntese, o estudo envolveu as etapas apresentadas na Figura 9.

Figura 9 - Fluxograma da metodologia aplicada no estudo da influência do uso do solo na qualidade da água da bacia hidrográfica do Ribeirão Água Parada, Bauru (SP).

Os pontos de monitoramento da qualidade da água foram determinados de acordo com as fontes potencialmente poluidoras na bacia do Ribeirão Água Parada. No decorrer das fases de modelagem e avaliação da poluição os pontos de monitoramento puderam ser reavaliados, de forma que, alguns foram eliminados e outros foram acrescentados ao longo do tempo.

4.2.2 Mapeamento da Bacia Hidrográfica

A delimitação da bacia hidrográfica foi realizada através de imagens obtidas do Google Earth, atualizadas em 2010. As imagens foram ajustadas e incorporadas ao

software Civil 3D, para a geração das curvas de nível. As sub-bacias dos pontos de amostragem também foram delimitadas e suas áreas contabilizadas.

A identificação das formas de uso e ocupação do solo foi efetuada por meio da análise de imagens do Google Earth e confirmadas através de visitas aos locais. As imagens foram ajustadas e incorporadas em software Civil 3D, para delineamento dos tipos de uso e ocupação do solo e contabilização de suas áreas.

4.2.3 Monitoramento das Águas Superficiais

O critério para a escolha dos pontos de monitoramento baseou-se nas fontes potenciais de poluição e no percurso do rio, priorizando locais de fácil e permitido acesso. Inicialmente, a bacia hidrográfica foi dividida em 9 sub-bacias, de acordo com seus principais tributários e seções de interesse específico. No exutório de cada microbacia realizou-se a amostragem das águas superficiais. Foram escolhidos quatro pontos de amostragem no Ribeirão Água Parada: P1, P4, P5 e P7; e cinco pontos de amostragem nas sub-bacias tributárias: P2A – Córrego São Luiz, P2B – Córrego Pau d'Alho, P3 – Córrego Gabiroba, P6 – Córrego da Figueira e P8 – Córrego Água Parada de Baixo. Os tributários P2A, P2B e P3 deságuam na sub-bacia do ponto P4 e o tributário P6 deságua na sub-bacia do ponto P7. O tributário P8 contribui com o Ribeirão Água Parada após P7. Não foi realizado monitoramento após a contribuição de P8 devido às dificuldades encontradas em acessar o possível local de coleta.

A Figura 10 apresenta os pontos de monitoramento. As Tabela 6 e 7 a distância aproximada dos pontos ao exutório, altitude e coordenadas geográficas dos pontos de amostragem. Os resultados mensais do monitoramento estão apresentados em planilhas em Anexo. A descrição dos pontos de amostragem é feita a seguir.

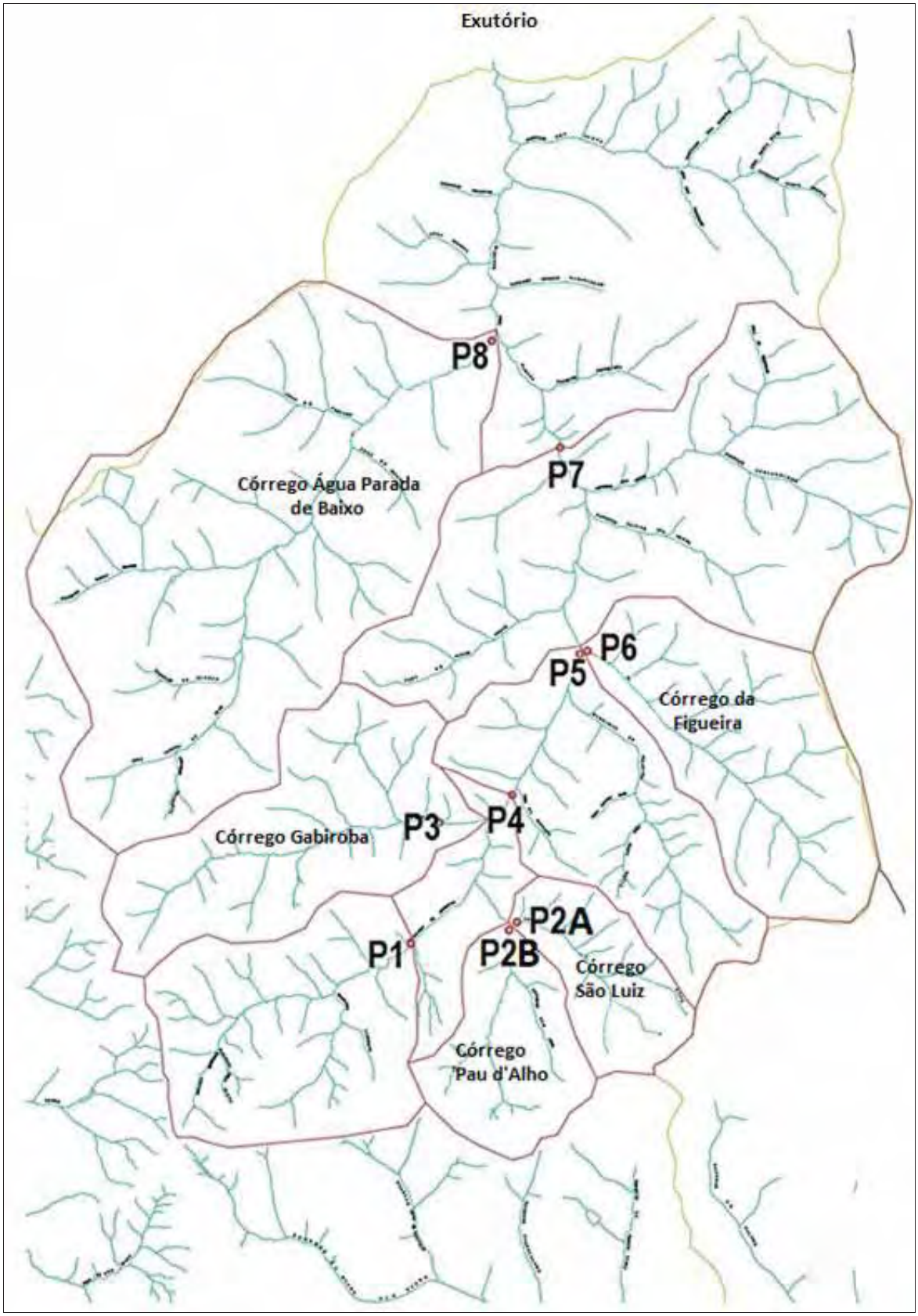

Figura 10 - Localização dos pontos de amostragem na bacia hidrográfica do Ribeirão Água Parada, município de Bauru (SP).

Tabela 6 - Coordenadas geográficas, distância aproximada do exutório e altitudes dos pontos de amostragem no Ribeirão Água Parada, município de Bauru (SP).

Pontos de Monitoramento no Ribeirão Água Parada	Distância aproximada do Exutório (km)	Altitudes (metros)	Coordenadas S	Coordenadas O
P1	27,2	478	22º15'18.50"	49º06'50.35"
P4	22,0	461	22º13'08.16"	49º06'41.78"
P5	17,7	452	22º11'13.71"	49º06'52.82"
P7	11,8	442	22º09'14.72"	49º08'29.91"

Tabela 7 - Coordenadas geográficas, distância aproximada do exutório e altitudes dos pontos de amostragem nos tributários do Ribeirão Água Parada, município de Bauru (SP).

Pontos de Monitoramento nos Tributários do Ribeirão Água Parada	Distância aproximada do Exutório (km)	Altitudes (metros)	Coordenadas S	Coordenadas O
P2A	26,0	477	22º14'30.58"	49º05'52.06"
P2B	26,0	480	22º14'39.69"	49º05'49.29"
P3	23,1	476	22º13'54.73"	49º07'21.05"
P6	17,7	452	22º11'13.41"	49º06'52.81"
P8	8,0	438	22º08'35.83"	49º09'56.04"

O ponto P1situa-se na cabeceira do Ribeirão Água Parada, fica em baixo da Rodovia Marechal Rondon, como pode ser observado na Figura 11. A sub-bacia apresenta o Centro de Detenção Provisória (CDP), o Centro de Progressão Penitenciária (antigo IPA), a Subestação de Energia Elétrica, o Distrito Industrial (DI), pastagens e silvicultura.

Figura 11 - Ponto de Amostragem P1, no Ribeirão Água Parada.

O ponto P2A é situado na sub-bacia do Córrego São Luiz, que apresenta pastagens, silvicultura e a Estação Ecológica Aleixo da Silva (conhecida como Estação Ecológica de Bauru), conforme apresenta a Figura 12.

Figura 12 - Ponto de Amostragem P2A, situado no Córrego São Luiz.

O ponto P2B situa-se na sub-bacia do Córrego Pau d'Alho e Córrego São João (Figura 13). Nesta sub-bacia destacam-se os bairros Edilson Bastos Gasparini, Pousada da Esperança I e II, Nova Bauru, o Núcleo Habitacional Vanuire e Vila São Paulo, a Estação de Tratamento de Esgoto municipal (ETE-Candeias), e o uso com pastagem e silvicultura.

Figura 13 - Ponto de Amostragem P2B, situado no Córrego Pau d'Alho.

O ponto P3 situa-se na sub-bacia do Córrego Gabiroba, que possui um Complexo Penitenciário (CP) composto pelos Centros de Progressão Penitenciária "Dr. Alberto Bocchieri" (antiga P1) e "Dr. Eduardo de Oliveira Vianna" (antiga P2). Apresenta ainda, o aterro sanitário municipal, pastagens e extensas áreas de silvicultura de eucalipto da empresa Duratex, locada na Fazenda Nossa Senhora Aparecida (Figura 14).

Figura 14 - Ponto de Amostragem P3, situado no Córrego Gabiroba.

O ponto P4 situa-se no Ribeirão Água Parada, cuja área é usada com pastagem e silvicultura (Figura 15).

Figura 15 - Ponto de Amostragem P4, no Ribeirão Água Parada.

O ponto P5 situa-se no Ribeirão Água Parada, cuja sub-bacia é constituída por sítios, um conjunto de chácaras “Reunidos de Santa Maria”, pastagem e silvicultura (Figura 16).

Figura 16 - Ponto de Amostragem P5, no Ribeirão Água Parada.

O ponto P6 localiza-se na sub-bacia do Córrego da Figueira, que apresenta sua área usada com pastagem, silvicutura e o Aeroporto Moussa Nkhal Tobias (Figura 17).

Figura 17 - Ponto de Amostragem P6, situado no Córrego da Figueira.

O ponto P7 localiza-se no Ribeirão Água Parada, próximo a ponte situada no bairro Rio Verde. Além deste bairro, a sub-bacia é ocupada por parte do Aeroporto Moussa Nkhal Tobias, por pastagem e silvicultura (Figura 18).

Figura 18 - Ponto de Amostragem P7, no Ribeirão Água Parada.

O ponto P8 está localizado na sub-bacia do Ribeirão Água Parada de Baixo, na Fazenda Alvorada, de produção de laranja (Figura 19). Nesta sub-bacia também há pastagem e silvicultura.

Figura 19 - Ponto de Amostragem P8, situado no Ribeirão Água Parada de Baixo.

O monitoramento da qualidade da água foi realizado no período de maio de 2011 a abril de 2012, em intervalos aproximados de 30 dias. O período seco correspondeu aos meses de abril a setembro e o período chuvoso, aos meses de outubro a março. As amostras foram coletadas em frascos de polietileno a uma profundidade de 10 a 30 cm da coluna d'água. Somente em P2A a coleta foi realizada nos primeiros 10 cm da coluna d'água, devido à baixa vazão do córrego. Os parâmetros pH, Oxigênio Dissolvido (OD), Temperatura da Amostra (T°C), Condutividade Elétrica e Sólidos Totais Dissolvidos (STD) foram determinados em campo.Todas as amostras foram transportadas para o laboratório e as análises foram realizadas de acordo com o volume 20 do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2005).

Os parâmetros físicos, químicos e biológicos e os respectivos métodos e equipamentos utilizados estão descritos na Tabela 8.

A fim de avaliar a qualidade das águas em relação aos usos preponderantes, os valores encontrados para cada parâmetro físico-químico e biológico foram comparados com os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05, para corpos d'água de Classe 2.

Em adição, adotou-se uma taxa relativa à carga de DBO e DQO aplicada por dia por hectare, que pode ser correlacionada, principalmente, com a presença humana e a geração de esgotos. As taxas de DBO e DQO foram calculadas a partir da carga mínima de nutrientes e materiais em suspensão em cada sub-bacia, no período seco e chuvoso. Para isso, foram utilizados os dados das DBO das amostras e o cálculo da vazão mínima em sete dias consecutivos, num período de retorno de 10 anos ($Q_{7,10}$) de uma série histórica de dados da vazão do Ribeirão Água Parada.

Tabela 8 - Parâmetros físico-químicos e biológicos, métodos analíticos e equipamentos utilizados.

Parâmetro	**Método**	**Equipamento Utilizado**
pH	Potenciométrico	pHmetro Orion – Modelo 310
Alcalinidade	Potenciométrico	pHmetro Orion – Modelo 310
Condutividade	Potenciométrico	Multiparâmetro – PCD 650 OAKTON
Oxigênio Dissolvido “in situ”	Potenciométrico	Multiparâmetro – PCD 650 OAKTON
Temperatura da Água “in situ”	Potenciométrico	Multiparâmetro – PCD 650 OAKTON
Sólidos Totais Dissolvidos	Potenciométrico	Multiparâmetro – PCD 650 OAKTON
Demanda Bioquímica de Oxigênio	Barométrico	Aparelho DBO HACH – modelo DBO Track
Demanda Química de Oxigênio	Colorimétrico	Digestão: Reator HACH – Modelo COD; Leitura: Espectrofotômetro HACH – Modelo DR 2500
Turbidez	Turbidimétrico	Turbidímetro HACH – Modelo 2100 NA
Cloretos	Titulométrico	-
Dureza	Titulométrico	-
Cor	Colorimétrico	Espectrofotômetro HACH – Modelo DR 2500
Nitrogênio Total Kjeldahl	Colorimétrico	Digestão: Reator HACH – Modelo Digesdahl; Leitura: Espectrofotômetro HACH – Modelo 2500
Nitrato	Colorimétrico	Espectrofotômetro HACH – Modelo 2500
Nitrito	Colorimétrico	Espectrofotômetro HACH – Modelo 2500
Nitrogênio Amoniacal	Potenciométrico	Condutivímetro THERMO – Orion Modelo 720
Fosfato	Colorimétrico	Espectrofotômetro HACH – Modelo 2500
Fósforo Total	Colorimétrico	Digestão: Reator HACH – Modelo Digesdahl; Leitura: Espectrofotômetro HACH – Modelo 2500
Sólidos Totais	Gravimétrico	Mufla Fornitec – Modelo HW1000; Balança BEL – Modelo Mark M214A
Sólidos Fixos	Gravimétrico	Mufla Fornitec – Modelo HW1000; Balança BEL – Modelo Mark M214A
Sólidos Voláteis	Gravimétrico	Mufla Fornitec – Modelo HW1000; Balança BEL – Modelo Mark M214A
Coliformes Totais	Substrato Enzimático	-
Coliformes Fecais	Substrato Enzimático	-

4.2.4 Índice de Qualidade da Água (IQA)

O Índice de Qualidade da Água (IQA) foi realizado com base na metodologia proposta pela Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental (CETESB) descrita por Von Sperling (2007, p.252).

4.2.5 Parâmetros Hidrogeométricos

Parâmetros hidrogeométricos foram medidos nos pontos P1, P3, P4, P5 e P7, para auxiliar o desenvolvimento da modelagem da água superficial no manancial principal.

4.2.5.1 Medição de vazão

O procedimento de estimativa de vazão teve como objetivo efetuar uma aproximação que permitisse a modelagem da qualidade de água com nível coerente de consistência. Não se objetivou estabelecer estações de medição ou traçar curvas chaves, uma vez que a maioria dos pontos de amostragem de água era de difícil acesso com muita vegetação nas bordas.

Em alguns pontos de amostragem não foi possível definir o leito do corpo d'água por estar totalmente tomado por vegetação, ou estar demasiadamente assoreado. Nestes casos não foi possível visualizar ou definir a seção do leito, inclusive pelo fato das mesmas apresentarem uma dinâmica geométrica significativa. Exemplo dos pontos P2A e P2B. Além destes, o ponto P3, no córrego Gabiroba, não pode ser considerado nas leituras a partir do mês de dezembro, uma vez que houve alteração no leito criando duas ou mais ramificações, por conta do assoreamento ocorrido.

Contudo, foi possível estabelecer algumas medições nas seções dos pontos principais, localizados no corpo d'água principal, que é Ribeirão Água Parada. Essas medições estiveram condicionadas à situação das margens, havendo em alguns casos, deslizamentos ou acúmulo de sedimentos nas margens, que influenciaram nas medições efetuadas.

Em função dos diversos condicionantes citados, e para se evitar maiores incongruências nos resultados finais, foram consideradas três informações para composição dos valores finais para a modelagem efetuada:

- Medições locais utilizando pitometria

- Aproximação hidráulica, com emprego de parâmetros de canais
- Dados fluviométricos do DAEE

4.2.5.2 Medições por pitometria

As medições por pitometria envolveram os seguintes dispositivos e parâmetros que seguem.

- Tubo Pitot

Construído utilizando-se um esquadro/régua graduado de aço inoxidável, conforme mostrado na Figura 21, dotado de ponteira de latão e mangueira de cristal.

Figura 20 - Dispositivos adaptado como tubo Pitot para determinação de velocidade da água.

- Altura da coluna líquida

Lida na mangueira do pitot, como altura de coluna a partir da superfície líquida do corpo d'água, como mostrado nas Figuras 22, 23, 24 e 25. Os registros mostrados representam algumas tomadas fotográficas obtidas na câmera Nikon Coolpix S8100 no modo *burst* com até 10 quadros por segundo, a partir das quais se obtém a média de leitura. Esse procedimento foi necessário para devido à oscilação da coluna líquida. As medições

foram efetuadas até a metade da largura em diferentes profundidades, até o limite de 0,6 m (limite para o dispositivo).

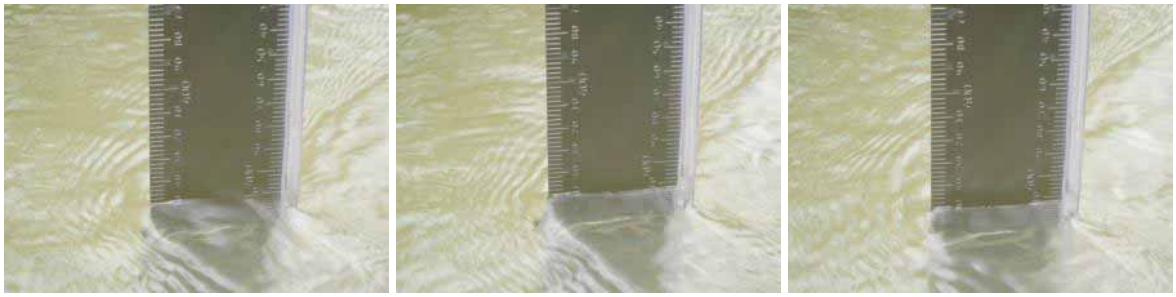

Figura 21 - Exemplo de registros fotográficos efetuados para determinação da velocidade

Figura 22 - Exemplo de registros fotográficos efetuados para determinação da velocidade

Figura 23 - Exemplo de registros fotográficos efetuados para determinação da velocidade

Figura 24 - Exemplo de registros fotográficos efetuados para determinação da velocidade

- Cálculo da velocidade

  Considerou-se a expressão da velocidade (v) como sendo:

  $$v=C\sqrt{2gh}$$

  Equação 11

  em que:

  h: altura da coluna líquida

  g: aceleração da gravidade

  C: Coeficiente para a ponteira (adotado 0,9)

- Área da seção transversal

Estimada com base nas medições locais empregando-se trena e um conjunto de vara telescópica, carretilha, linha e peso de chumbo de 150 g (Figura 26).

Figura 25 - Conjunto vara telescópica, carretilha, linha e chumbo, para medição de profundidade.

4.2.5.3 Estimativa pela hidráulica de canais

Estimou-se a vazão nas seções dos pontos de amostragem Parâmetros:

- Seção transversal do ponto de amostragem

O procedimento envolveu medição de largura da seção no ponto de amostragem e as profundidades em 3 posições, correspondentes a 3/4, 1/2 e 1/4 da largura. As medidas foram ajustadas à uma seção retangular, procurando-se manter a área e a equivalência com o perímetro molhado.

- Declividade do canal

Aproximada, considerando-se o percurso no segmento aplicado ao modelo de qualidade de água. Quando o segmento era muito longo, tomou-se entre 1/4 e 1/2 do comprimento. As cotas do percurso dos segmentos foram obtidas no Google Earth.

- Coeficiente de Manning

Adotado com aproximação pelas características locais, que no geral constituíam margens com muita vegetação, que correspondem à canais com condições muito ruins de conservação.

- Equação de Chezy para estimativa de vazão:

$$\frac{Q \cdot n}{\sqrt{I}} = A_c \cdot R_h^{2/3}$$

Equação 12

em que:

n: coeficiente de Manning;

A_c: área da seção transversal molhada do canal (m^2);

R_h: raio hidráulico (m);

I: declividade do canal; e

Q: vazão de projeto na seção

4.2.5.4 Dados do DAEE

As vazões estimadas por critérios hidráulicos, obtidas em diferentes estações (seca e chuvosa) foram comparadas com aquelas disponibilizadas pelo DAEE – Departamento de Águas e Energia do Estado de São Paulo, que fornece os valores correspontentes à bacia do rio Batalha, através dos parâmetros:

- Vazões médias e mínimas ($Q_{7,10}$)
- Vazão específica
- Área da bacia contribuinte

As vazões médias e mínimas indicadas pelo DAEE foram convertidas em vazões específicas (por unidade de área). A partir das áreas das micro-bacias delimitadas para o estudo, foram calculadas as vazões correspondentes, que serviram com base comparativa, com as determinações dos procedimentos descritos previamente.

4.2.6 Modelagem da Qualidade da Água Superficial

O modelo de Streeter e Phelps foi utilizado para representar o comportamento de OD e DBO no rio principal. A modelagem da qualidade da água superficial no Ribeirão Água

Parada foi realizada no mês de julho de 2011, mês que melhor representou as condições críticas de vazão no período da estiagem. Em adição, foi realizada a modelagem no período de estiagem e chuvoso com base na média dos parâmetros de OD e DBO. Através do diagrama uni filar (Figura 26) é possível observar na linha horizontal a representação do Ribeirão Água Parada, os respectivos pontos de monitoramento da qualidade da água (P1, P4, P5 e P7) e os trechos modelados (1, 2, 3, 4, 5 e 6). A Tabela 9 auxilia a representação dos pontos de monitoramento no Ribeirão Água Parada, os trechos referentes a cada ponto, a forma de identificação dos trechos no mapa e os afluentes dos trechos analisados. Na Figura 27 é possível observar as sub-bacias, os pontos de monitoramento e trechos.

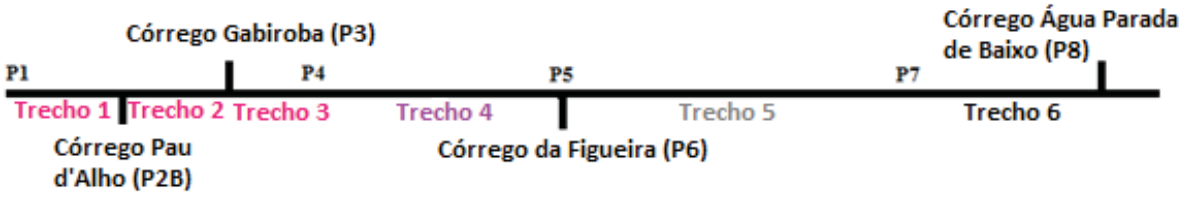

Figura 26 - Diagrama Uni filar representando o Ribeirão Água Parada e seus tributários, Bauru (SP).

O modelo foi estruturado no Software Microsoft Office Excel. Dados de batimetria, pluviometria e valores estimados de OD e DBO alimentaram o modelo. A calibração foi realizada utilizando a ferramenta Solver através da inserção de dados observados. Foram obtidos valores reais de DBO e OD dos pontos P1, P4, P5 e P7 do Ribeirão Água Parada e P2A, P2B, P3, P6 e P8 dos tributários. Através da modelagem e cálculos de mistura obtiveram-se os valores dos demais pontos: P1K, P2K2, P12K1, P12K2, P123K, P56K, P7K e P78K.

Tabela 9 - Pontos de Monitoramento no Ribeirão Água Parada, com seus respectivos trechos e identificação dos tributários.

Pontos de Monitoramento	Trechos	Identificação dos trechos no mapa	Tributários
P1	T1	P1 a P1K	-
	T2	P12K1 a P12K2	São Luiz
			Pau d'Alho
	T3	P123K a P4	Gabiroba
P4	T4	P4 a P5	-
P5	T5	P56 a P7	Figueira
P7	T6	P7 a P7K	-

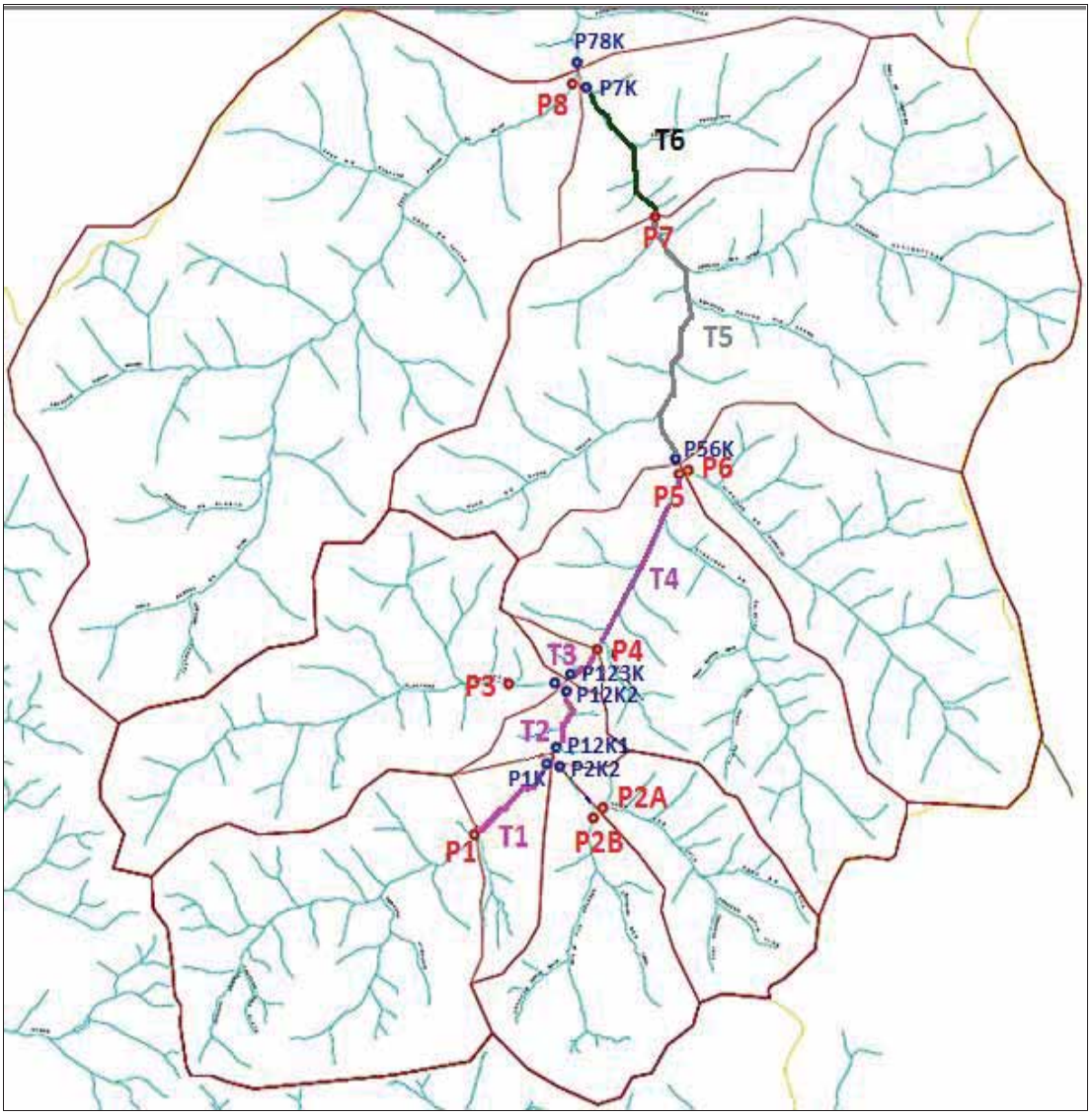

Figura 27 - Sub-bacias, pontos de monitoramento e trechos considerados na modelagem da bacia hidrográfica do Ribeirão Água Parada, município de Bauru (SP).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Delineamento da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Água Parada

A Figura 28 ilustra o delineamento da bacia hidrográfica do Ribeirão Água Parada e de suas sub-bacias. A delimitação da bacia hidrográfica permitiu quantificar uma área total de drenagem de, aproximadamente, 350km^2 dentro dos limites municipais. As áreas das sub-bacias estudadas estão apresentadas na Tabela 10.

A sub-bacia do ponto P3 apresenta o relevo em constante modificação devido à presença do aterro sanitário na região (LEAL, 2011). Segundo este autor, a retirada de solo para a cobertura de resíduos aterrados tem modificado o terreno nas proximidades do aterro e como consequência, a área de drenagem da sub-bacia pode ser alterada.

Figura 28 - Delineamento da bacia hidrográfica do Ribeirão Água Parada e de suas sub-bacias.

Tabela 10 - Área e perímetro das sub-bacias dos pontos de amostragem na bacia do Ribeirão Água Parada, P1, P2A, P2B, P3, P4, P5, P6, P7 e P8.

Sub-bacias dos Pontos de Amostragem	Área (km^2)
P1	27,38
P2A	10,60
P2B	13,56
P3	27,87
P4	8,04
P5	25,76
P6	27,17
P7	58,37
P8	78,23

5.2 Caracterização do Uso e Ocupação do Solo

A caracterização do uso e ocupação do solo nos segmentos de estudo está ilustrada na Figura 29. A Tabela 11 resume os principais tipos de uso e ocupação do solo e suas respectivas áreas.

Tabela 11- Principais tipos de uso e ocupação do solo e seus respectivos valores de área na bacia do Ribeirão Água Parada, Bauru (SP).

Uso e Ocupação Solo	% Área
Aeroporto	0,26
Aterro Sanitário	0,31
Chácaras Rio Verde	0,02
Centro Detenção Provisória (CDP)	0,01
Chácaras	1,36
Companhia de Energia	0,06
Distrito Industrial (DI)	0,10
Estação Tratamento Esgoto (ETE) municipal	0,004
Plantação Cana	0,72
Plantação Eucalipto	8,43
Plantação Laranja	0,88
Plantação Milho	0,34
Outras Culturas	2,88
Pastagem	68,50
Vegetação Nativa	12,29
Centro Progressão Penitenciária (IPA)	0,19
Zona Urbana	1,30
Complexos Penitenciários	0,07

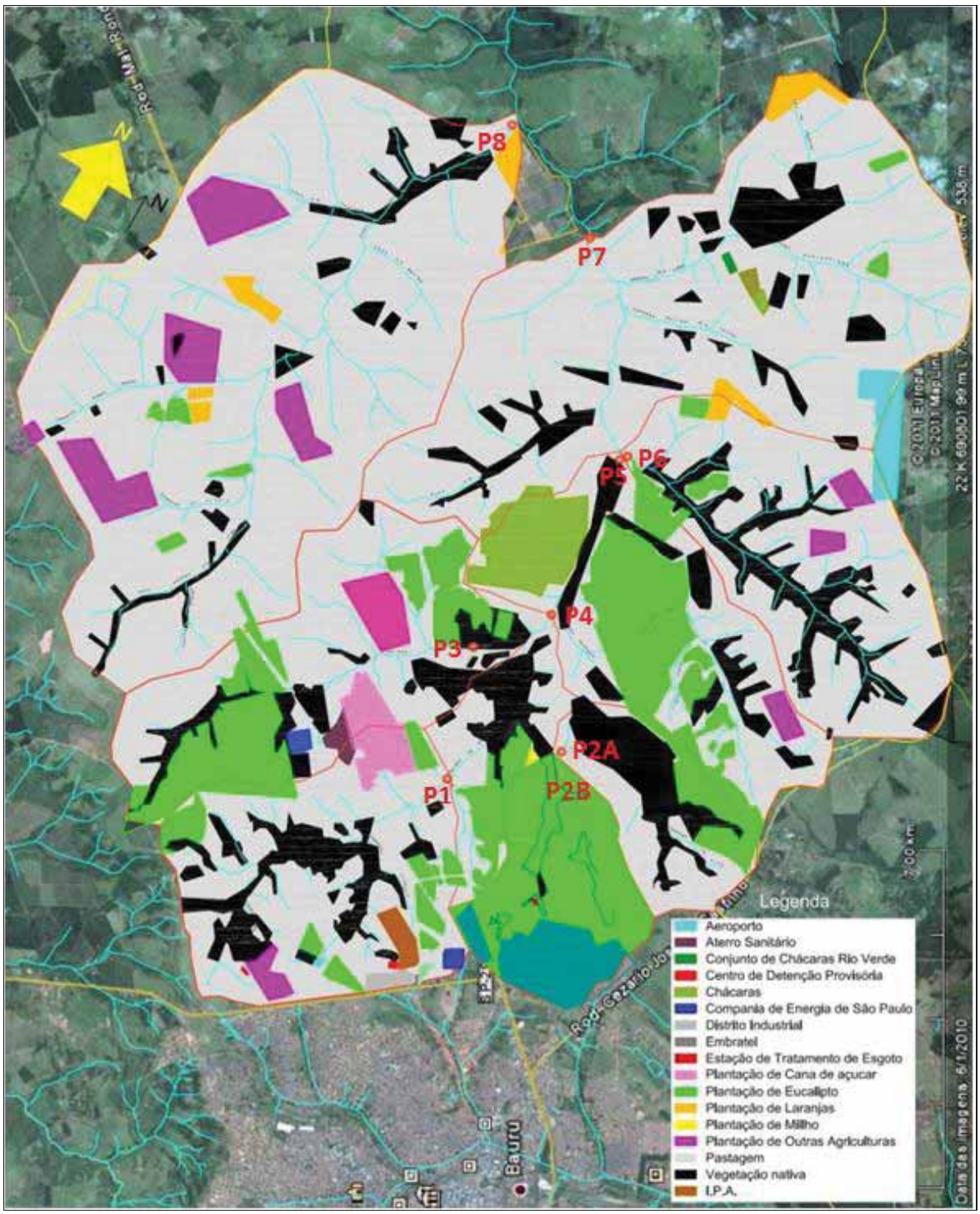

Figura 29 - Caracterização do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do Ribeirão Água Parada, Bauru (SP).

O conhecimento do uso e ocupação do solo possibilitou identificar as potenciais fontes de poluição das águas superficiais na bacia hidrográfica do Ribeirão Água Parada. Como a bacia está localizada em região urbana e periurbana as sub-bacias de cabeceira são diretamente afetadas pela antropização. Na sub-bacia P1 o CDP e o Centro de Progressão Penitenciária (antigo IPA) são as principais fontes de poluição. Efluentes gerados por 2700 detentos e funcionários são lançados pós-tratamento em regiões de nascente do manancial. Fontes secundárias de poluição também influenciam, significativamente, a qualidade da água do manancial, como o distrito industrial em fase de ocupação e o reflorestamento de eucalipto em expansão. Na sub-bacia do P2B, a principal fonte de poluição é a ETE-Candeias, com capacidade inicial para atender 30 mil habitantes e com potencial para atender 50 mil, a ETE atualmente lança $60Ls^{-1}$ de efluentes no Córrego Pau d'Alho. Modificações na qualidade da água são observadas à jusante do lançamento. É importante ressaltar que a sub-bacia também apresenta a zona urbana e se destaca por extensas áreas de silvicultura. A Figura 30 ilustra a zona urbana, regiões de pastagens e de silvicultura na sub-bacia do ponto P2B.

Figura 30 - Imagem da zona urbana, pastagens e silvicultura na sub-bacia do ponto P2B (imagem obtida do Google Earth de 4/12/2010).

A caracterização do uso e ocupação do solo, na sub-bacia P3, permitiu identificar o complexo penitenciário e empreendimentos industriais como principais fontes de poluição. Efluentes gerados por, aproximadamente, 2500 detentos e funcionários dos Centros de Progressão Penitenciária “Dr. Alberto Bocchieri” e “Dr. Eduardo de Oliveira Vianna” são lançados pós-tratamento às margens de uma pequena drenagem, que contribui para a formação do Córrego Gabiroba (LEAL, 2011). Em adição, empreendimentos industriais com atividades não identificadas, situados próximos aos Centros de Progressão Penitenciária, também são responsáveis por lançar parte de seus efluentes no córrego (LEAL, 2011). Outra fonte de poluição é a presença do aterro controlado e, de acordo com Mondelli (2008) e Leal (2011), a ineficiência na compactação e cobertura dos resíduos sólidos no aterro, pode gerar além de mau cheiro e vetores, produção de chorume ainda na superfície e redução de sua infiltração. Como consequência, em épocas de chuva pode ocorrer o arraste do chorume pelas águas pluviais até atingir as águas de superfície. No entanto, o monitoramento prévio da água superficial na sub-bacia evidenciou que o complexo penitenciário e os empreendimentos industriais são as principais fontes poluidoras (LEAL, 2011). Ainda, é importante destacar que há predomínio de plantações de eucalipto na sub-bacia, correspondendo a 25,4% do uso e ocupação do solo, conforme mostra a Figura 29.

A sub-bacia P2A possui 36,4% de seu território composto por vegetação nativa. Localizada na sub-bacia do Córrego São Luiz, a Estação Ecológica Sebastião Aleixo da Silva é única unidade de conservação na região administrativa de Bauru e na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos Tietê-Batalha (BAURU, 2008; SÃO PAULO, 2010). A caracterização do uso e ocupação do solo permitiu observar a estação ecológica como fragmento isolado de vegetação natural, cercado por pastagens e silvicultura. O uso e ocupação do solo na região podem comprometer a biodiversidade e capacidade suporte da estação ecológica ao longo do tempo, além de causar prejuízos na qualidade da água.

As principais fontes poluidoras no ponto P5 incluem o conjunto residencial de chácaras “Reunidos de Santa Maria” e as plantações de eucalipto. O conjunto residencial possui 200 chácaras com, aproximadamente, 600 habitantes. As atividades desenvolvidas incluem: suinocultura de pequeno porte, granjas, plantações de hortaliças orgânicas e não orgânicas e criações de gado e cavalos. As plantações de eucalipto ocupam 30% do uso e ocupação do solo na sub-bacia, em adição, pastagens e solos degradados ocupam 40%. Na

Figura 31 observa-se uma plantação de hortaliças e eucalipto. A Figura 32 mostra o Ribeirão Água Parada sem a presença de mata ciliar, algumas regiões de pastagens e de silvicultura.

Figura 31 - Plantação de hortaliças na sub-bacia do ponto de amostragem P5 (10/2011).

Figura 32 - Ribeirão Água Parada na sub-bacia do ponto de amostragem P5 (10/2011).

A sub-bacia do ponto de amostragem P7 possui extensas áreas de pastagem e o conjunto residencial “Rio Verde”, com cerca de 200 habitantes. Dentre as atividades desenvolvidas estão: a criação de gado, cavalos e granjas, além de plantações de laranja, abacaxi e manga. A Figura 33 mostra parte do conjunto residencial “Rio Verde”.

Figura 33 - Conjunto residencial Rio Verde, na sub-bacia do ponto de amostragem P7 (09/2011).

As sub-bacias dos pontos de monitoramento P4, P6 e P8 destacam-se por possuir extensas áreas de pastagens e solos degradados. A sub-bacia P4 apresenta 48,8% do solo ocupados por pastagens e 21,4 % ocupados por plantações de eucalipto. A sub-bacia P6 apresenta 71,6% de áreas de pastagens e solos degradados, no entanto, é possível observar que 21% da vegetação nativa localiza-se em áreas ribeirinhas. Em adição, na sub-bacia do ponto P8 a presença de áreas de pastagens pode contribuir significativamente com o aporte de nutrientes (nitrogênio e fósforo) no manancial, através do escoamento superficial e subsuperficial (BAKER, 2003). Nas áreas ocupadas por plantações de outras culturas, além do aporte de nutrientes, também pode estar havendo contribuições de pesticidas.

Atualmente, há expansão da urbanização em direção à bacia do Ribeirão Água Parada, o que prevê a duplicação do número populacional na bacia nos próximos 15 anos. O acelerado processo de industrialização e a presença de estações de tratamento de esgotos industriais e domésticos tornam-se severas fontes pontuais de poluição. A expansão dos conjuntos de chácaras, o aumento da diversidade de culturas plantadas, pastagens com solos degradados e a ausência de mata ciliar, tornam-se importantes fontes difusas de poluição em toda a bacia. A forma com que o solo vem sendo usado e ocupado pode causar alterações nos processos hidrológicos e prejuízos na qualidade da água na bacia hidrográfica. O que inviabilizaria o uso do Ribeirão Água Parada para o abastecimento público.

5.3 Qualidade das Águas

5.3.1 Parâmetros Físicos

A Tabela 12 apresenta de forma resumida a média e o desvio padrão dos valores dos atributos físicos, analisados nas 5 sub-bacias contribuintes do Ribeirão Água Parada e os níveis máximos permitidos para cada parâmetro, segundo a Resolução CONAMA 357/05, para rios de Classe 2. A média da concentração de Cor ficou acima dos valores recomendados pela Resolução em alguns tributários. Tabela contendo a média e o desvio padrão dos parâmetros físicos dos pontos monitorados no Ribeirão Água Parada encontra-se em anexo. No geral, maiores valores de desvio padrão foram encontrados no período chuvoso.

Tabela 12 - Parâmetros indicadores da qualidade física da água nos tributários do Ribeirão Água Parada comparados aos valores estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 para corpos de água doce de Classe 2.

Parâmetro	P2A		P2B		P3		P6		P8		R. CONAMA 357/05
	Estações do Ano										
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
Cor Verdadeira (PtCo)	**76,0**	31,0	66,3	62,5	**119,5**	**81,2**	**74,0**	48,3	**83,5**	47,2	75,0
Desvio Padrão	78,8	20,7	15,0	33,1	43,9	27,1	10,9	13,4	41,5	16,1	
Turbidez (NTU)	16,0	9,2	36,9	17,1	27,2	11,6	17,8	14,4	35,6	15,0	100,0
Desvio Padrão	6,6	7,1	26,7	6,2	16,5	1,2	8,0	4,1	13,6	2,4	
Temperatura (°C)	25,2	20,2	28,5	25,0	22,0	18,5	23,7	20,4	23,1	19,6	
Desvio Padrão	1,2	2,9	2,8	3,1	1,2	2,1	1,5	2,3	1,2	2,1	-

P2A = Córrego São Luiz;
P2B = Córrego Pau d'Alho;
P3 = Córrego Gabiroba;
P6 = Córrego da Figueira;
P8 = Ribeirão Água Parada de Baixo;
Estações do ano: 1 = Chuvosa e 2 = Seca;
Os valores realçados não estão de acordo com os valores propostos pela Resolução CONAMA 357/05 para corpos de água de classe 2.

O escoamento superficial e subsuperficial em épocas de alta pluviosidade aumentou o aporte de sólidos dissolvidos em todos os pontos no Ribeirão Água Parada e em seus tributários, com exceção do P2B. O lançamento de cargas de efluentes da ETE-Candeias em P2B fez com que não houvesse grandes alterações na concentração de sólidos dissolvidos entre os meses chuvosos e secos. No entanto, valores acima do permitido pela legislação brasileira foram encontrados nos demais tributários para o período. A dinâmica dos valores identificados no Ribeirão Água Parada no período chuvoso evidenciou um pico em P5, que pode estar associado à contribuição das cargas de sólidos dissolvidos proveniente dos pontos anteriores e das atividades desenvolvidas na própria sub-bacia como, suinocultura de pequeno porte, granjas, plantações de hortaliças, pastagens e silvicultura. Todos os valores no período chuvoso ficaram acima dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05, para águas de Classe 2. Na estação seca os valores de cor aumentaram no sentido de montante à jusante, apresentando, também, ligeiro pico de sólidos dissolvidos em P5. A Figura 34 apresenta as concentrações de cor encontradas no Ribeirão Água Parada nos pontos de monitoramento (P1, P4, P5 e P7).

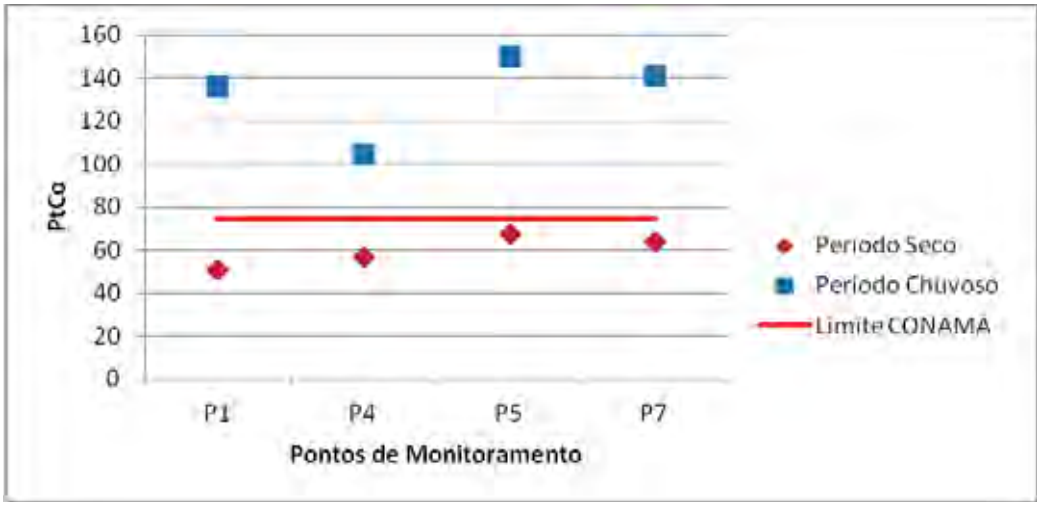

Figura 34 - Cor obtida nos pontos de monitoramento (P1, P4, P5 e P7) do Ribeirão Água Parada nos períodos seco e chuvoso e limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05.

O Ribeirão Água Parada e seus tributários apresentaram maiores valores de turbidez nos meses chuvosos. No período chuvoso, o Ribeirão Água Parada apresentou diminuição da turbidez no sentido de montante à jusante, com leve aumento no ponto P7, o que está associado à sub-bacia possuir 86,5% de pastagens e apenas 9,6% de vegetação

nativa. Na estiagem os valores encontrados foram menores. Na estação seca as contribuições das sub-bacias P2A, P2B e P3 foram inexpressivas em P4. Todos os valores observados nos períodos ficaram abaixo dos valores estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05, para corpos de água de classe 2. A Figura 35 mostra as concentrações de turbidez no Ribeirão Água Parada.

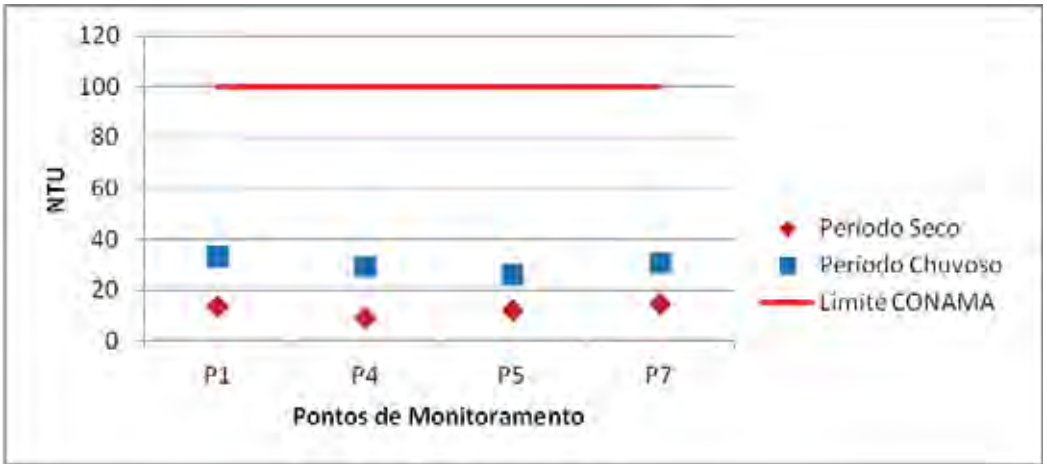

Figura 35 - Turbidez obtida nos pontos de monitoramento (P1, P4, P5 e P7) do Ribeirão Água Parada nos períodos seco e chuvoso e limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05.

Os valores de temperatura da água foram maiores na estação chuvosa, acompanhando a dinâmica da temperatura do ar. O Ribeirão Água Parada apresentou temperaturas em torno de 18°C na estiagem e 22°C no período chuvoso. As altas temperaturas encontradas no ponto P2B (Figura 36) podem estar associadas às extensas áreas assoreadas, que apresentam baixa lâmina d'água, e à intensa atividade microbiológica, devido ao lançamento de efluentes da ETE municipal.

Figura 36 - Ponto de monitoramento da qualidade da água P2B, situado no Córrego Pau d'Alho em 06/2011.

É evidente o reflexo dos diversos usos do solo na qualidade das águas do Ribeirão Água Parada. A análise dos parâmetros físicos mostraram que a temperatura da água corresponde à dinâmica da temperatura do ar e apresenta-se mais elevada em períodos chuvosos, além de ser um parâmetro que refletiu as condições reais da sub-bacia do ponto P2B, que sofre intenso processo de assoreamento e deposição de efluentes da ETE. O aumento do escoamento superficial e subsuperficial foi o principal responsável pelo aumento da cor e turbidez no período chuvoso, denotando a fragilidade do solo em toda a bacia hidrográfica, o que pode ser comprovado pelos picos de sólidos dissolvidos no ponto P5 e pelo aumento de sólidos em suspensão observados no ponto P8.

5.3.2 Parâmetros Químicos

Na Tabela 13 são apresentadas as médias e o desvio padrão dos valores obtidos para os parâmetros químicos analisados nas 5 sub-bacias contribuintes do Ribeirão Água Parada e os limites estabelecidos para cada atributo, pela Resolução CONAMA 357/05, para rios de Classe 2. Verificou-se que os parâmetros OD, DBO, N-NH_3 e fósforo total apresentaram valores superiores aos limites da Resolução. Tabela contendo a média e o

desvio padrão dos parâmetros químicos dos pontos monitorados no Ribeirão Água Parada encontra-se em anexo.

Tabela 13 - Parâmetros indicadores da qualidade química da água nos tributários do Ribeirão Água Parada comparados aos valores estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 para corpos de água de classe 2.

Parâmetro	P2A		P2B		P3		P6		P8		R. CONAMA 357/05
	Estações do Ano										
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
pH	6,3	6,3	7,1	7,0	6,3	6,4	6,4	6,7	6,3	6,5	6,0 a 9,0
Desvio Padrão	0,1	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,4	
Alcalinidade (mgL^{-1} $CaCO_3$)	59,7	61,3	134,8	156,7	52,4	49,0	40,8	35,4	32,7	30,4	-
Desvio Padrão	23,4	27,6	40,1	63,9	18,8	19,7	13,7	17,4	11,2	9,8	
Dureza (mgL^{-1} $CaCO_3$)	52,3	56,1	84,3	73,7	40,0	40,5	37,7	34,9	27,0	29,9	
Desvio Padrão	7,5	3,6	7,3	4,5	3,3	7,7	3,7	3,1	1,7	2,6	
Oxigênio Dissolvido (mgL^{-1} O_2)	5,9	5,2	6,0	6,0	7,1	7,3	6,2	7,0	7,0	7,4	*5,0
Desvio Padrão	2,0	1,7	0,6	1,5	1,0	0,9	0,4	0,8	0,6	0,9	
Demanda Bioquímica de Oxigênio (mgL^{-1} O_2)	**8,6**	**6,1**	**24,1**	**21,2**	**7,0**	**5,2**	**5,3**	4,0	**6,3**	**7,4**	5,0
Desvio Padrão	2,3	2,5	15,2	5,6	2,6	2,1	1,3	1,6	2,1	4,7	
Demanda Química de Oxigênio (mgL^{-1} O_2)	20,0	15,2	31,5	36,3	14,0	10,8	14,2	13,3	13,8	14,2	-
Desvio Padrão	6,3	8,0	10,1	16,9	6,2	5,6	6,9	6,3	7,6	11,9	
Cloretos (mgL^{-1} Cl^-)	5,3	6,3	16,7	18,5	9,6	8,1	3,9	3,9	4,4	4,5	250,0
Desvio Padrão	1,2	1,9	3,2	2,3	2,3	2,1	0,8	0,8	0,9	1,3	
Nitrogênio Kjeldahl (mgL^{-1} N-NTK)	1,8	0,9	9,5	13,6	2,4	2,0	1,5	1,0	1,6	1,8	-
Desvio Padrão	1,4	0,8	5,7	11,3	0,9	1,2	1,0	0,7	0,8	1,2	
Nitrogênio Amoniacal (mgL^{-1} $N\text{-}NH_3$)	0,15	0,04	**4,99**	**7,47**	0,67	1,02	0,14	0,05	0,09	0,02	$3,7 mgL^{-1}$ N para $pH \leq 7,5$; $2,0 mgL^{-1}$ N para $7,5 < pH \leq 8,0$
Desvio Padrão	0,13	0,03	1,48	3,83	0,30	0,31	0,13	0,05	0,11	0,02	
Nitrito (mgL^{-1} $N\text{-}NO_2$)	0,02	0,01	0,14	0,33	0,06	0,08	0,03	0,01	0,04	0,01	1,0
Desvio Padrão	0	0,01	0,07	0,21	0,04	0,05	0	0,02	0	0,02	

Continuação da Tabela 15.

Parâmetro	P2A		P2B		P3		P6		P8		R. CONAMA 357/05
	Estações do Ano										
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
Nitrato (mgL^{-1} N-NO3)	1,1	1,3	3,1	3,1	1,5	2,5	1,5	1,8	2,1	2,0	10,0
Desvio Padrão	0,4	0,6	0,8	0,8	0,4	1,1	0,3	0,3	0,6	1,8	
Fósforo Total (mgL^{-1} P)	**0,31**	**0,15**	**0,21**	**0,40**	**0,33**	**0,33**	**0,18**	**0,31**	**0,19**	**0,35**	Ambientes lóticos < 0,1;
Desvio Padrão	0,23	0,24	0,41	0,15	0,41	0,20	0,55	0,17	0,41	0,18	Ambientes lênticos ≤ 0,03
Fosfato (mgL^{-1} PO4)	4,2	2,8	5,4	4,7	3,3	2,3	3,9	2,7	3,5	2,4	-
Desvio Padrão	2,2	0,8	2,2	1,6	1,0	0,7	2,0	0,8	2,2	1,0	
Sólidos Totais (mgL^{-1})	63	157	110	185	87	148	80	175	107	145	-
Desvio Padrão	53,9	171,0	62,9	80,7	82,1	79,9	80	81,2	98,3	86,4	
Sólidos Fixos (mgL^{-1})	20	65	38	88	53	95	45	112	47	72	-
Desvio Padrão	18	70	26	74	42	57	43	52	50	69	
Sólidos Voláteis (mgL^{-1})	43	92	72	97	37	53	35	63	60	78	-
Desvio Padrão	39	103	40	40	46	26	45	34	58	30	
Sólidos Totais Dissolvidos (mgL^{-1})	65	49	198	173	51	42	36	27	28	24	500,0
Desvio Padrão	16	74	43	42	4	6	3	5	2	3	
Condutividade Elétrica (µS25°C)	121	113	329	327	111	102	73	59	58	57	-
Desvio Padrão	27	6	37	33	7	11	5	18	5	3	

*Limite mínimo estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05.

P2A = Córrego São Luiz;

P2B = Córrego Pau d'Alho;

P3 = Córrego Gabiroba;

P6 = Córrego da Figueira;

P8 = Ribeirão Água Parada de Baixo;

Estações do ano: 1 = Chuvosa e 2 = Seca;

Os valores em realçados não estão de acordo com os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 para corpos de água de classe 2.

Os valores de pH obtidos nos pontos de amostragem no Ribeirão Água Parada estão apresentados na Figura 37.

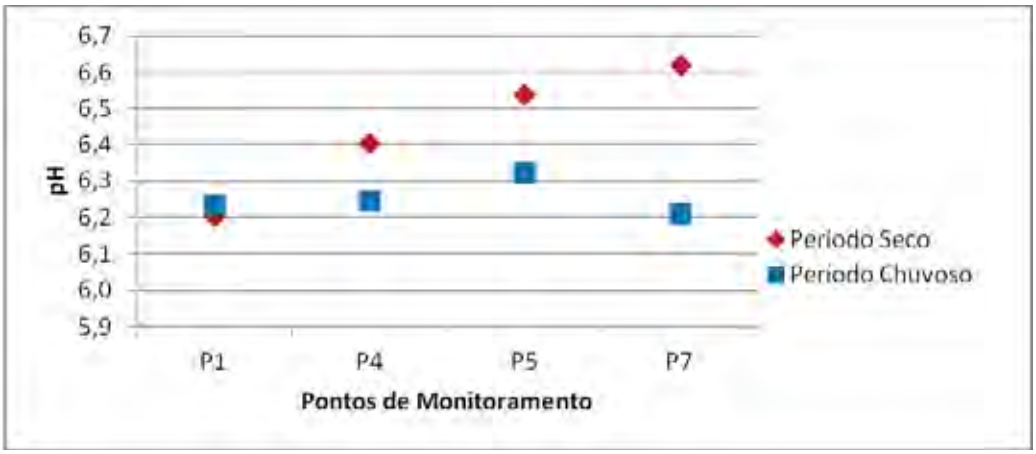

Figura 37 - Valores de pH, obtidos nos pontos de amostragem (P1, P4, P5 e P7) no Ribeirão Água Parada, Bauru (SP).

Todos os valores de pH encontrados no Ribeirão Água Parada e tributários estão dentro da faixa estabelecida pela Resolução CONAMA 357/05. No manancial principal, valores de pH encontrados no período chuvoso foram inferiores aos obtidos no período seco, com exceção do P1, que apresentou valores muito próximos. A contribuição de sólidos em suspensão e sólidos dissolvidos para o ribeirão em decorrência do escoamento superficial e subsuperficial, promoveu aumento da oxidação química e biológica da matéria orgânica e diminuição do teor de oxigênio dissolvido, com consequentes reduções nos valores de pH, o que também foi observado por Esteves (1992). Da mesma forma que os resultados encontrados por estes autores, verificou-se situação inversa no período seco em que houve provável aumento da atividade fotossintética no setindo de montante à jusante. Variações sazonais de pH também foram observadas nos tributários (Tabela 13). No entanto, altos valores de pH foram obtidos no ponto P2B, provavelmente, devido ao lançamento de efluentes provenientes da estação de tratamento de esgoto municipal, que provavelmente apresenta caráter alcalino, como constatado por vários autores (SILVA et al., 2001).

Os valores de alcalinidade obtidos no Ribeirão Água Parada são apresentados na Figura 38.

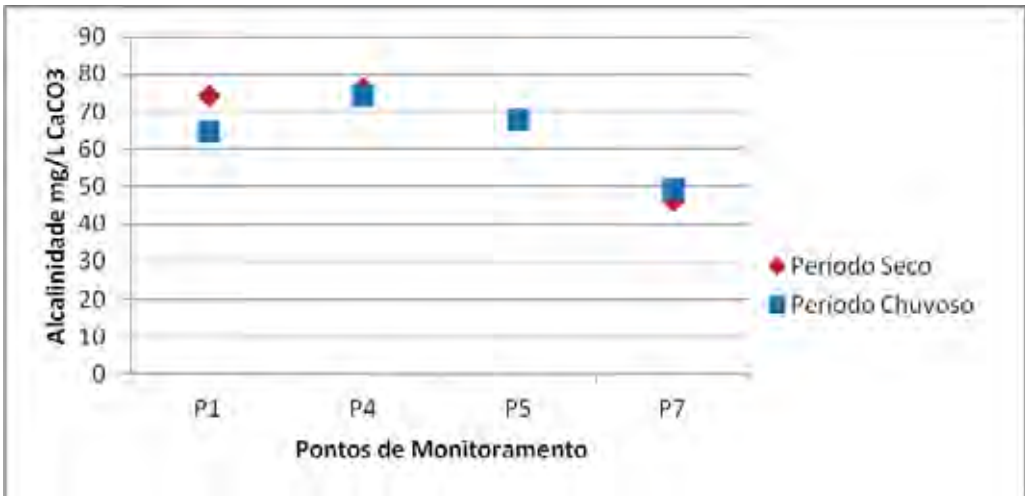

Figura 38 - Valores de Alcalinidade (mgL^{-1} $CaCO_3$) obtidos em diferentes pontos de monitoramento do Ribeirão Água Parada, Bauru (SP).

A dinâmica da alcalinidade no Ribeirão Água Parada durante a estiagem indicou que as concentrações de $CaCO_3$ tendem a diminuir no sentido de montante à jusante, refletindo a elevação do pH no período. A elevação da produção de íons bicarbonato (HCO_3^-) e íons carbonato (CO_3^{2-}) contribuiu para que não houvessem grandes oscilações de pH em períodos de alta pluviosidade o que também foi observado por Esteves (1992). Os valores de alcalinidade no ponto de monitoramento P2B foram maiores que os encontrados nos demais tributários devido à descarga de efluentes, provenientes da ETE-Candeias. Até o momento não foram estabelecidos valores limites para este parâmetro na Resolução CONAMA 357/05.

O teor de cálcio e magnésio encontrado ao longo do Ribeirão Água Parada possibilitou caracterizá-lo quanto ao grau de dureza, conforme Richter & Netto (1991) e Esteves (1992). As sub-bacias da região urbana e periurbana, apresentaram águas mais duras quando comparadas às àguas de regiões rurais. Nos pontos P1, P3 e P5, as águas podem ser classificadas como de dureza moderada, e no P7 como águas moles. A dinâmica coincide com os valores de alcalinidade. Não é estabelecido limite para este parâmetro na Resolução CANAMA 357/05. Os valores de dureza obtidos em pontos de monitoramento do Ribeirão Água Parada podem ser visualizados na Figura 39.

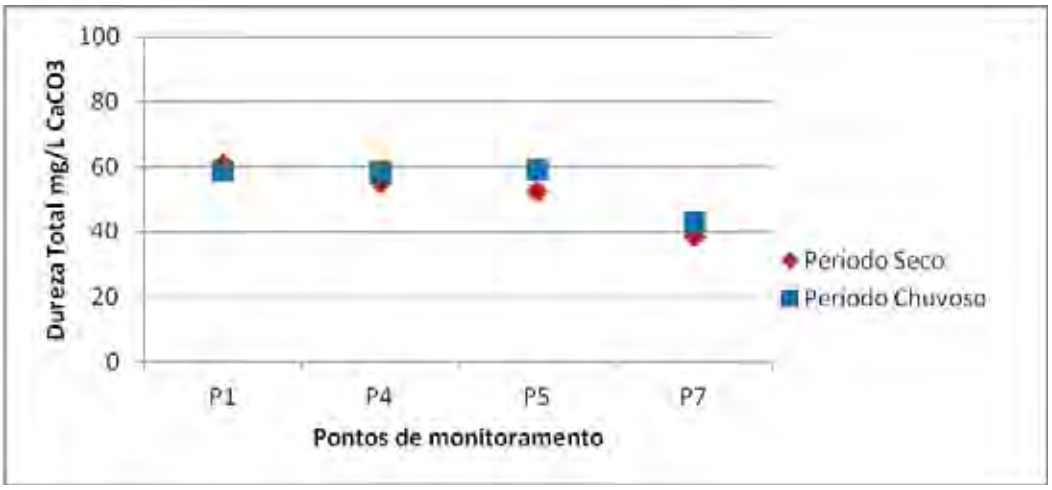

Figura 39 - Dureza (mgL^{-1} $CaCO_3$) obtidos em diversos pontos de monitoramento do Ribeirão Água Parada, Bauru (SP).

Oxigênio Dissolvido, Demanda Bioquímica de Oxigênio e Demanda Química de Oxigênio

Na estiagem os valores obtidos para OD no Ribeirão Água Parada mantiveram-se dentro dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 em todos os pontos, com exceção do ponto P4. A pior qualidade da água no ponto P4 está relacionada ao recebimento de cargas orgânicas provenientes das sub-bacias dos pontos P2A, P2B e P3, atingindo valores de 1,9 mgL^{-1} de OD em setembro de 2011 no P4 (Figura 40). As taxas mínimas de DBO passaram de 0,013 $Kgdia^{-1}ha^{-1}$ em P1 para 0,127 $Kgdia^{-1}ha^{-1}$ em P4. A Tabela 14 apresenta os resultados das taxas mínimas diárias de DBO e DQO nos períodos de estiagem e chuvoso.

Tabela 14 - Taxas mínimas de DBO e DQO ($kgdia^{-1}ha^{-1}$) acumuladas nos períodos de seca e chuva.

Pontos de Monitoramento	Taxa de DBO		Taxa de DQO	
	Estiagem	Chuvoso	Estiagem	Chuvoso
P1	0,013	0,018	0,035	0,052
P4	0,127	0,160	0,247	0,403
P5	0,143	0,180	0,282	0,464
P7	0,172	0,220	0,359	0,553

Em épocas de alta pluviosidade a situação tornou-se mais crítica no Ribeirão Água Parada, quando os valores de OD foram inferiores a $5mgL^{-1}$, limite mínimo estabelecido pela Resolução CONAMA 357, em todos os pontos monitorados. Menores valores são

encontrados em P4 e P5 (Figura 41). O pico de DBO em P4 e os baixos valores de OD em P4 e P5 continuaram evidenciando os efeitos das cargas orgânicas provenientes das sub-bacias P2A, P2B e P3, e realça a problemática do uso e ocupação do solo incorretos nas sub-bacias de cabeceira. A Figura 40 apresenta os resultados de OD, DBO e DQO na estiagem e a Figura 41 no período chuvoso.

Na estiagem, os valores de DQO aumentaram no sentido de montante à jusante, refletindo o efeito acumulativo das cargas poluidoras, provenientes das sub-bacias (Figura 40). Na estação chuvosa, os resultados de DQO se elevaram em todos os pontos, devido ao aporte de nutrientes (Figura 41). Os valores apresentados na Tabela 14 confirmam esse aumento. Em adição, ainda é possível observar os efeitos acumulativos das cargas poluentes provenientes das sub-bacias nesse período.

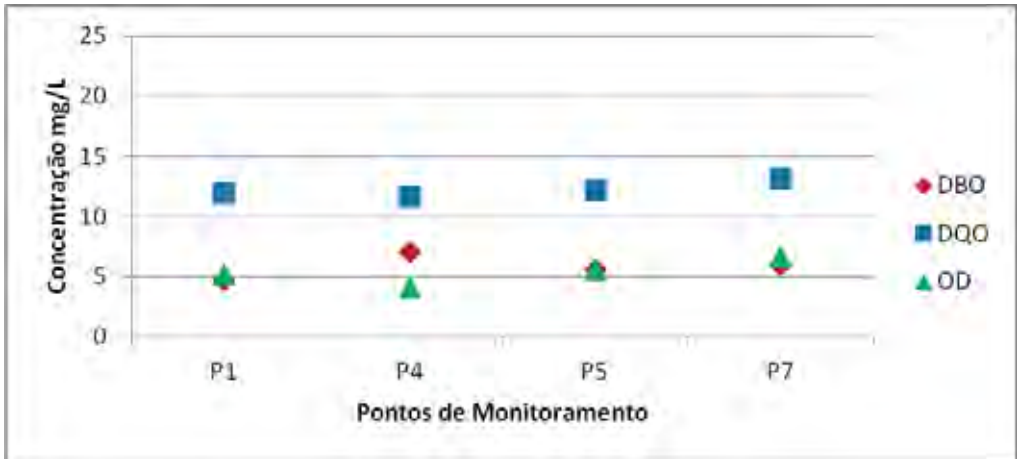

Figura 40 - Valores de DBO, DQO e OD (mgL^{-1}) obtidos no período de estiagem, em pontos de monitoramento do Ribeirão Água Parada, Bauru (SP).

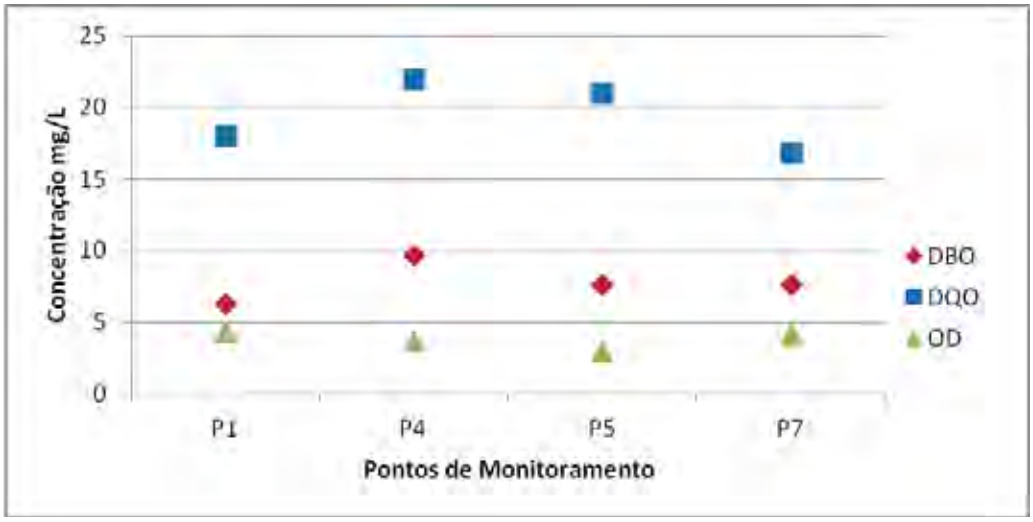

Figura 41 - Valores de DBO, DQO e OD (mgL^{-1}) obtidos no período chuvoso, em pontos de monitoramento do Ribeirão Água Parada, Bauru (SP).

Concentrações de cloretos diminuíram no sentido de montante à jusante no Ribeirão Água Parada (Figura 42). As maiores concentrações de cloretos observadas na cabeceira podem estar relacionadas com fontes pontuais de poluição, à descarga de efluentes do CDP e IPA na sub-bacia P1 e à descarga de efluentes da ETE-Candeias e do CP na sub-bacia do ponto P4. Em todos os pontos analisados os resultados permaneceram abaixo do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05, de $250mgL^{-1}$ (CONAMA, 2005).

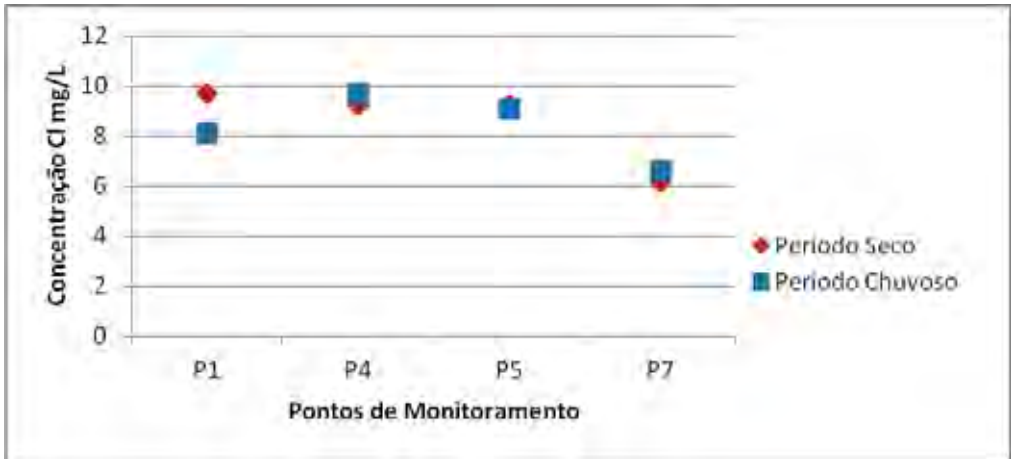

Figura 42 - Valores de Cloretos (mgL^{-1} Cl^{-}) obtidos em diversos pontos de monitoramento do Ribeirão Água Parada, Bauru (SP).

Os valores de Nitrogênio Total Kjeldahl (N-NTK) foram maiores nos períodos de maior pluviosidade, provavelmente devido ao aporte de sólidos dissolvidos e em suspensão no Ribeirão Água Parada. No entanto, houve diminuição dos valores no sentido de montante à jusante. Na estiagem os maiores valores de N-NTK foram encontrados nos pontos P5 e P7, o que está de acordo com os valores de DBO e DQO apresentados. Os valores de N-NTK, $N\text{-}NH_3$, $N\text{-}NO_2$ e $N\text{-}NO_3$ são apresentados na Figura 43, para o período de estiagem e na Figura 44 para o período chuvoso.

A concentração de nitrogênio amoniacal na estiagem teve um pico em P4, refletindo os altos valores encontrados em P2B para o mesmo período. É possível observar que, tais valores coincidem com a queda das concentrações de oxigênio dissolvido em P4, devido ao aporte de matéria orgânica em estágio inicial de decomposição proveniente da ETE-Candeias e CP. No período chuvoso, houve diminuição das concentrações de $N\text{-}NH_3$ no sentido de montante à jusante, o que provavelmente está relacionado ao aumento da concentração de nitrato no mesmo sentido. Os valores de $N\text{-}NH_3$ encontrados em P2B foram superiores aos estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05.

Os valores de nitrato foram menores na estação chuvosa, provavelmente devido ao rápido carreamento da matéria orgânica para a drenagem, o que não ocorre no período de estiagem, promovendo estágios de oxidação mais avançados, o que também foi observado por Leal (2011). Todos os valores de nitrato atenderam aos limites da Resolução CONAMA 357/05, para rios de classe 2, que é de 10 mgL^{-1}.

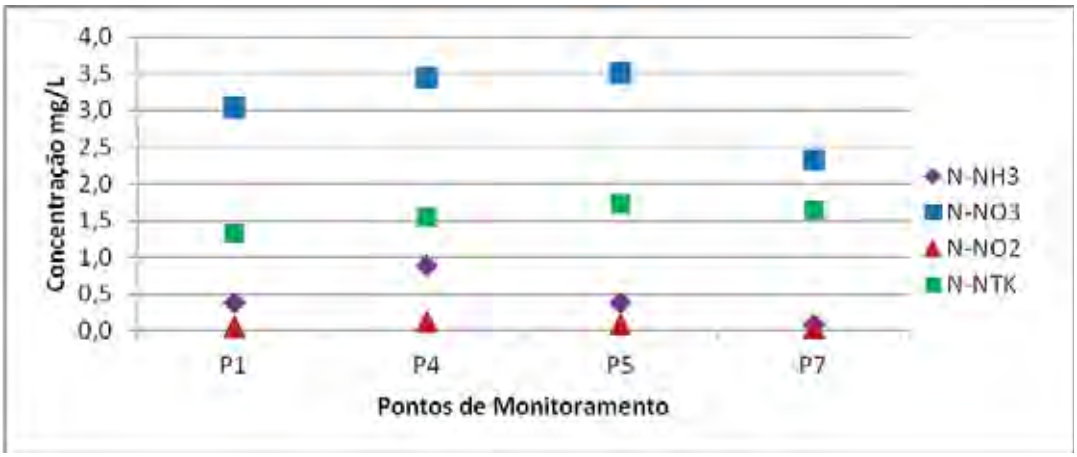

Figura 43 - Valores de $N\text{-}NH_3$, $N\text{-}NO_2$, $N\text{-}NO_3$ e N-NTK (mgL^{-1}) obtidos no período de estiagem, em pontos de monitoramento do Ribeirão Água Parada, Bauru (SP).

Os resultados de Nitrito indicaram ligeiro aumento no ponto P4 na estação de estiagem, o que pode estar relacionado à descarga de efluentes da ETE-Candeias, conforme indicaram os altos valores encontrados em P2B. Todos os valores de nitrito permaneceram abaixo de 1,0 mgL^{-1}, valor limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05.

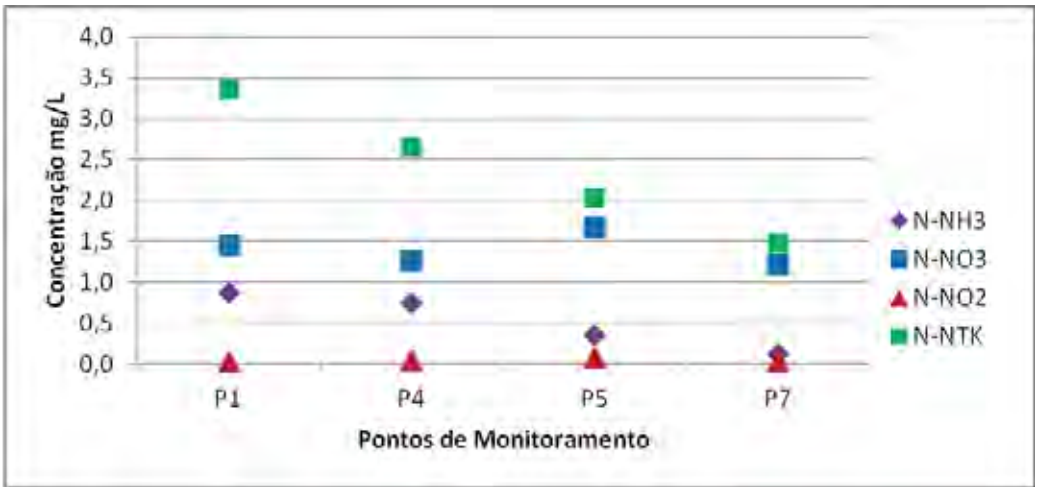

Figura 44 - Valores de $N\text{-}NH_3$, $N\text{-}NO_2$, $N\text{-}NO_3$ e N-NTK (mgL^{-1}) obtidos no período chuvoso, em pontos de monitoramento do Ribeirão Água Parada, Bauru (SP).

O Fósforo Total no Ribeirão Água Parada teve a mesma dinâmica observada nos períodos de alta pluviosidade e estiagem para outros elementos avaliados. No entanto, baixos valores no período chuvoso podem estar relacionados com a diluição. Os resultados indicam elevação da concentração do parâmetro em P4, devido ao recebimento de altas cargas de fósfoto total, provenientes das sub-bacias P2A, P2B e P3. Os altos valores em P5 pode ser devido à contribuição de P4 e à movimentação do solo no residencial de chácaras, pastagens e silvicultura. Todos os valores de Fósfoto Total permaneceram acima do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357, para rios de classe 2. A Figura 45 apresenta os valores de fósfoto total no Ribeirão Água Parada.

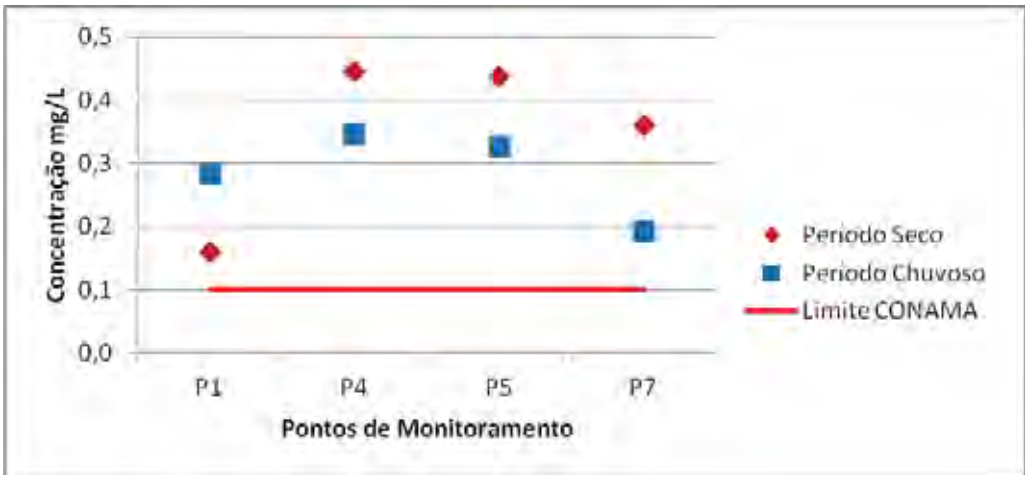

Figura 45 - Valores de Fósforo Total (mgL^{-1}) obtidos em diferentes pontos de monitoramento do Ribeirão Água Parada nos períodos seco e chuvoso e limite estabelecido pelo Resolução CONAMA 357/05.

A diferença sazonal na concentração de fosfato pode estar correlato com a atividade agrícola na bacia e fontes pontuais de poluição. O carreamento de fosfato pela chuva promoveu aumento das concentrações do parâmetro em todos os pontos, resultado do aporte de águas de áreas de pastagens e de plantações de eucalipto. O pico de fosfato em P4 pode estar relacionado às descargas de efluentes provenientes da ETE-Candeias, conforme resultados de P2B. A Figura 46 apresenta valores de fosfato obtidos no Ribeirão Água Parada.

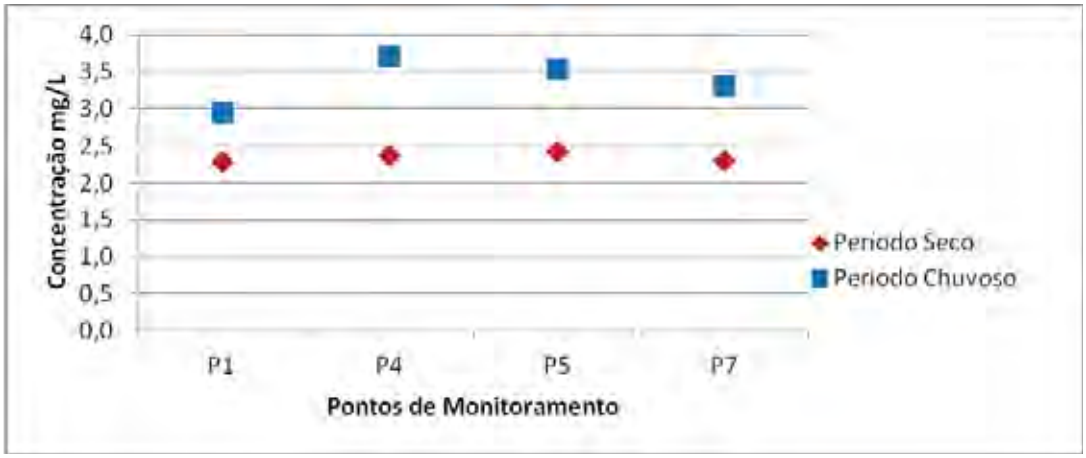

Figura 46 - Valores de Fosfato (mgL^{-1}) obtidos nos diversos pontos de monitoramento do Ribeirão Água Parada, Bauru (SP).

As concentrações de sólidos totais (ST), fixos (SF) e voláteis(SV) foram menores no período chuvoso, provavelmente devido ao fenômeno da diluição. No entanto, nas duas estações foram encontrados altos valores em P1, provavelmente devido ao impacto da zona urbana e das fontes pontuais de poluição, CDP e IPA. Os picos de SF em P5 também podem estar relacionados às atividades desenvolvidas na sub-bacia, como a suinocultura de pequeno porte, as granjas, as plantações de hotaliças, as pastagens e a silviculturas. As Figura 47 e a Figura 48 apresentam os valores de ST, SF e SV nos períodos de estiagem e chuvoso, respectivamente.

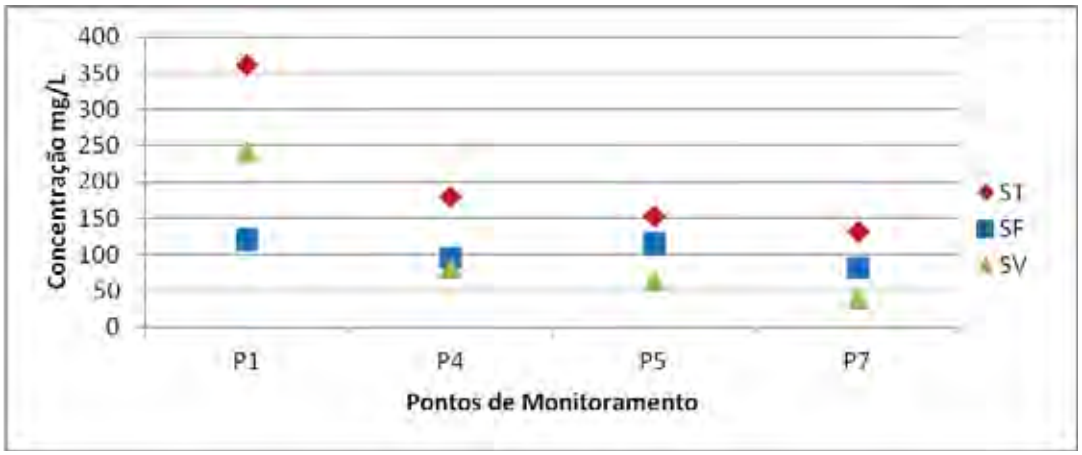

Figura 47 - Valores de ST, SF e SV (mgL^{-1}) obtidos nos pontos de monitoramento no período de estiagem, do Ribeirão Água Parada, Bauru (SP).

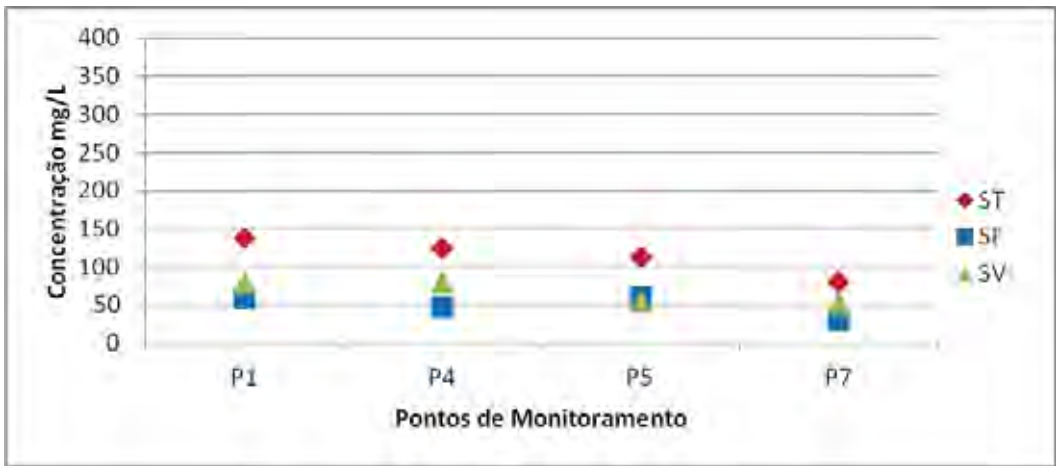

Figura 48 - Valores de ST, SF e SV (mgL^{-1}) obtidos nos pontos de monitoramento no período chuvoso, do Ribeirão Água Parada, Bauru (SP).

Os resultados de Sólidos Totais Dissolvidos (STD) confirmam o impacto causado pelo lançamento de efluentes proveniente do CDP e do IPA na sub-bacia do ponto P1 e o agravamento da qualidade da água no ponto P4, devido à descarga de efluentes da ETE-Candeias, conforme valores encontrados em P2B. Todos os valores foram inferiores à 500 mgL^{-1} e atenderam a Resolução CONAMA 357/05, para rios de classe 2. Os valores de condutividade elétrica tiveram dinâmica similar a dos STD. Os resultados dos STD podem observados na Figura 49Figura 49 e os valores da condutividade elétrica na Figura 50.

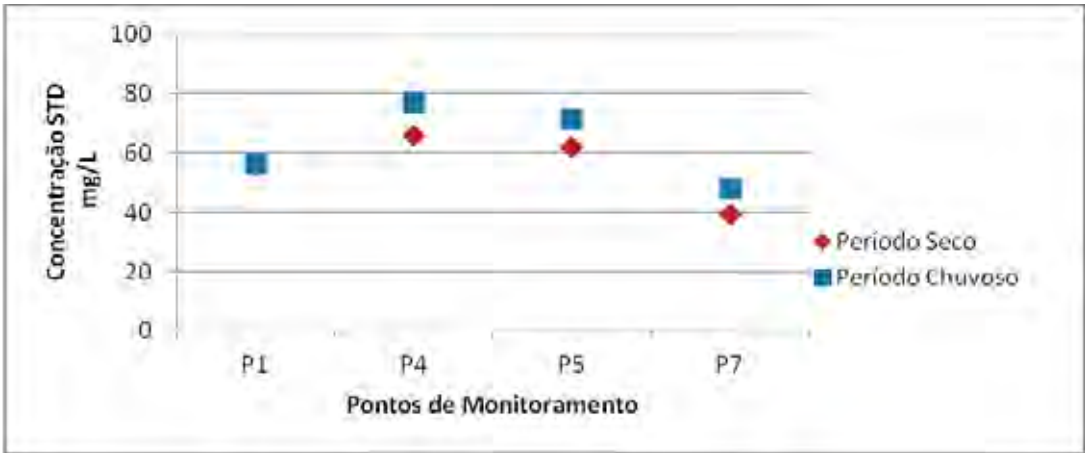

Figura 49 - Valores de STD (mgL^{-1}) obtidos nos pontos de monitoramento, nos períodos de estiagem e chuvoso, do Ribeirão Água Parada, Bauru (SP).

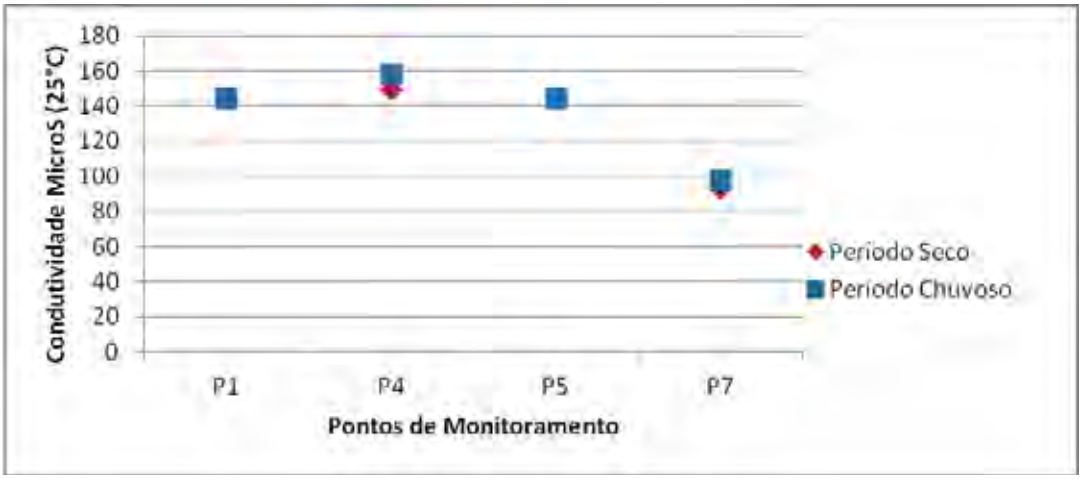

Figura 50 - Valores de Condutividade (μScm^{-1}) obtidos nos pontos de monitoramento, nos períodos de estiagem e chuvoso, do Ribeirão Água Parada, Bauru (SP).

Os sistemas penitenciários e a ETE exercem forte influência na degradação da qualidade da água na áreas de cabeceiras estudadas. Nas regiões de nascentes, à montante de P1 os impactos ocorrem pela descarga de efluentes do CDP e IPA. Em adição, o ponto P4 recebe efluentes do CP e ETE-Candeias. Os altos valores de DBO, DQO, cloretos, alcalinidade, dureza, ST, SF, SV, STD e condutividade e os baixos valores de OD comprovam este impacto. A queda de OD no ponto P4 destaca-o como o ponto mais crítico do Ribeirão Água Parada e os altos valores de pH, alcalinidade, DBO, DQO, cloretos, dureza, condutividade elétrica, N-NH_3 e fósforo total destaca a sub-bacia P2B como a mais crítica no quadro de poluição. Efeitos acumulativos de cargas poluidoras difusas provenientes de chácaras, pastagens e áreas de reflorestamento, em adição aos impactos prévios urbanos, são evidenciados a partir do ponto P4. A distribuição da DBO, DQO, fosfato e nitrato ao longo do percurso, traz uma preocupação quanto à influência de fontes dispersas de matéria orgânica, relacionadas basicamente às atividades agropastoris, uma vez que, a partir do ponto P4, predomina a ocupação rural. A elevação das taxas de DBO e DQO também são indicadores importantes deste fenômeno. Observando a distribuição do uso e ocupação do solo na Figura 29, verifica-se o predomínio de áreas de pastagem nessa região, podendo ser a pecuária extensiva o fator responsável pela elevação desses parâmetros

5.3.3 Parâmetros Biológicos

A Tabela 15 apresenta a média e o desvio padrão dos valores dos parâmetros biológicos analisados nas 5 sub-bacias contribuintes do Ribeirão Água Parada e os limites estabelecidos para cada parâmetro segundo a Resolução CONAMA 357/05, para rios de classe 2. O valor médio de *Escherichia coli* foi superior aos limites da Resolução em todos os tributários. Tabela contendo a média e o desvio padrão dos parâmetros biológicos dos pontos monitorados no Ribeirão Água Parada encontra-se em anexo. Valores de desvio padrão foram maiores no período chuvoso.

Os valores de Coliformes Totais (CT) tiveram comportamento semelhante na estiagem e período chuvoso. No entanto, o aumento de CT no período chuvoso indica que há carreamento de microrganismos presentes no solo. O pico em P7 na estação chuvosa pode estar relacionado à presença de animais próximo aos locais de coleta. Nas duas

estações, os valores encontrados em P1 podem estar relacionados à proximidade à zona urbana. Dentre os tributários, os valores de CT foram mais elevados em P2B, no período chuvoso e na estiagem, devido aos efluentes provenientes da ETE municipal, no entanto, valores de CT foram inexpressivos no ponto P4. A Figura 51 ilustra os resultados de CT obtidos em diferentes pontos de monitoramento no Ribeirão Água Parada.

Tabela 15 - Parâmetros indicadores da qualidade biológica da água nos tributários do Ribeirão Água Parada comparados aos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 para corpos de água de classe 2.

Parâmetro	P2A		P2B		P3		P6		P8		R. CONAMA 357/05
	Estações do Ano										
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
Coliformes Totais (NMP 100mL)	5,0E+05	1,1E+05	1,1E+07	8,5E+06	1,8E+06	1,7E+05	8,2E+05	4,9E+05	1,6E+06	5,1E+05	-
Desvio Padrão	3,3E+05	6,6E+04	8,2E+06	1,1E+07	1,7E+06	1,5E+05	7,0E+05	5,6E+05	1,8E+06	6,0E+05	
Escherichia coli (NMP 100mL)	**3,7E+03**	**1,9E+03**	**1,7E+06**	**4,1E+05**	**6,2E+03**	**3,0E+03**	**6,7E+03**	**3,6E+03**	**7,8E+03**	**4,1E+03**	1,0E+03, em no mínimo 80% das amostras bimestrais, totalizando 1 ano de amostragem
Desvio Padrão	3,0E+03	3,0E+03	3,6E+06	5,9E+05	5,2E+03	3,2E+03	8,8E+03	5,2E+03	1,1E+04	3,1E+03	

NMP = Número Mais Provável

P2A = Córrego São Luiz;

P2B = Córrego Pau d'Alho;

P3 = Córrego Gabiroba;

P6 = Córrego da Figueira;

P8 = Ribeirão Água Parada de Baixo;

Estações do ano: 1 = Chuvosa e 2 = Seca;

Os valores em realçados não estão de acordo com limites da Resolução CONAMA 357/05 para corpos de água de classe 2.

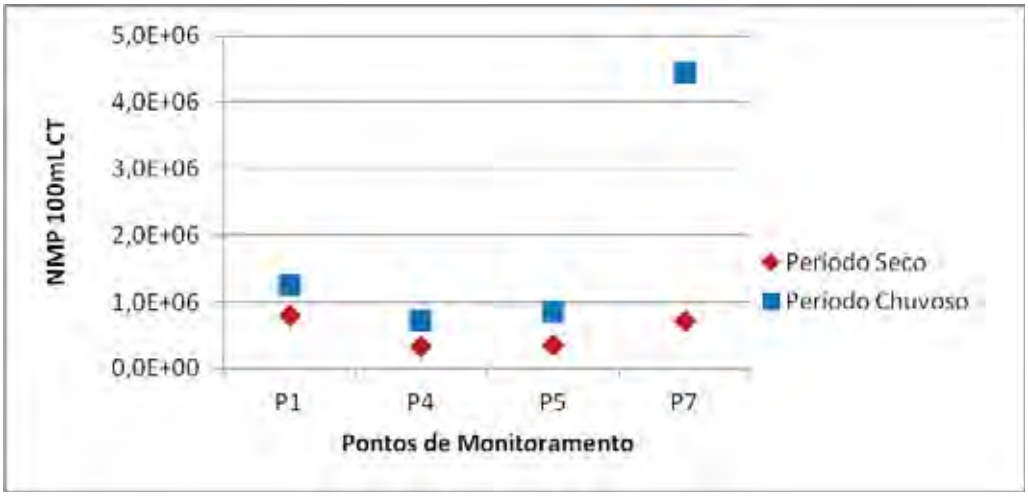

Figura 51 - Valores de CT (NMP) obtidos nos diversos pontos de monitoramento no período de estiagem e chuvoso do Ribeirão Água Parada, Bauru (SP).

Embora os valores de Coliformes Totais (CT) tenham aumentado no período chuvoso, os de *Escherichia coli* a partir de P1diminuiram. Na estiagem, valores críticos foram atingidos a partir de P4. O parâmetro pode indicar poluição por esgotos domésticos e ilustrar a potencialidade que o manancial possui em veicular doenças, conforme observado por Von Sperling (1996). O que explica o aumento de *E. coli* no ponto P4, devido ao recebimento de efluentes provenientes da ETE municipal. O que pode ser confirmado pelos altos valores de *E.coli* no ponto P2B (Tabela 15). No entanto, o aumento de *E.coli* em P5 e P7 pode estar relacionado às atividades agropastoris. Pastagens com solos degradados podem contribuir com a entrada de *E. coli* no manancial, pela presença de animais de sangue quente e carreamento do solo. No período chuvoso, não foi possível observar essa correlação devido, principalmente, à diluição. Todos os valores estão em desacordo com a Resolução, com exceção do ponto P1, no período de estiagem (CONAMA, 2005). A Figura 52 apresenta os valores de *E. coli* obtidos em diferentes pontos de monitoramento do Ribeirão Água Parada.

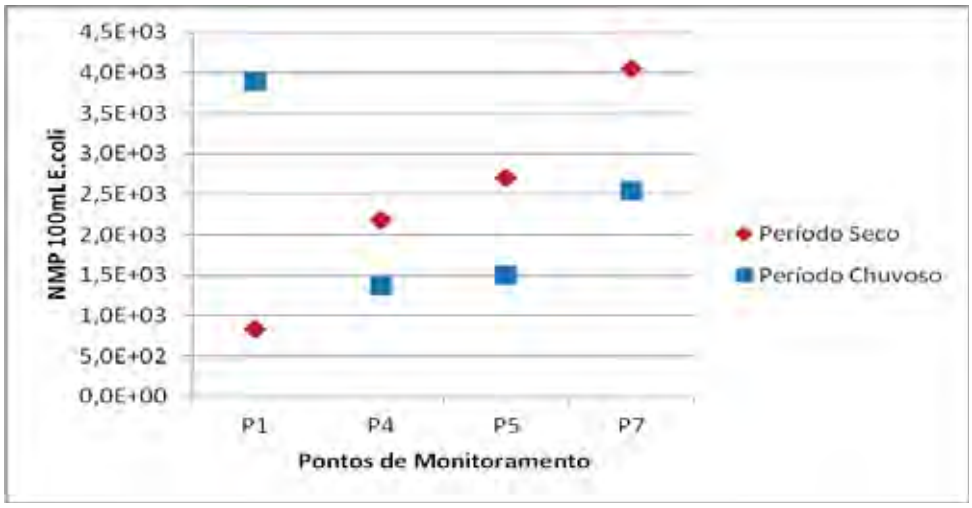

Figura 52 - Valores de *Escherichia coli* (NMP) obtidos nos diversos pontos de monitoramento nos períodos de estiagem e chuvoso do Ribeirão Água Parada, Bauru (SP).

O não enquadramento do Ribeirão Água Parada nos padrões de qualidade biológica da água, propostos pela Resolução CONAMA 357/05, para rios de classe 2, potencializa os riscos que esse manancial promove à saúde pública. A alta possibilidade de transmissão de doenças é indicada pelos elevados valores de CF, que refletem diretamente a dinâmica das fontes poluidoras na bacia hidrográfica. A tendência na elevação no NMP para CF, sem que haja contribuição de esgotos domésticos, permite relacioná-lo com os efeitos acumulativos de cargas poluidoras difusas, provenientes de chácaras, pastagens e áreas de reflorestamento, evidenciadas a partir do ponto P4. O não enquadramento nos padrões de qualidade pode inviabilizar o uso deste manancial como fonte de abastecimento público.

5.4 Índice de Qualidade da Água (IQA)

O Índice de Qualidade da Água (IQA) determinado para cada ponto de monitoramento é apresentado nas Tabelas 16 e 17.

Tabela 16 - Qualidade da água nos períodos de estiagem e chuvoso nos pontos de monitoramento no Ribeirão Água Parada, com base no IQA proposto pela CETESB.

Pontos de Monitoramento	IQA Período Estiagem	Qualidade Período Estiagem	IQA Período Chuvoso	Qualidade Período Chuvoso
P1	70	Boa	64	Boa
P4	61	Boa	62	Boa
P5	72	Boa	62	Boa
P7	76	Boa	67	Boa

Altitudes em metros: P1 (478), P4 (461), P5 (452) e P7 (442).

O cálculo do IQA realizado nos mananciais aponta maior degradação da qualidade das águas no ponto 2B, correspondente ao córrego Pau d'Alho (Tabela 17). Neste ponto, a qualidade das águas é afetada pela fonte pontual de poluição, ETE-Candeias. É importante ressaltar que os índices possuem caráter reducionistas, uma vez que vários parâmetros de qualidade são convertidos em uma única nota, podendo mascarar a multiplicidade das condições que ocorrem em um corpo d'água (VON SPERLING, 2007). Deta forma, fontes de poluição pontuais provenientes dos complexos penitenciários e difusas não foram expressivas no IQA.

Tabela 17 - Qualidade da água nos períodos de estiagem e chuvoso nos tributários do Ribeirão Água Parada, com base no IQA proposto pela CESTESB.

Tributários	IQA Período Seco	Qualidade Período Seco	Qualidade Período Chuvoso	Qualidade Período Chuvoso
P2A	59	Boa	74	Boa
P2B	42	Regular	49	Regular
P3	77	Boa	74	Boa
P6	79	Boa	77	Boa
P8	77	Boa	76	Boa

P2A = Córrego São Luiz;
P2B = Córrego Pau d'Alho;
P3 = Córrego Gabiroba;
P6 = Córrego da Figueira;
P8 = Ribeirão Água Parada de Baixo;
Altitudes em metros: P2A (477); P2B (480); P3 (476); P6 (452) e P8 (438).

5.5 Modelagem da Qualidade da Água

O modelo Streeter e Phelps aplicado às águas do Ribeirão Água Parada permitiu obter os perfis de DBO e OD ao longo do manancial, de forma que, foi possível observar a

estreita relação entre a entrada de matéria orgânica, proveniente de fontes poluidoras difusas e pontuais, e reaeração do corpo d'água.

Para a aplicação do modelo utilizou-se os seguintes dados de entrada: vazão (Q) do rio, a montante dos tributários; vazão (Q) dos tributários; OD e DBO_5 no rio, a montante do tributário; OD e DBO_5 nos tributários; coeficiente de desoxigenação (K1); coeficiente de decomposição (Kd); coeficiente de reaeração (K2); velocidade de percurso do rio (v); temperatura do líquido (T); e concentração de saturação de OD (Cs). Os resultados de Q, OD, DBO_5, v, T e Cs estão apresentados em tabelas, referente ao mês de julho, em Anexo. Os valores de K1, Kd e K2 são apresentados na Tabela 18, para o mesmo mês.

Tabela 18 - Coeficientes de decomposição (Kd), reaeração (K2) e desoxigenação (K1) obtidos nos trechos modelados do Ribeirão Água Parada no mês de julho.

Coeficientes	**Trechos**					
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
Kd (dia^{-1})	0,55	0,61	0,42	0,98	1,11	0,4
K2 (dia^{-1})	4,57	4,82	1,44	0,58	8,20	1,44
K1 (dia^{-1})	0,81	0,89	0,88	0,85	0,91	0,88

Inicialmente, valores de DBO e OD observados no ponto P1 foram inseridos ao modelo e valores de Kd e K2 foram calculados (através das equações 5 e 6) em todos os trechos. Posteriormente, realizou-se a calibração do modelo com a inserção dos dados observados nos pontos P4, P56K e P7. A calibração com os dados observados permitiu, através de análise de sensibilidade, obter valores ajustados dos coeficientes Kd e K2 para os trechos 4, 5 e 6. Com a calibração do modelo e o ajuste dos coeficientes Kd e K2 foi possível obter os perfis de DBO e OD para o mês estudado.

Em acréscimo, foi incorporada ao modelo a carga de DBO proveniente de fontes difusas de poluição, devido, principalmente, à defecação de animais. O cálculo baseou-se na multiplicação entre o número estimado de gado em cada trecho estudado (Notícias do Campo, 2012) pela carga de DBO proveniente da pecuária (de 0,045 a 0,45kg/animal/dia) (USEPA, 1975) pela carga estimada de DBO que atinge o manancial (de 1,58%) (UCCE, 1999). Considerou-se a distribuição volumétrica da carga de DBO, proveniente da pecuária, uniforme nos trechos estudados.

Assim, os perfis de OD e DBO ajustados ao modelo de Streeter e Phelps mostraram-se correlacionados às fontes pontuais e difusas de poluição. (Figura 53). Os trecho 2 e 3 obtiveram altos valores de DBO (total) e redução considerável nos níveis de OD no trecho 4, o que ilustra os impactos causados pelas fontes pontuais de poluição, provenientes da ETE municipal e CP. Nos trechos 5 e 6 há predomínio das fontes difusas de poluição (DBO pecuária) provenientes das sub-bacias P5, P6 e P7.

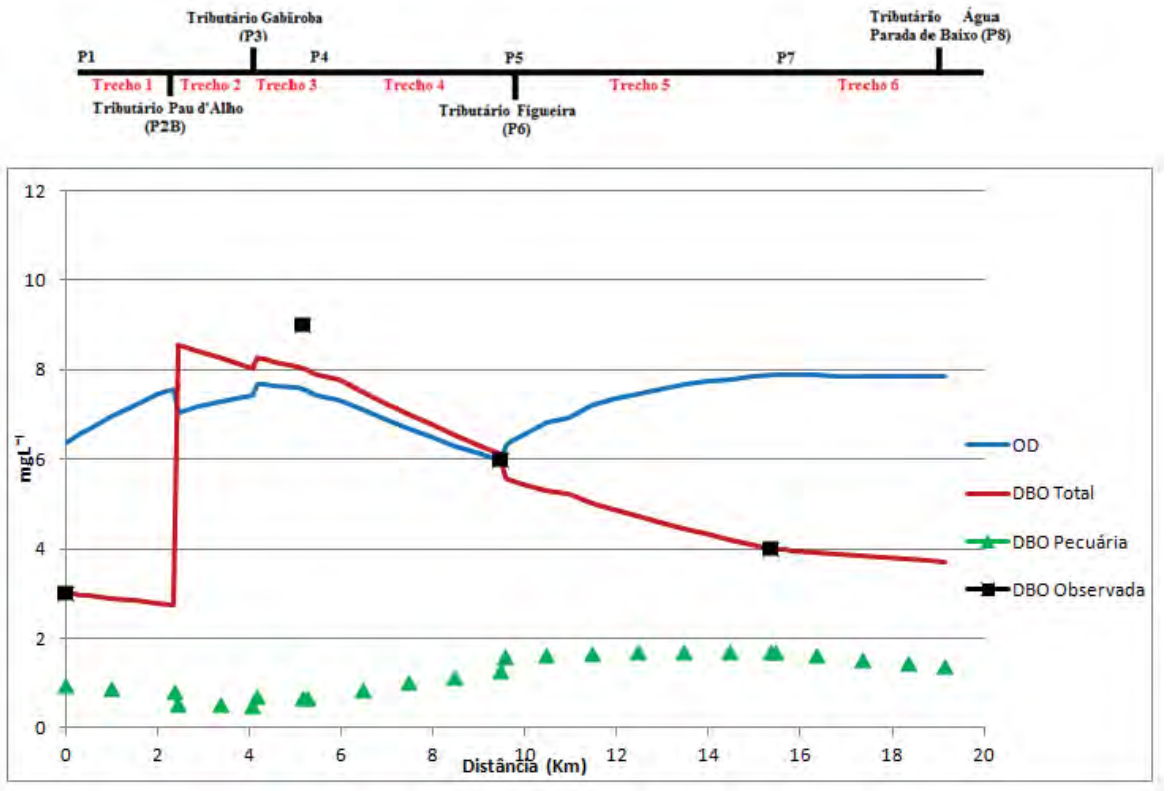

Figura 53 - Modelagem da qualidade da água no rio principal, concentrações de DBO e OD.

A modelagem da qualidade da água superficial do Ribeirão Água Parada, representando a media dos períodos de estiagem e chuvoso, não se ajustaram ao modelo Streeter a Phelps a partir do ponto P5 (trechos 5 e 6). Nestes trechos, ocorre contribuição de tributários que não foram monitorados. Conclui-se que os dados obtidos não foram suficientes para obtenção das curvas consistentes de OD, DBO Total e DBO Pecuária. As Figuras 55 e 56 apresentam a modelagem com base na média dos parâmetros realizada no período de estiagem e chuvoso, respectivamente.

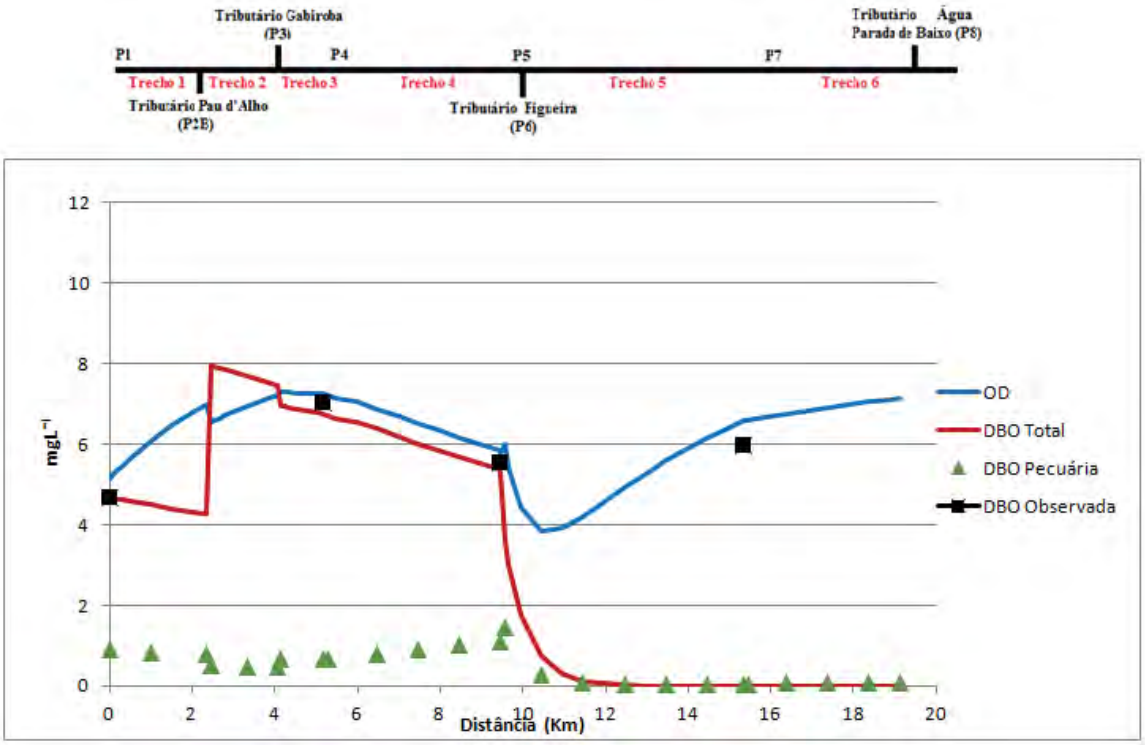

Figura 54 – Modelagem da qualidade da água no rio principal, no período de estiagem, concentrações de DBO e OD.

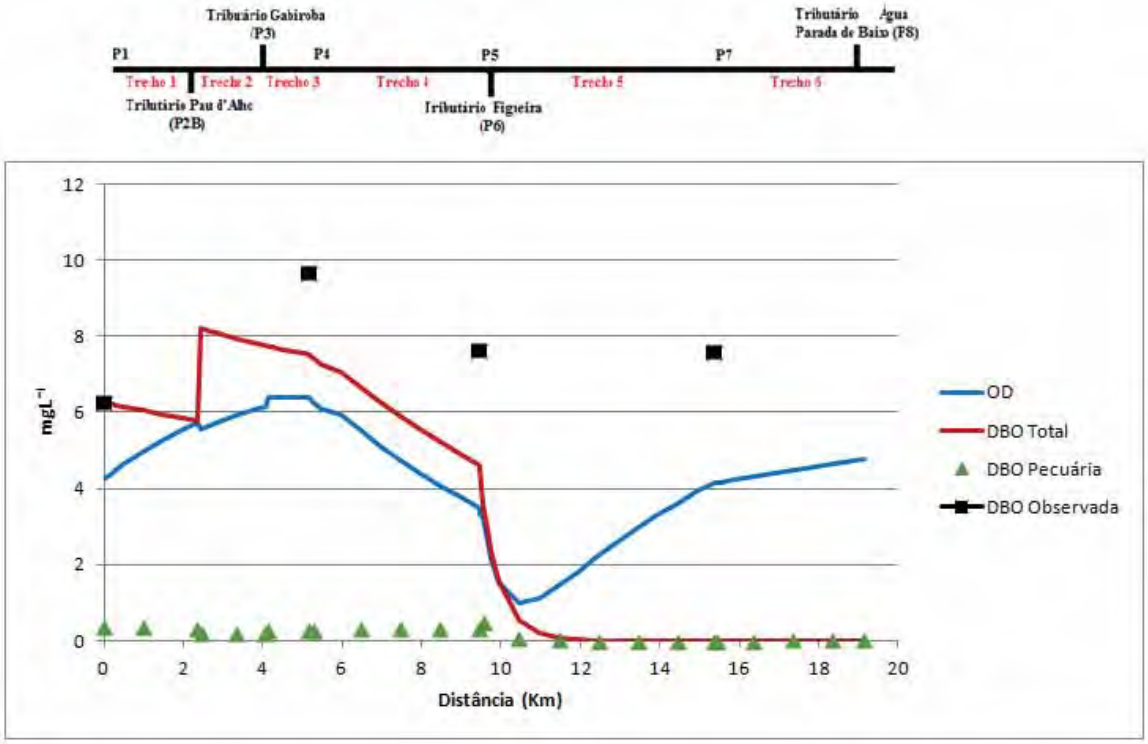

Figura 55 – Modelagem da qualidade da água no rio principal, no período chuvoso, concentrações de DBO e OD.

6 CONCLUSÕES

- A caracterização do meio físico e levantamento do uso do solo permitiu identificar que fontes pontuais de poluição predominam na região de cabeceira da bacia hidrográfica, pela contribuição de esgoto doméstico advindos de áreas urbanizadas, com indústrias e complexos penitenciários (CP). Fontes difusas predominam no médio e no final do percurso da drenagem principal devido às atividades agropastoris.
- A qualidade da água é diretamente influenciada pelo uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica. Regiões de nascentes à montante de P1 são impactadas pelos efluentes do Centro de Detenção Provisória e Centro de Progressão Penitenciária (antigo IPA). Em adição, P4 recebe efluentes do CP e ETE municipal. Os valores mais elevados de DBO, DQO, cloretos, alcalinidade, dureza, sólidos totais, sólidos fixos, sólidos voláteis, sólidos totais dissolvidos e de condutividade elétrica e baixos valores de oxigênio dissolvido comprovam o impacto. Efeitos acumulativos de cargas poluidoras dispersas por chácaras, pastagens e culturas, em adição aos impactos prévios urbanos, são evidenciados a partir do ponto P4. O aumento das taxas de DBO, DQO, e a elevação dos valores de DBO, DQO, nitrato, fosfato e coliformes fecais evidenciaram os efeitos.
- A sub-bacia do Córrego Pau d'Alho (ponto P2B), receptora dos efluentes da ETE municipal, é a mais crítica em relação à poluição. Consequentemente, o ponto P4 se torna o ponto mais impactado no Ribeirão Água Parada.
- O Índice de Qualidade da Água (IQA) apontou águas de boa qualidade em todos os pontos monitorados no Ribeirão Água Parada. Neste aspecto, ainda é possível utilizar as águas deste manancial para o abastecimento público. O Córrego Pau d'Alho (ponto P2B) já se encontra com águas de qualidade regular.
- Variações dos parâmetros qualitativos oxigênio dissolvido e DBO ajustados ao modelo de Streeter-Phelps, no Ribeirão Água Parada, mostraram-se correlacionadas ao tipo de uso e ocupação do solo nas sub-bacias na estiagem. Não foi possível ajustar o modelo ao considerar as médias de DBO e OD observadas nos

períodos, estiagem e chuvoso, após o ponto P5, devido à falta de dados provenientes dos tributários não monitorados entre os trecho 5 e 6.

- Valores de vazão foram maiores no período de alta pluviosidade e em regiões de baixo percurso. A metodologia utilizada permitiu obter coerentes estimativas de vazão. Os pontos P2A e P2B não foram amostrados porque não foi possível definir a seção do leito, devido ao leito do corpo d'água estar tomado por vegetação (P2A) e estar demasiadamente assoreado (P2B). No ponto P3 as amostragens foram incompletas devido às ramificações ocorrentes no leito, por conta do assoreamento. Embora a bacia seja relativamente plana, problemas de assoreamento foram vistos em todos os pontos monitorados, devido à exploração indevida de áreas de proteção permanente, às atividades agrícolas e pastagens com solos degradados.
- Em princípio, com base no IQA e estimativas de vazão, o melhor local para se instalar uma Estação de Tratamento de Água (ETA) no Ribeirão Água Parada seria após a contribuição do Córrego Água Parada de Baixo. Esta sub-bacia apresenta grande área de drenagem o que contribuiria com altos valores de vazão no manancial principal, além de apresentar água de boa qualidade para o abastecimento público.
- Enfim, este trabalho permite contribuir com a dinâmica regional de estudos dos recursos hídricos, auxiliar na definição do Plano Diretor municipal e subsidiar projetos de planejamento e de gerenciamento que visem conciliar qualidade no fornecimento de água, aumento da demanda e ações de revitalização e proteção dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do Ribeirão Água Parada.

7 RECOMENDAÇÕES

Recomenda-se o contínuo monitoramento da qualidade da água nos principais pontos de amostragem do Ribeirão Água Parada, com a construção de uma série histórica de dados, que possibilite averiguar as possíveis mudanças no Índice de Qualidade da Água (IQA). Como continuidade deste estudo, recomenda-se avaliar a qualidade do sedimento no Ribeirão Água Parada e, principalmente, nos tributários que recebem efluentes da Estação de Tratamento de Esgoto municipal e Complexos Penitenciários, a fim de quantificar possíveis traços de metais pesados. Sugere-se ainda que, a modelagem da qualidade da água no corpo principal seja aperfeiçoada com a criação de outros pontos de monitoramento entre os trechos 5 e 6, e seus tributários. Por último, não menos importante, recomenda-se que decisões sejam tomadas em relação aos inadequados usos e ocupação do solo em áreas de preservação permanente, a fim de promover ações de contenção do assoreamento e revitalização de toda bacia hidrográfica. Uma alternativa seria incentivar a preservação ambiental através de pagamentos por serviços ambientais aos responsáveis pelas terras, para que venham se adequar à legislação vigente e, consequentemente, diminuir as pressões das atividades agropastoris sobre os recursos hídricos.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA. **A evolução dos Recursos Hídricos no Brasil / The evolution of water resources management in Brazil.** Brasília: ANA, 2002.

ANA. **Panorama da qualidade das águas no Brasil**. Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos. Brasília, p. 176. 2005.

ANA. **GEO Brasil: recursos hídricos: componente da série de relatórios sobre o estado e as perspectivas do meio ambiente no Brasil**. Ministério do Meio Ambiente; Agência Nacional de Águas; Programa das Nações Unidaqs para o Meio Ambiente. Brasília, p. 264. 2007.

ANA. **Diagnóstico da outorga de direito de uso de recursos hídricos no Brasil, e, Fiscalização dos usos de recursos hídricos no Brasil**. Brasília: ANA, 2007a.

APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard Methods fo the examinatio of Water and Wastewater**. 21ª Edição. ed. [S.l.]: Baltimore, 2005.

BAKER, A. Land Use and Water Quality. **Hidrological Processes**, NewCastle - UK, Maio 2003. 2499-2501.

BATALHA, R. M. P. **Expectativa de risco de degradação dos recursos hídricos da bacia do Rio Jundiaí Mirim.** Dissertação de mestrado, Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade de Campinas. Campinas, p. 90. 2006.

BAURU. **Lei 5631, de 22 de gosto de 2008. Instiui o Plano Diretor Participativo do Município de Bauru**. Bauru. 2008.

BIOTA. Biota FAPESP - Sub-bacias hidrográficas do Estado de São Paulo. **Biota FAPESP**. Disponivel em: <http://www.biota.org.br/info/saopaulo/bacias/>. Acesso em: 19 Abril 2011.

BOURLAG, N. Feeding a Hungry World. **Sciense**, v. 318, p. 359, 0ctober 2007.

BRAGA, B. et al. **Introdução à Engenharia Ambiental**. São Paulo: Prentice Hall, 2002.

CETESB. Águas Subterrâneas. **CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo**, 2011a. Disponivel em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/Qualidade-da-?gua-Subterr?nea/11-Bauru>. Acesso em: 16 Janeiro 2012.

CETESB. Águas Sbterrâneas. **CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo**, 2011b. Disponivel em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/Qualidade-da-?gua-Subterr?nea/63-Guarani>. Acesso em: 16 Janeiro 2012.

CHAPMAN, D. **Water Quality Assessments**. [S.l.]: E & FN SPON, 1996.

CHAPRA, S. C. **Surface Water Quality Modeling**. [S.l.]: Waveland Press, Inc, 1997.

CONAMA – CONSELHO Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA Nº357**, de 17 março 2005. Brasília, 2005.

CORRÊA, A. **BBC Brasil**, 2009. Disponivel em: <www.bbc.co.uk/portuguese/noticias/2009/03/090331_brasil_agricultura_ac.shtml>. Acesso em: 30 abril 2010.

CRANE, P.; KINZIG, A. Nature in the Metropolis. **Science**, v. 308, p. 1225, May 2005.

CURY, J. F. **A gestão integrada das bacias hidrográficas: a abertura de uma oportunidade para o desenvolvimento sustentável do Alto Paranapanema (1994-2004).** Tese de doutorado, faculdade de arquitetura e urbanismo, Universidade de São Paulo. São Paulo. 2005.

DAE. **Modelagem matemática de fluxo das águas subterrâneas**. Departamento de Água e Esgoto do Município de Bauru. Bauru, p. 36. 2001.

DAE. Síntese da história do abastecimento de água em Bauru. **Departamento de Água e Esgoto de Bauru**. Disponivel em: <http://www.daebauru.sp.gov.br/site2006/empresa/historia.htm>. Acesso em: 21 Janeiro 2012.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. 2ª Edição. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1992.

FIGUEIREDO, J. C.; PAZ, R. D. S. **Nova Classificação Climática e o Aspecto Climatológico da Cidade de Bauru/São Paulo**. XVI Congresso de Meteorologia em Belém PA. Belém: [s.n.]. 2010.

GLEICK, P. H. Water use. **Annual Review Environmental Resources**, v. 28, p. 275-314, July 2003.

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Gestão das Águas:** 6 anos de percurso. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos, Saneamento e Obras., 1997.

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Plano Estadual de Recursos Hídricos: 2004/2007, Resumo.** Governo do Estado de São Paulo, Conselho Nacional de Recursos Hídricos, DAEE. [S.l.], p. 92. 2006.

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Caderno Síntese - Plano da Bacia Hidrográfica - Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos - UGRHI 16 - Tietê/Batalha.** Governo do Estado de São Paulo. [S.l.], p. 62. 2008.

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Plano de Manejo da Estação Ecológica de Bauru**. Governo do Estado de São Paulo. [S.l.], p. 200. 2010.

IBGE. **IBGE Cidades**, 2010. Disponivel em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/link.php?uf=sp>. Acesso em: 27 Dezembro 2011.

IBGE. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico**. IBGE. Rio de Janeiro. 2010a. (978-85-240-4135-8).

IBGE. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro. 2010b. (978-85-240-4135-8).

JACOBI, P. R.; BARBI, F. Democracia e participação na gestão dos recursos hídricos no Brasil. **Rev. Kátal. Florianópolis**, v. 10, n. 2, p. 237-244, Julho 2007.

LEAL, K. R. D. **Análise Ambiental de um Aterro Sanitário e sua Influência Relativa sobre a Qualidade das Águas Superficiais do Entorno**. UNESP. Bauru, p. 114. 2011.

MONDELLI, G. **Integração de diferentes técnicas de investigação para a avaliação da poluição e contaminação de uma área de disposição de resíduos sólidos urbanos.** Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos-SP, p. 392. 2008.

MORAES, R. C. D. **Reenquadramento e Plano de Recursos Hídricos: Estudo de caso das bacias PCJ.** Dissertação mestrado, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas. Campinas, p. 199. 2009.

NAS, S. S. et al. Effects of some water quality parameters on the dissolved oxygen balanceos streams. **Polish J. of Environ. Stud.**, v. 17, p. 531-538, February 2008.

NETO, E. D. **Gestão integrada de recursos hídricos: saneamento básico na área metropolitana da sub-bacia do rio Atibaia.** Dissertação mestrado Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências. Campinas, p. 154. 2005.

OKI, T.; KANAE, S. Global Hydrological cycles and world water resources. **Science**, v. 13, p. 1068-1072, August 2006.

OLMSTEAD, S. M. The economics of manangins scarse water resources. **Review of Environmental Economics and Policy**, v. 4, n. 2, p. 179-198, June 2010.

PIMENTEL, D. et al. Water resources: agricultural and environmental issues. **BioScience**, v. 54, p. 909-918, 2004.

PORTO, M. F. A.; PORTO, R. L. L. Gestão de bacias hidrográficas. **63**, São Paulo, v. 22, p. 43-60, 2008. ISSN 0103-4014.

RICHTER, C. A.; NETTO, J. M. D. A. **Tratamento de Água - Tecnologia atualizada**. ISBN 85-212-0053-6. ed. São Paulo: Blucher, 1991.

SETTI, A. A. et al. **Introdução ao Gerenciamento de Recursos Hídricos**. 2ª Edição. ed. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas, 2001.

SHERBININ, A. D. et al. Populations and Environmental. **Annual Review Environmental Resouces**, v. 32, p. 345-373, July 2007.

SILVA, A. M. M. D.; SACOMANI, L. B. Using chemical and physical parameters to define the quality of Pardo River water (Botucatu-SP-Brazil). **Wat. Res.**, v. 35, p. 1609-1616, 2001. ISSN PII:S0043-1354(00)00415-2.

SOARES, S. I. D. O. **A mediação de conflitos na gestão de Recursos Hídricos no Brasil.** Dissertação de mestrado, apresentado à Pós-Graduação em Ciência Ambiental - PROCAM/USP. São Paulo, p. 160. 2008.

SUIDEDOS, C. **Fluxi de resíduos interbacias: expectativa de risco para os recursos hídricos do Rio Jundiaí.** dissertação de mestrado apresentado à Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas. Campinas, p. 98. 2009.

UCCE. **Manure loading into streams from direct fecal deposits.** University of California Cooperative Extension. [S.l.]. 1999.

USEPA. **Analysis of nonpoint-source pollutants in the Missouri Basin region.** Office of Research and Development. Washington D.C., p. 59. 1975.

VON SPERLING, M. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos**. 2ª Edição. ed. Belo Horizonte: DESA, UFMG, 1996.

VON SPERLING, M. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios.** 1ª Edição. ed. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, v. 7, 2007.

9 ANEXOS

Resultados das análises laboratoriais.

MAIO -2011										
Parâmetros	**Unidade**	**1**	**2ª**	**2B**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
Data		26/mai	26/mai	26/mai	26/mai	26/mai	26/mai	26/mai	26/mai	26/mai
Hora da Coleta		09:06	15:18	15:28	09:50	10:25	14:10	14:00	11:55	11:10
Chuva 24 horas		n	N	N	n	n	n	n	n	n
Temperatura Amostra	ºC	17	18,8	24,8	18	17,9	19,6	21	18,7	18,8
Temperatura Ambiente	ºC	23	30	29,5	22,5	25	28,5	28,5	29,5	24,5
Cor Verdadeira	PtCo	50	20	50	57	42	70	54	59	30
Condutividade	μScm^{-1} 25ºC	127,6	104,5	291,1	83,2	128,4	117,6	63,1	86	51,2
pH	-	6,15	6,16	6,95	6,03	6,29	6,66	6,76	6,63	6,05
Turbidez	NTU	11,4	3,07	10,7	10,1	7,53	14,7	10,8	13,2	10,7
DBO5	mgL^{-1} O2	6	3	17	4	3	10	4	9	15
DQO	mgL^{-1} O2	8	5	26	5	6	18	10	15	36
Oxigênio Dissolvido	mgL^{-1} O2	5,36	5,9	6,47	7,8	5,89	6,15	6,39	6,57	6,89
Fosfato	mgL^{-1} PO4	2,12	2,69	4,5	2,27	2,21	2,76	2,81	2,5	2,11
Nitrogênio Amoniacal	mgL^{-1} NH3 - N	0,3	0,05	7,24	0,5	0,43	0,06	0,03	0,01	0,01
Nitrogênio Total	mgL^{-1} NTK	0,47	0,94	5,63	1,41	0,47	1,41	0,47	0,94	0,47
Nitrato	mgL^{-1} NO3 - N	3,2	0,8	3,4	2,6	2,8	3,4	1,5	1,9	1,3
Nitrito	mgL^{-1} NO2 - N	0,029	0,003	0,204	0,026	0,08	0,038	0,005	0,027	0,004
Sólidos Totais	mgL^{-1} ST	400	500	300	300	300	300	300	200	300
Sólidos Fixos	mgL^{-1} SF	200	200	200	200	200	200	200	100	200
Sólidos Voláteis	mgL^{-1} SV	200	300	100	100	100	100	100	100	100
Sólidos Totais Dissolvidos	mgL^{-1}	63	51	143	41	63	58	31	42	25
Alcalinidade	mgL^{-1}	50,88	46,64	106	29,68	50,88	46,64	29,68	33,92	21,2
Cloretos	mgL^{-1}	8,26	6,318	17,982	8,262	7,29	8,262	3,402	5,346	4,374
Dureza	mgL^{-1}	68	60	80	34	50	54	34	34	28
Fósforo Total	mgL^{-1}	0,07	0,06	0,04	0,04	0,1	0,08	0,09	0,1	0,06
Coliformes Totais	$NMP100ml^{-1}$	3,0E+05	1,6E+05	9,0E+06	3,0E+05	9,0E+05	5,0E+05	2,4E+05	9,0E+05	3,0E+05
Escherichia coli	$NMP100ml^{-1}$	1,7E+03	8,0E+02	1,7E+05	4,0E+02	2,0E+03	5,0E+03	3,0E+03	3,0E+03	5,0E+03

JUNHO – 2011										
Parâmetros	**Unidade**	**1**	**2ª**	**2B**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
Data		16/jun	16/jun	16/jun	16/jun	16/jun	16/jun	16/jun	16/jun	16/jun
Hora da Coleta		09:20	15:25	15:45	10:10	10:50	14:25	14:15	12:15	11:45
Chuva 24 horas		n	N	N	n	n	n	n	n	n
Temperatura Amostra	ºC	15,3	17	22,7	16,5	16,6	17,4	17,4	17,3	17,4
Temperatura Ambiente	ºC	19	27	27	19	22,5	26,5	26,5	25	20,5
Cor Verdadeira	PtCo	19	7	50	47	51	65	40	60	46
Condutividade	μScm^{-1} 25ºC	126,7	110,3	327,3	94,32	141,8	128	67,82	91,76	56,22
pH	-	5,56	5,82	6,93	6,02	6,12	6,1	6,68	6,93	6,59
Turbidez	NTU	12	4,7	18	11,3	10,1	13,6	17,4	15,1	14,6
DBO5	mgL^{-1} O2	2	7	26	6	3	2	4	6	5
DQO	mgL^{-1} O2	9	12	68	11	8	5	13	12	3
Oxigênio Dissolvido	mgL^{-1} O2	5,77	4,84	7,28	7,86	5,67	6,39	8,13	7,79	8,59
Fosfato	mgL^{-1} PO4	1,47	2,32	3,2	1,83	1,42	1,59	2,16	0,98	1,46
Nitrogênio Amoniacal	mgL^{-1} NH3 - N	0,21	0,06	9,21	0,86	0,64	0,28	0,07	0,22	0,01
Nitrogênio Total	mgL^{-1} NTK	1,88	2,34	13,59	3,28	2,34	2,34	1,88	3,75	3,28
Nitrato	mgL^{-1} NO3 - N	3,1	1,3	2,2	1,8	2,7	2,3	2	1,8	1,7
Nitrito	mgL^{-1} NO2 - N	0,027	0,003	0,122	0,023	0,066	0,044	0,004	0,019	ND
Sólidos Totais	mgL^{-1} ST	490	140	170	120	140	60	170	130	110
Sólidos Fixos	mgL^{-1} SF	90	70	10	90	120	30	120	100	60
Sólidos Voláteis	mgL^{-1} SV	400	70	160	30	20	30	50	30	50
Sólidos Totais Dissolvidos	mgL^{-1}	41,8	39,64	157,3	32,97	49,57	47,54	27,24	33,96	20,46
Alcalinidade	mgL^{-1}	46,64	25,44	114,48	33,92	50,88	50,88	25,44	33,92	21,2
Cloretos	mgL^{-1}	8,262	5,346	18,954	7,29	8,262	8,262	3,402	5,346	2,43
Dureza	mgL^{-1}	52	52	76	38	52	46	30	36	26
Fósforo Total	mgL^{-1}	0,08	0,04	0,99	0,97	1,77	0,86	1,42	1,21	0,92
Coliformes Totais	$NMP100ml^{-1}$	2,8E+05	9,0E+04	3,0E+07	2,2E+04	7,0E+04	1,1E+05	9,0E+04	5,0E+04	1,6E+05
Escherichia coli	$NMP100ml^{-1}$	2,1E+03	1,1E+03	3,3E+05	7,0E+03	8,0E+03	1,1E+03	2,2E+03	2,2E+03	1,7E+03

JULHO – 2011										
Parâmetros	**Unidade**	**1**	**2ª**	**2B**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
Data		21/jul	21/jul	21/jul	21/jul	21/jul	21/jul	21/jul	21/jul	21/jul
Hora da Coleta		09:10	14:20	14:40	09:50	10:25	13:20	13:22	11:40	11:15
Chuva 24 horas		n	N	N	n	n	n	n	n	n
Temperatura Amostra	ºC	17,6	20,1	24,9	18,4	18,7	20,1	21,3	19,5	19,5
Temperatura Ambiente	ºC	22	29,5	29,5	24,5	26	29	29	31	28
Cor Verdadeira	PtCo	56	17	70	94	67	75	42	58	40
Condutividade	μScm^{-1} 25ºC	140,8	117,2	357,5	111,3	158,1	140,6	66,1	96,76	55,9
pH	-	5,94	6,54	7,17	6,35	6,21	6,81	6,87	6,53	6,04
Turbidez	NTU	10,5	22,4	22,2	10,7	8,86	12	18,8	16,2	14,3
DBO5	mgL^{-1} O2	3	4	26	9	9	6	4	4	4
DQO	mgL^{-1} O2	9	28	37	12	14	12	13	18	11
Oxigênio Dissolvido	mgL^{-1} O2	6,35	4,95	7,33	8,38	5,28	5,89	7,65	7,89	7,52
Fosfato	mgL^{-1} PO4	1,51	1,95	4,42	1,6	1,81	1,63	1,89	1,73	1,64
Nitrogênio Amoniacal	mgL^{-1} NH3 - N	0,28	ND	11,68	1,27	1,48	0,67	0,02	0,01	ND
Nitrogênio Total	mgL^{-1} NTK	0,47	0,47	13,13	0,47	2,81	1,41	0,94	0,94	2,81
Nitrato	mgL^{-1} NO3 - N	2,4	1	2,6	2,2	3,8	3,1	2,1	2,6	1,5
Nitrito	mgL^{-1} NO2 - N	0,029	0,007	0,147	0,06	0,121	0,093	0,009	0,037	0,003
Sólidos Totais	mgL^{-1} ST	350	80	170	150	100	120	110	120	110
Sólidos Fixos	mgL^{-1} SF	200	30	110	90	40	100	80	40	30
Sólidos Voláteis	mgL^{-1} SV	150	50	60	60	60	20	30	80	80
Sólidos Totais Dissolvidos	mgL^{-1}	51,87	48	188,2	42,84	61,1	57	29,5	39,27	22,48
Alcalinidade	mgL^{-1}	97,52	89,04	245,92	67,84	106	93,28	59,36	67,84	42,4
Cloretos	mgL^{-1}	12,15	10,206	20,898	12,15	9,234	11,178	5,346	7,29	6,318
Dureza	mgL^{-1}	58	60	68	54	54	56	36	40	30
Fósforo Total	mgL^{-1}	0,01	0	0,04	0,05	0,12	0,88	0,04	0,03	0,84
Coliformes Totais	$NMP100ml^{-1}$	1,1E+05	1,4E+04	1,6E+04	9,0E+02	1,6E+05	1,1E+05	2,4E+05	8,0E+03	1,7E+05
Escherichia coli	$NMP100ml^{-1}$	1,3E+01	2,2E+02	9,0E+02	2,2E+02	3,0E+02	2,0E+01	1,3E+02	1,4E+02	2,6E+03

AGOSTO – 2011										
Parâmetros	**Unidade**	**1**	**2ª**	**2B**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
Data		17/ago	17/ago	17/ago	17/ago	17/ago	17/ago	17/ago	17/ago	17/ago
Hora da Coleta		08:55	12:25	12:35	09:25	09:55	11:35	11:30	10:50	10:32
Chuva 24 horas		n	N	N	n	n	n	n	n	n
Temperatura Amostra	ºC	15,6	19,6	24,3	16,4	17	18	18,7	17,8	18,3
Temperatura Ambiente	ºC	21	29	29	22	25,5	27	27	27	24
Cor Verdadeira	PtCo	82	58	125	106	81	87	71	89	77
Condutividade	μScm^{-1} 25ºC	148,6	114,3	322,2	107,8	162,6	150,5	67,32	95,08	59,08
pH	-	6,55	6,45	7,07	6,8	6,65	6,46	6,78	6,51	6,87
Turbidez	NTU	13,7	7,04	21,4	11,2	8,25	13,6	17,6	15,7	17,1
DBO5	mgL^{-1} O2	3	9	12	5	6	6	7	8	9
DQO	mgL^{-1} O2	6	15	33	9	11	14	13	15	17
Oxigênio Dissolvido	mgL^{-1} O2	4,1	4,06	5,23	5,82	3,52	4,24	7,16	6,32	7,15
Fosfato	mgL^{-1} PO4	2,96	3,44	5,94	3,11	3,44	2,69	3,54	3,18	3,46
Nitrogênio Amoniacal	mgL^{-1} NH3 - N	0,33	0,06	9,05	1,01	1,06	0,68	0,13	0,17	0,05
Nitrogênio Total	mgL^{-1} NTK	0,94	0,47	12,19	3,75	0,47	1,88	0,47	1,88	0,94
Nitrato	mgL^{-1} NO3 - N	2,9	1,6	3,9	2,7	3,6	3,7	1,9	2,6	2,9
Nitrito	mgL^{-1} NO2 - N	0,03	0,001	0,415	0,069	0,126	0,078	0,005	0,021	ND
Sólidos Totais	mgL^{-1} ST	490	70	260	90	220	150	220	180	120
Sólidos Fixos	mgL^{-1} SF	80	20	140	40	130	110	130	130	40
Sólidos Voláteis	mgL^{-1} SV	410	50	120	50	90	40	90	50	80
Sólidos Totais Dissolvidos	mgL^{-1}	50,35	45,45	166,4	38,55	57,87	55,47	26	35,23	22,43
Alcalinidade	mgL^{-1}	114,48	97,52	220,48	76,32	114,48	101,76	55,12	67,84	42,4
Cloretos	mgL^{-1}	9,234	5,346	17,01	7,29	8,262	8,262	4,374	6,318	4,374
Dureza	mgL^{-1}	60	56	70	38	58	52	36	40	30
Fósforo Total	mgL^{-1}	0,24	0,13	0,66	0,73	0,1	0,67	0,1	0,68	0,13
Coliformes Totais	$NMP100ml^{-1}$	1,4E+06	5,0E+04	1,1E+06	9,0E+04	7,0E+04	2,4E+05	2,6E+05	7,0E+04	5,0E+05
Escherichia coli	$NMP100ml^{-1}$	8,0E+00	1,3E+01	1,7E+05	1,4E+03	4,0E+01	1,1E+03	1,4E+04	7,0E+03	8,0E+03

SETEMBRO – 2011										
Parâmetros	**Unidade**	**1**	**2ª**	**2B**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
Data		21/set	21/set	21/set	21/set	21/set	21/set	21/set	21/set	21/set
Hora da Coleta		09:05	14:25	14:35	10:00	10:30	13:25	13:30	12:15	11:30
Chuva 24 horas		não	Não	Não	não	não	não	não	não	não
Temperatura Amostra	ºC	18,5	19,9	22,1	19,2	18,9	19,5	20,1	20	20,5
Temperatura Ambiente	ºC	22	27	28	24,5	26,5	27	27	28	26,5
Cor Verdadeira	PtCo	40	30	50	70	55	55	50	60	50
Condutividade	μScm^{-1} 25ºC	165,8	113	291,6	106	184,7	166,3	67,63	95,34	59,93
pH	-	6,55	6,09	6,6	6,55	6,4	6,41	6,16	6,39	6,5
Turbidez	NTU	17,01	6,2	22,1	13,3	11,5	10,2	13	11,9	16,6
DBO5	mgL^{-1} O2	4	5	23	3	6	4	3	5	2
DQO	mgL^{-1} O2	9	11	19	7	8	5	6	7	5
Oxigênio Dissolvido	mgL^{-1} O2	6,28	3,13	3,4	6,78	1,9	2,7	5,9	5,03	5,94
Fosfato	mgL^{-1} PO4	1,87	2,4	3,01	1,55	1,74	2,28	1,95	1,97	1,78
Nitrogênio Amoniacal	mgL^{-1} NH3 - N	0,134	0,03	0,41	1,38	0,32	0,09	0,06	0,05	0,04
Nitrogênio Total	mgL^{-1} NTK	1,88	0,94	2,34	1,41	0,94	1,88	1,88	1,88	2,34
Nitrato	mgL^{-1} NO3 - N	4,1	1,8	2,6	3	5	4,1	1,6	2,8	2,2
Nitrito	mgL^{-1} NO2 - N	0,071	0,026	0,406	0,142	0,179	0,09	0,064	0,048	0,04
Sólidos Totais	mgL^{-1} ST	390	100	90	150	180	190	180	130	180
Sólidos Fixos	mgL^{-1} SF	140	60	40	100	50	140	90	110	90
Sólidos Voláteis	mgL^{-1} SV	250	40	50	50	130	50	90	20	120
Sólidos Totais Dissolvidos	mgL^{-1}	65,4	48	137,1	42,75	74,9	68,1	28,88	39,78	25,48
Alcalinidade	mgL^{-1}	63,6	46,64	93,28	33,92	55,12	46,64	25,44	29,68	25,44
Cloretos	mgL^{-1}	11,178	5,346	15,066	7,29	11,178	9,234	3,402	5,346	4,374
Dureza	mgL^{-1}	60	52	72	34	56	54	34	38	32
Fósforo Total	mgL^{-1}	0,04	0,06	0,06	0,1	0,04	0,08	0,09	0,06	0,07
Coliformes Totais	$NMP100ml^{-1}$	2,2E+06	1,6E+05	9,0E+06	3,0E+05	5,0E+05	2,4E+05	5,0E+05	1,1E+06	2,4E+05
Escherichia coli	$NMP100ml^{-1}$	8,0E+02	8,0E+03	1,6E+06	2,2E+03	2,1E+03	5,0E+03	1,7E+03	3,0E+03	7,0E+03

OUTUBRO – 2011										
Parâmetros	**Unidade**	**1**	**2ª**	**2B**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
Data		18/out	18/out	18/out	18/out	18/out	18/out	18/out	18/out	18/out
Hora da Coleta		09:00	13:10	13:20	09:45	10:20	12:15	12:20	11:30	11:00
Chuva 24 horas		sim	Sim	Sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim
Temperatura Amostra	ºC	19,6	25	27,6	20,2	20,9	21,7	22,4	21,3	21
Temperatura Ambiente	ºC	22	28,5	28	24,5	25	27	27	25	24
Cor Verdadeira	PtCo	73	21	80	62	125	162	64	110	110
Condutividade	μScm^{-1} 25ºC	170,4	145,5	299,1	116,4	168,7	160,3	80,14	120	66,02
pH	-	6,1	6,4	7,22	5,96	6,24	6,46	6,27	6,14	6,03
Turbidez	NTU	18,3	14,9	26,6	18,5	22,1	18,4	16,4	16,7	28,7
DBO5	mgL^{-1} O2	5	11	17	10	12	8	5	9	5
DQO	mgL^{-1} O2	18	23	20	19	28	22	12	23	16
Oxigênio Dissolvido	mgL^{-1} O2	3,33	7,78	6,68	6,51	3,63	3,47	6,78	4,05	7,8
Fosfato	mgL^{-1} PO4	3,71	8,36	9,06	6,98	7,04	7,44	7,77	7,39	7,23
Nitrogênio Amoniacal	mgL^{-1} NH3 - N	0,62	0,25	4,14	1,02	0,69	0,43	0,09	0,16	0,06
Nitrogênio Total	mgL^{-1} NTK	2,34	2,34	5,16	3,28	2,34	2,81	3,28	1,88	1,88
Nitrato	mgL^{-1} NO3 - N	2,3	1,2	4,4	2,6	1,9	2,4	1,7	1,6	2,2
Nitrito	mgL^{-1} NO2 - N	0,029	0,003	0,253	0,065	0,054	0,043	0,007	0,009	ND
Sólidos Totais	mgL^{-1} ST	420	160	170	220	170	210	160	190	180
Sólidos Fixos	mgL^{-1} SF	170	50	60	100	110	170	110	50	120
Sólidos Voláteis	mgL^{-1} SV	250	110	110	120	60	40	50	140	60
Sólidos Totais Dissolvidos	mgL^{-1}	71,41	76	178	49,36	75,04	73,66	37,64	54,26	29,26
Alcalinidade	mgL^{-1}	72,08	106	212	89,04	127,2	118,72	67,84	97,52	55,12
Cloretos	mgL^{-1}	9,234	7,29	15,066	9,234	10,206	9,234	5,346	7,29	5,346
Dureza	mgL^{-1}	68	54	84	40	60	58	36	46	26
Fósforo Total	mgL^{-1}	0,12	0,16	0,13	0,13	0,14	0,14	0,14	0,15	0,16
Coliformes Totais	$NMP100ml^{-1}$	3,0E+06	5,0E+05	5,0E+06	5,0E+06	2,3E+03	3,0E+06	1,6E+06	5,0E+05	1,6E+06
Escherichia coli	$NMP100ml^{-1}$	3,0E+03	5,0E+03	7,0E+04	1,3E+04	8,0E+02	1,7E+03	8,0E+03	3,0E+03	3,0E+04

NOVEMBRO – 2011										
Parâmetros	**Unidade**	**1**	**2ª**	**2B**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
Data		16/nov	16/nov	16/Nov	16/nov	16/nov	16/nov	16/nov	16/nov	16/nov
Hora da Coleta		08:50	12:50	12:55	09:30	10:00	11:55	11:45	11:00	10:45
Chuva 24 horas		sim	Sim	Sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim
Temperatura Amostra	ºC	21,2	23,3	24,3	20,9	21,9	22,1	21,8	22,2	22,1
Temperatura Ambiente	ºC	21	26	26	20	21	24	24	23	22
Cor Verdadeira	PtCo	51	53	40	104	61	139	82	148	6
Condutividade	μScm^{-1} 25ºC	118,3	92,9	264,1	101,9	124	106,3	70,3	73,23	54,45
pH	-	6,32	6,4	7,02	6,25	5,84	5,86	6,2	5,86	6,35
Turbidez	NTU	17,6	23,2	32,3	30,3	30,6	26,5	32,7	41,4	56,3
DBO5	mgL^{-1} O2	6	7	13	5	7	4	3	4	3
DQO	mgL^{-1} O2	12	27	23	14	12	25	12	17	9
Oxigênio Dissolvido	mgL^{-1} O2	3,22	2,27	6,3	7,84	3,13	3,28	6,4	3,22	6,83
Fosfato	mgL^{-1} PO4	4,01	2,94	3,46	3,69	3,58	2,41	3,03	3,77	4,38
Nitrogênio Amoniacal	mgL^{-1} NH3 - N	0,08	ND	3,58	0,92	0,19	ND	ND	ND	ND
Nitrogênio Total	mgL^{-1} NTK	1,41	0,94	4,69	3,28	2,34	1,88	0,94	1,88	2,81
Nitrato	mgL^{-1} NO3 - N	1,4	1,5	3	0,8	1,2	0,8	1,2	1,2	1,3
Nitrito	mgL^{-1} NO2 - N	0,011	0,003	0,286	0,031	0,024	0,007	0,007	0,006	0,004
Sólidos Totais	mgL^{-1} ST	50	40	20	30	20	90	20	30	20
Sólidos Fixos	mgL^{-1} SF	20	10	10	10	10	10	10	10	10
Sólidos Voláteis	mgL^{-1} SV	30	30	10	20	10	80	10	20	10
Sólidos Totais Dissolvidos	mgL^{-1}	52,98	45,35	136,2	44,96	57,6	49,64	32,05	34,32	25,41
Alcalinidade	mgL^{-1}	46,64	42,4	93,28	50,88	50,88	42,4	38,16	29,68	29,68
Cloretos	mgL^{-1}	7,29	4,374	13,122	8,262	8,262	8,262	3,402	6,318	3,402
Dureza	mgL^{-1}	52	44	88	34	44	42	36	34	26
Fósforo Total	mgL^{-1}	0,06	0,14	0,14	0,59	0,19	0,07	0,05	0,07	0,08
Coliformes Totais	$NMP100ml^{-1}$	9,0E+05	9,0E+05	5,0E+06	1,1E+06	1,6E+06	5,0E+05	1,7E+06	2,2E+05	5,0E+05
Escherichia coli	$NMP100ml^{-1}$	3,0E+03	1,1E+03	1,4E+05	1,1E+04	2,3E+03	2,3E+03	2,4E+04	1,1E+03	5,0E+03

DEZEMBRO – 2011										
Parâmetros	**Unidade**	**1**	**2ª**	**2B**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
Data		14/dez	14/dez	14/dez	14/dez	14/dez	14/dez	14/dez	14/dez	14/dez
Hora da Coleta		08:40	11:45	12:00	09:10	09:35	11:05	11:00	10:25	10:10
Chuva 24 horas		n	N	N	n	n	n	n	n	n
Temperatura Amostra	ºC	22,7	24,9	28,3	22,2	23,8	23,6	23,7	23,6	23,6
Temperatura Ambiente	ºC	25,5	33,5	33,5	28,5	28	29,5	29,5	30	28,5
Cor Verdadeira	PtCo	245	230	80	120	112	187	91	165	122
Condutividade	μScm^{-1} 25ºC	180	152	322,4	118,5	173,9	156,8	77,2	103,3	59,8
pH	-	6,15	6,2	6,85	6,2	6,05	6,25	6,22	6,09	6
Turbidez	NTU	35,3	19,9	16,3	16,5	33,9	20	14,3	23	40
DBO5	mgL^{-1} O2	3	9	14	4	11	7	6	8	8
DQO	mgL^{-1} O2	5	17	26	6	19	15	9	11	8
Oxigênio Dissolvido	mgL^{-1} O2	7,35	6,76	4,87	7,87	7,27	3,19	6,25	7,2	6,62
Fosfato	mgL^{-1} PO4	2,03	2,07	4,62	2,35	2,94	1,75	2,44	1,25	1,42
Nitrogênio Amoniacal	mgL^{-1} NH3 - N	1,77	0	4,29	0,24	0,5	0,11	0,01	0,04	0
Nitrogênio Total	mgL^{-1} NTK	6,09	2,81	7,97	2,34	5,16	3,75	1,88	2,81	1,88
Nitrato	mgL^{-1} NO3 - N	0,4	<0,1	2,3	1,1	1,3	1,5	1,8	1	5,8
Nitrito	mgL^{-1} NO2 - N	0,018	-	0,152	0,044	0,007	0,026	0,002	0,003	0,002
Sólidos Totais	mgL^{-1} ST	80	50	100	110	170	100	60	30	120
Sólidos Fixos	mgL^{-1} SF	70	30	30	100	20	70	50	10	30
Sólidos Voláteis	mgL^{-1} SV	10	20	70	10	150	30	10	20	90
Sólidos Totais Dissolvidos	mgL^{-1}	86,4	83	195,8	55,6	86,7	78,22	38,7	51,2	29,84
Alcalinidade	mgL^{-1}	84,8	59,36	127,2	50,88	76,32	67,84	33,92	46,64	25,44
Cloretos	mgL^{-1}	8,262	4,374	14,094	9,234	8,262	7,29	3,402	4,374	3,402
Dureza	mgL^{-1}	70	60	94	40	68	58	40	42	26
Fósforo Total	mgL^{-1}	0,07	0,15	0,15	0,51	0,48	0,51	0,06	0,11	0,09
Coliformes Totais	$NMP100ml^{-1}$	1,1E+06	9,0E+05	1,4E+07	1,6E+06	9,0E+05	3,0E+05	2,8E+05	1,1E+06	5,0E+06
Escherichia coli	$NMP100ml^{-1}$	1,7E+03	9,0E+03	5,0E+05	7,0E+02	8,0E+02	1,3E+03	3,0E+03	1,3E+03	2,3E+03

JANEIRO – 2012										
Parâmetros	**Unidade**	**1**	**2ª**	**2B**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
Data		17/jan	17/jan	17/jan	17/jan	17/jan	17/jan	17/jan	17/jan	17/jan
Hora da Coleta		09:05	13:20	13:35	09:45	10:25	11:35	12:24	12:30	11:15
Chuva 24 horas		s	S	S	s	s	s	s	s	s
Temperatura Amostra	ºC	22,9	26,8	31,1	22,7	24	24,6	25,2	24,4	23,9
Temperatura Ambiente	ºC	24	30	30	25	26	29	29	26,5	25
Cor Verdadeira	PtCo	92	43	68	128	111	165	74	165	102
Condutividade	μScm^{-1} 25ºC	146	97,3	326,8	102,3	147,4	135,4	72,68	99,67	57,6
pH	-	6,21	6,35	7,19	6,33	6,34	6,33	6,59	6,52	6,55
Turbidez	NTU	30,9	7,81	81,3	27	30,2	25,5	17,8	29,7	38,8
DBO5	mgL^{-1} O2	5	5	47	8	9	9	5	7	8
DQO	mgL^{-1} O2	30	23	39	12	31	27	28	22	27
Oxigênio Dissolvido	mgL^{-1} O2	1,62	6,75	6,3	7,5	2,35	2,67	5,78	3,14	6,35
Fosfato	mgL^{-1} PO4	1,96	3,17	3,67	1,96	2,3	2,53	3,28	2,14	1,01
Nitrogênio Amoniacal	mgL^{-1} NH3 - N	0,52	0,012	7,4	0,543	0,501	0,355	0,324	0,244	0,247
Nitrogênio Total	mgL^{-1} NTK	1,88	0,47	7,97	0,94	1,88	0,94	0,47	1,41	1,41
Nitrato	mgL^{-1} NO3 - N	1,3	1,8	2,3	1,3	1	0,8	1,5	1,5	1,1
Nitrito	mgL^{-1} NO2 - N	0,018	0,002	0,267	0,044	0,01	0,001	0,002	0,032	0,001
Sólidos Totais	mgL^{-1} ST	200	90	190	130	270	220	200	200	260
Sólidos Fixos	mgL^{-1} SF	70	20	80	70	110	90	80	100	100
Sólidos Voláteis	mgL^{-1} SV	130	70	110	60	160	130	120	100	160
Sólidos Totais Dissolvidos	mgL^{-1}	7,07	54,7	221	49	74,9	70,73	38,9	51,11	29,05
Alcalinidade	mgL^{-1}	72,08	48,76	127,2	44,52	65,72	61,48	40,28	44,52	31,8
Cloretos	mgL^{-1}	7,29	5,346	17,982	8,262	8,262	7,29	4,374	6,318	4,374
Dureza	mgL^{-1}	60	42	74	40	58	58	36	48	30
Fósforo Total	mgL^{-1}	0,87	0,69	0,22	0,15	0,48	0,12	0,17	0,19	0,15
Coliformes Totais	$NMP100ml^{-1}$	6,0E+05	2,4E+05	1,6E+07	1,6E+06	7,0E+05	3,0E+05	3,0E+05	5,0E+05	7,0E+05
Escherichia coli	$NMP100ml^{-1}$	1,2E+03	2,1E+03	1,7E+05	3,0E+03	1,3E+03	1,1E+03	1,7E+03	4,0E+02	5,0E+03

FEVEREIRO – 2012										
Parâmetros	**Unidade**	**1**	**2ª**	**2B**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
Data		14/fev	14/fev	14/fev	14/fev	14/fev	14/fev	14/fev	14/fev	14/fev
Hora da Coleta		09:00	12:55	13:55	09:30	10:00	12:05	12:00	11:20	10:55
Chuva 24 horas		s	S	S	s	s	s	s	s	s
Temperatura Amostra	ºC	22,9	24,9	27,7	23	22,8	23,8	23,6	23,9	24,1
Temperatura Ambiente	ºC	25	28,5	28,5	23,5	25	27,5	27,5	27	23
Cor Verdadeira	PtCo	245	25	70	196	137	154	63	170	75
Condutividade	μScm^{-1} 25ºC	86	99,8	325,7	111,1	147,7	133,5	66,26	88,69	52,8
pH	-	6,18	6,17	7,02	6,43	6,30	6,21	6,35	6,06	6,35
Turbidez	NTU	74,8	8,79	54,9	58,1	45,2	49	17	56,5	34,6
DBO5	mgL^{-1} O2	7,6	8,6	39,8	9,8	11	9,8	6,5	10,5	8
DQO	mgL^{-1} O2	22	9	46	23	25	19	13	21	16
Oxigênio Dissolvido	mgL^{-1} O2	2,8	7,08	6,31	5,35	2,2	2,07	5,79	2,51	7,61
Fosfato	mgL^{-1} PO4	2,55	3,71	4,6	2,51	2,87	2,75	3,03	2,5	3,48
Nitrogênio Amoniacal	mgL^{-1} NH3 - N	0,01	0,08	4,32	0,46	0,35	0,16	0,2	0,02	0,01
Nitrogênio Total	mgL^{-1} NTK	6,56	3,75	20,16	2,81	1,88	0,94	1,41	0,94	1,41
Nitrato	mgL^{-1} NO3 - N	1,3	1,2	3,2	0,3	0,4	0,9	1	0,4	1,3
Nitrito	mgL^{-1} NO2 - N	ND	0,004	0,137	0,017	0,026	0,047	0,001	0,005	0,002
Sólidos Totais	mgL^{-1} ST	60	20	110	20	90	30	20	20	30
Sólidos Fixos	mgL^{-1} SF	10	10	20	10	20	10	10	10	10
Sólidos Voláteis	mgL^{-1} SV	50	10	90	10	70	20	10	10	20
Sólidos Totais Dissolvidos	mgL^{-1}	41,7	52,7	192,7	53,4	74,1	67,01	32,63	44,66	26,7
Alcalinidade	mgL^{-1}	40,28	48,76	120,84	36,04	55,12	50,88	31,8	33,92	27,56
Cloretos	mgL^{-1}	7,29	6,318	17,982	14,094	12,15	12,15	3,402	8,262	5,346
Dureza	mgL^{-1}	40	58	88	42	62	56	44	44	28
Fósforo Total	mgL^{-1}	0,1	0,17	0,12	0,41	0,26	0,52	0,16	0,13	0,12
Coliformes Totais	$NMP100ml^{-1}$	9,0E+05	3,0E+05	2,4E+07	3,0E+05	1,4E+06	9,0E+05	9,0E+05	2,4E+07	1,6E+06
Escherichia coli	$NMP100ml^{-1}$	1,4E+04	1,7E+03	9,0E+06	8,0E+03	2,3E+03	2,2E+03	2,3E+03	9,0E+03	1,7E+03

MARÇO – 2012										
Parâmetros	**Unidade**	**1**	**2ª**	**2B**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
Data		08/mar	08/mar	08/mar	08/mar	08/mar	08/mar	08/mar	08/mar	08/mar
Hora da Coleta		09:05	13:00	13:10	09:45	10:05	12:20	12:15	11:18	10:40
Chuva 24 horas		n	N	n	n	n	n	n	n	n
Temperatura Amostra	ºC	22,8	26	32,2	23	23,7	24,4	25,6	24	23,7
Temperatura Ambiente	ºC	28	34	34,5	28,5	28,5	36,5	36,5	35	29
Cor Verdadeira	PtCo	111	84	60	107	81	92	70	87	86
Condutividade	μScm^{-1} 25ºC	166,8	140,9	375,5	113,7	188,4	172,3	70,54	101,9	59,5
pH	-	6,45	6,31	7,36	6,66	6,71	6,83	6,78	6,59	6,79
Turbidez	NTU	22,7	21,6	10,2	12,7	14,1	17,8	8,65	17,7	15,2
DBO5	mgL^{-1} O2	11	11	14	5	8	8	6	7	6
DQO	mgL^{-1} O2	21	21	35	10	17	18	11	4	7
Oxigênio Dissolvido	mgL^{-1} O2	7,22	4,7	5,8	7,27	3,24	2,79	5,91	4,77	6,71
Fosfato	mgL^{-1} PO4	3,41	4,92	7,18	2,56	3,48	4,35	3,71	2,8	3,22
Nitrogênio Amoniacal	mgL^{-1} NH3 - N	2,25	0,27	6,23	0,81	2,21	0,68	0,06	0,17	0,03
Nitrogênio Total	mgL^{-1} NTK	1,88	0,47	10,78	1,88	2,34	1,41	0,94	0,47	0,47
Nitrato	mgL^{-1} NO3 - N	2	0,8	3,1	3,1	1,8	3,6	1,5	1,6	1,1
Nitrito	mgL^{-1} NO2 - N	0,086	ND	0,268	0,141	0,132	0,272	ND	0,076	0,002
Sólidos Totais	mgL^{-1} ST	20	20	70	10	30	30	20	20	30
Sólidos Fixos	mgL^{-1} SF	10	0	30	30	10	10	10	0	10
Sólidos Voláteis	mgL^{-1} SV	10	20	40	0	20	20	10	20	20
Sólidos Totais Dissolvidos	mgL^{-1}	79,8	79,4	264	54,6	94,58	89,1	36,95	52,01	29,97
Alcalinidade	mgL^{-1}	71,4	53,04	128,52	42,84	71,4	65,28	32,64	42,84	26,52
Cloretos	mgL^{-1}	9,234	4,374	21,87	8,262	11,178	10,206	3,402	7,29	4,374
Dureza	mgL^{-1}	62	56	78	44	60	82	34	44	26
Fósforo Total	mgL^{-1}	0,48	0,54	0,5	0,17	0,53	0,59	0,52	0,5	0,56
Coliformes Totais	$NMP100ml^{-1}$	1,1E+06	1,6E+05	3,0E+06	9,0E+05	1,1E+05	1,6E+05	1,1E+05	3,3E+05	1,1E+05
Escherichia coli	$NMP100ml^{-1}$	4,0E+02	3,0E+03	2,8E+04	1,4E+03	7,0E+02	4,0E+02	1,1E+03	4,0E+02	2,7E+03

ABRIL - 2012										
Parâmetros	**Unidade**	**1**	**2ª**	**2B**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
Data		12/abr	12/abr	12/abr	12/abr	12/abr	12/abr	12/abr	12/abr	12/abr
Hora da Coleta		08:55	13:10	13:30	09:30	10:05	12:10	12:00	11:10	10:45
Chuva 24 horas		n	N	n	n	n	n	N	n	N
Temperatura Amostra	ºC	22,8	25,6	30,9	22,2	23,5	23,7	23,9	23,8	23,3
Temperatura Ambiente	ºC	22	31	31	22,5	28	30	30	28	26
Cor Verdadeira	PtCo	57	54	30	113	44	55	33	56	40
Condutividade	μScm^{-1} 25ºC	154,6	120,2	370,3	108,7	121	164,7	21,8	94,13	57,5
pH	-	6,47	6,44	7,48	6,58	6,75	6,79	6,75	6,72	6,85
Turbidez	NTU	15,8	11,9	8	12,8	6,7	7,14	8,77	15,5	16,5
DBO5	mgL^{-1} O2	10	8,8	23,4	4,4	15,2	5,2	2,1	3,8	9,4
DQO	mgL^{-1} O2	31	20	35	21	23	19	25	12	13
Oxigênio Dissolvido	mgL^{-1} O2	2,98	8,02	6,3	7	2,4	7,8	6,9	5,9	8,18
Fosfato	mgL^{-1} PO4	3,75	4,11	7,18	3,23	3,61	3,54	3,69	3,44	3,9
Nitrogênio Amoniacal	mgL^{-1} NH3 - N	1,02	ND	7,23	1,08	1,39	0,53	ND	ND	ND
Nitrogênio Total	mgL^{-1} NTK	2,34	1,41	34,69	1,88	2,34	1,41	0,47	0,47	0,94
Nitrato	mgL^{-1} NO3 - N	2,5	1,1	4,1	2,6	2,8	4,5	1,4	2,2	2,2
Nitrito	mgL^{-1} NO2 - N	0,07	0,001	0,672	0,14	0,17	0,134	0,001	0,009	0,001
Sólidos Totais	mgL^{-1} ST	50	50	120	80	130	90	70	30	50
Sólidos Fixos	mgL^{-1} SF	10	10	30	50	40	10	50	10	10
Sólidos Voláteis	mgL^{-1} SV	40	40	90	30	90	80	20	20	40
Sólidos Totais Dissolvidos	mgL^{-1}	62,9	62	249,5	51,4	88	85,7	17,7	46,9	28,5
Alcalinidade	mgL^{-1}	73,44	62,22	160,14	52,02	80,58	70,38	17,34	43,86	29,58
Cloretos	mgL^{-1}	9,234	5,346	20,898	6,318	11,178	10,206	3,402	7,29	5,346
Dureza	mgL^{-1}	64,68	56,84	76,44	45,08	60,76	52,92	39,2	43,12	33,32
Fósforo Total	mgL^{-1}	0,52	0,6	0,59	0,06	0,54	0,06	0,09	0,08	0,09
Coliformes Totais	$NMP100ml^{-1}$	5,0E+05	1,7E+05	1,6E+06	3,0E+05	2,8E+05	9,0E+05	1,6E+06	2,2E+06	1,7E+06
Escherichia coli	$NMP100ml^{-1}$	4,0E+02	1,1E+03	1,7E+05	7,0E+03	7,0E+02	4,0E+03	7,0E+02	9,0E+03	1,4E+02

Valores da média e desvio padrão dos parâmetros físicos encontrados nos pontos de monitoramento no Ribeirão Água Parada.

Parâmetro	P1		P4		P5		P7		CONAMA 357/05
	Estações do Ano								
	1	2	1	2	1	2	1	2	
Cor Verdadeira (PtCo)	**123**	49,4	**99,3**	59,2	**162,7**	70,4	**141**	65,2	75,0
Desvio Padrão	86,6	20,8	28,4	14,9	32,4	12,3	34,4	12,5	
Turbidez (NTU)	23,7	12,9	28,9	9,3	21,6	12,8	27	14,4	100,0
Desvio Padrão	21,5	2,6	10,6	1,7	11,7	2,8	15,5	1,7	
Temperatura (°C)	21,2	16,8	22,2	17,8	22,5	18,9	22,4	18,7	-
Desvio Padrão	1,4	2,7	1,2	2,5	1,2	2,2	1,2	2,3	

P1 – distância aproximada de 27,2 km do exutório;

P4 – distância aproximada de 22,0 km do exutório;

P5 – distância aproximada de 17,7 km do exutório;

P7 – distância aproximada de 11,8 km do exutório;

Estações do ano: 1 = Chuvosa e 2 = Seca;

Os valores em realçados não estão de acordo com os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 para corpos de água de classe 2.

Valores da média e desvio padrão dos parâmetros químicos encontrados nos pontos de monitoramento no Ribeirão Água Parada.

Parâmetro	P1		P4		P5		P7		CONAMA 357/05
	Estações do Ano								
	1	2	1	2	1	2	1	2	
pH	6,2	6,2	6,0	6,3	6,2	6,5	6,0	6,6	6,0 a 9,0
Desvio Padrão	0,1	0,4	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2	
Alcalinidade (mg L¯¹ CaCO3)	67,8	74,6	84,8	75,5	76,3	67,8	58,0	46,6	-
Desvio Padrão	17,2	26,8	27,6	28,6	26,7	24,5	24,6	17,4	
Oxigênio Dissolvido (mg L¯¹ O2)	4,6	5,6	4,7	4,5	3,3	5,1	4,8	6,7	*5,0
Desvio Padrão	2,4	1,3	1,9	1,7	0,5	1,8	1,7	1,1	
Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg L¯¹ 2)	5,5	**3,6**	9,5	5,4	6,0	5,6	6,5	6,4	5,0
Desvio Padrão	2,8	2,9	2,0	4,6	2,0	2,7	2,2	2,1	
Demanda Química de Oxigênio (mg L¯¹ O2)	**11,7**	**8,2**	**19,7**	**9,4**	**20,7**	**10,8**	**17,0**	**13,4**	-
Desvio Padrão	8,6	9,4	7,2	6,2	4,5	6,1	6,5	3,8	
Cloretos (mg L¯¹ Cl¯)	8,3	9,8	8,9	8,8	8,3	9,0	6,0	5,9	250,0
Desvio Padrão	1,0	1,6	1,7	1,6	1,9	1,3	1,3	1,0	
Dureza (mg L¯¹ Ca CO3)	63,3	59,6	57,3	54,0	52,7	52,4	40,7	37,6	-
Desvio Padrão	11,1	5,5	8,0	4,0	12,9	3,4	4,9	3,2	
Condutividade Elétrica (µS25°C)	156,2	141,9	155,5	155,1	141,1	140,6	98,8	93,0	
Desvio Padrão	36,2	15,4	23,1	23,7	23,8	19,6	15,7	3,9	-
Nitrogênio Kjeldahl (mg L¯¹ N-NTK)	3,3	1,1	3,3	1,4	2,8	1,8	2,2	1,9	-
Desvio Padrão	2,3	0,8	1,2	1,1	1,1	0,9	0,4	1,2	
Nitrogênio Amoniacal (mg L¯¹ N-NH3)	0,82	0,25	0,46	0,79	0,27	0,36	0,10	0,09	3,7mgL^{-1} N para pH ≤ 7,5; 2,0 mgL^{-1} N para 7,5 < pH ≤ 8,0
Desvio Padrão	0,92	0,32	0,74	0,50	0,23	0,28	0,09	0,10	

*Limite mínimo estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05.

P1 – distância aproximada de 27,2 km do exutório;

P4 – distância aproximada de 22,0 km do exutório;

P5 – distância aproximada de 17,7 km do exutório;

P7 – distância aproximada de 11,8 km do exutório;

Estações do ano: 1 = Chuvosa e 2 = Seca;

Os valores em realçados não estão de acordo com os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 para corpos de água de classe 2.

Valores da média e desvio padrão dos parâmetros químicos encontrados nos pontos de monitoramento no Ribeirão Água Parada.

Parâmetro	P1		P4		P5		P7		CONAMA 357/05
	Estações do Ano								
	1	2	1	2	1	2	1	2	
Nitrito (mg L^{-1} $N\text{-}NO_2$)	0,019	0,037	0,028	0,114	0,025	0,069	0,006	0,030	1,0
Desvio Padrão	0,007	0,022	0,019	0,046	0,019	0,035	0,025	0,014	
Nitrato (mg L^{-1} $N\text{-}NO_3$)	1,4	3,1	1,5	3,6	1,6	3,3	1,3	2,3	10,0
Desvio Padrão	0,7	0,6	0,6	0,9	1,1	0,8	0,5	0,4	
Fósforo Total (mg L^{-1} P)	0,08	0,24	0,27	0,44	0,24	0,42	0,11	0,28	Ambientes lóticos < 0,1; Ambientes lênticos ≤ 0,03
Desvio Padrão	0,33	0,19	0,17	0,67	0,24	0,41	0,16	0,48	
Fosfato (mg L^{-1} PO_4)	3,3	2,0	4,5	2,1	3,9	2,2	4,1	2,1	-
Desvio Padrão	0,9	0,9	1,7	0,9	2,1	0,7	2,2	0,9	
Sólidos Totais (mg L^{-1})	183,3	424,0	120,0	188,0	133,3	164,0	83,3	152,0	-
Desvio Padrão	151,3	162,8	96,3	72,8	84,1	85,7	88,0	59,1	
Sólidos Totais Dissolvidos (mg L^{-1})	70,3	54,5	73,1	61,3	67,2	57,2	46,6	38,0	500
Desvio Padrão	29,4	9,3	12,6	13,7	13,1	13,4	7,4	4,7	
Sólidos Fixos (mg L^{-1})	86,7	142,0	46,7	108,0	83,3	136,0	23,3	96,0	-
Desvio Padrão	61,5	74,6	49,3	64,7	64,2	62,2	38,5	46,2	
Sólidos Voláteis (mg L^{-1})	96,7	282,0	73,3	80,0	50,0	60,0	60,0	44,0	-
Desvio Padrão	94,4	144,4	63,7	37,6	43,7	27,3	54,6	31,6	

P1 – distância aproximada de 27,2 km do exutório;

P4 – distância aproximada de 22,0 km do exutório;

P5 – distância aproximada de 17,7 km do exutório;

P7 – distância aproximada de 11,8 km do exutório;

Estações do ano: 1 = Chuvosa e 2 = Seca;

Os valores em realçados não estão de acordo com os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 para corpos de água de classe 2.

Valores da média e desvio padrão dos parâmetros biológicos encontrados nos pontos de monitoramento no Ribeirão Água Parada.

Parâmetro	P1		P4		P5		P7		CONAMA 357/05
	Estações do Ano								
	1	2	1	2	1	2	1	2	
Coliformes Totais (NMP 100mL)	1,7E+06	8,6E+05	8,3E+05	3,4E+05	1,3E+06	2,4E+05	6,1E+05	4,3E+05	-
Desvio Padrão	8,7E+05	8,3E+05	6,0E+05	3,2E+05	1,1E+06	3,0E+05	9,6E+06	8,7E+05	
Escherichia coli (NMP 100mL)	**2,6E+03**	9,2E+02	**1,3E+03**	**2,5E+03**	**1,8E+03**	**2,4E+03**	**1,8E+03**	**3,1E+03**	1,0E+03
Desvio Padrão	5,1E+03	8,8E+02	7,5E+02	3,0E+03	7,2E+02	2,2E+03	3,3E+03	3,3E+03	

P1 – distância aproximada de 27,2 km do exutório;

P4 – distância aproximada de 22,0 km do exutório;

P5 – distância aproximada de 17,7 km do exutório;

P7 – distância aproximada de 11,8 km do exutório;

Estações do ano: 1 = Chuvosa e 2 = Seca;

Os valores em realçados não estão de acordo com os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 para corpos de água de classe 2.

Resultados obtidos da caracterização dos tipos de uso e ocupação do solo, área (km^2) e porcentagem de área em cada sub-bacia.

Sub-bacias	Tipos de Uso e Ocupação do Solo	Área km^2	% Área da Sub-bacia
P1	Plantação de eucalipto	2,57	9,4
	Vegetação nativa	4,84	17,8
	Plantação de cana de açúcar	1,14	4,2
	Plantação de outras agriculturas	5,17	19,0
	Cemitério	0,06	0,2
	Distrito Industrial	0,29	1,1
	I.P.A.	0,53	1,9
	Companhia de Energia do Estado de São Paulo	0,16	0,6
	Centro de Detenção Provisória	0,03	0,1
	Outras construções	0,01	0,1
	Pastagem	12,57	45,9
P2A	Plantação de eucalipto	1,81	17,6
	Vegetação nativa	3,75	36,4
	Outras construções	0,05	0,5
	Pastagem	4,99	47,1
P2B	Plantação de eucalipto	0,79	6,0
	Vegetação nativa	1,35	10,4
	Plantação de milho	0,94	7,2
	Zona Urbana	3,60	27,7
	Estação de Tratamento de Esgoto	0,01	0,1
	Pastagem	6,87	50,7
P3	Plantação de eucalipto	7,09	25,4
	Vegetação nativa	3,59	12,9
	Plantação de Cana de açúcar	0,86	3,1
	Plantação de abacate	1,36	4,9
	Aterro Sanitário	0,86	3,1
	Centros de Progressão Penitenciária	0,20	0,7
	Outras construções	0,14	0,5
	Pastagem	13,79	49,5
P4	Plantação de eucalipto	1,72	19,4
	Vegetação nativa	2,35	26,5
	Outras construções	0,04	0,5
	Pastagem	3,93	48,8

Sub-bacias	Tipos de Uso e Ocupação do Solo	Área km^2	% Área daSub-bacia
P5	Plantação de eucalipto	7,72	30,0
	Vegetação nativa	3,22	12,5
	Plantação de outras agriculturas	0,45	1,8
	Chácaras	3,76	14,6
	Outras construções	0,13	0,5
	Pastagem	10,48	40,7
P6	Plantação de eucalipto	0,77	2,8
	Vegetação nativa	5,70	21,0
	Plantação de Laranja	0,20	0,7
	Aeroporto	0,19	0,7
	Plantação de outras agriculturas	0,73	2,7
	Outras construções	0,14	0,5
	Pastagem	19,45	71,6
P7	Plantação de eucalipto	0,30	0,5
	Vegetação nativa	5,62	9,6
	Plantação de Laranja	1,09	1,9
	Plantação de abacaxi	0,15	0,03
	Plantação de manga	0,10	0,2
	Conjunto de chácaras Rio Verde	0,07	0,1
	Aeroporto	0,53	0,9
	Outras construções	0,03	0,05
	Pastagem	50,49	86,5
P8	Plantação de eucalipto	0,59	0,8
	Vegetação nativa	3,61	4,6
	Plantação de Laranja	1,15	1,5
	Plantação de outras agriculturas	5,67	7,2
	Outras construções	0,04	0,1
	Pastagem	67,17	85,9

Resultados dos parâmetros hidrogeométricos:

Jun/11

Ponto de jusante	Distância (km)	Cota inicial	Cota final	Declive médio (mkm^{-1})	Declive local (mkm^{-1})	Largura (m)	Profundidade média (m)	Coef. Manning	Área seção (m^2)	Perímetro molhado (m)	Raio Hidráulico (m)	Vazão (m^3s^{-1})	Velocidade (ms^{-1})
P1	2,7	488	478	3,70	3,70	1,4	0,600	0,15	0,84	2,6	0,323	0,160	0,191
P1K	2,35	478	475	1,28									
P2B	3,68	514	479	9,51									
P2K2	1,3	479	475	3,08									
P12K2	1,7	475	464	6,47									
P3	2,07	488	474	6,76	6,76	2,8	0,225	0,15	0,63	3,25	0,194	0,116	0,184
P3K	1,12	473	464	8,04									
P4	1,12	464	460	3,57	1,92	1,9	1,000	0,15	1,9	3,9	0,487	0,344	0,181
P5	4,29	460	452	1,86	1,86	3,5	0,655	0,15	2,2925	4,81	0,477	0,402	0,175
P7	5,876	452	442	1,70	1,70	3,9	1,175	0,15	4,5825	6,25	0,733	1,025	0,224
P7K	3,78	442	437	1,32									

jul/11

Ponto de jusante	Distância (km)	Cota inicial	Cota final	Declive médio (mkm^{-1})	Declive local (mkm^{-1})	Largura (m)	Profundidade média (m)	Coef. Manning	Área seção (m^2)	Perímetro molhado (m)	Raio Hidráulico (m)	Vazão (m^3s^{-1})	Velocidade (ms^{-1})
P1	2,7	488	478	3,70	3,70	1,25	0,4825	0,15	0,603125	2,215	0,272	0,103	0,170
P1K	2,35	478	475	1,28									
P2A	3,68	514	479	9,51									
P2K2	1,3	479	475	3,08									
P12K2	1,7	475	464	6,47									
P3	2,07	488	474	6,76	6,76	2,8	0,185	0,15	0,518	3,17	0,163	0,085	0,164
P3K	1,12	473	464	8,04									
P4	1,12	464	460	3,57	1,92	1,6	1,08	0,15	1,728	3,76	0,460	0,301	0,174
P5	4,29	460	452	1,86	1,86	3,36	0,595	0,15	1,9992	4,55	0,439	0,332	0,166
P7	5,876	452	442	1,70	1,70	3,6	1,230	0,15	4,428	6,06	0,731	0,988	0,223
P7K	3,78	442	437	1,32									

Agos/11

Ponto de jusante	Distância (km)	Cota inicial	Cota final	Declive médio (mkm^{-1})	Declive local (mkm^{-1})	Largura (m)	Profundidade média (m)	Coef. Manning	Área seção (m^2)	Perímetro molhado (m)	Raio Hidráulico (m)	Vazão (m^3s^{-1})	Velocidade (ms^{-1})
P1	2,7	488	478	3,70	3,70	1,08	0,335	0,15	0,3618	1,75	0,207	0,051	0,142
P1K	2,35	478	475	1,28									
P2A	3,68	514	479	9,51									
P2K2	1,3	479	475	3,08									
P12K2	1,7	475	464	6,47									
P3	2,07	488	474	6,76	6,76	2,6	0,145	0,15	0,377	2,89	0,130	0,053	0,141
P3K	1,12	473	464	8,04									
P4	1,12	464	460	3,57	1,92	1,5	1,09	0,15	1,635	3,68	0,444	0,278	0,170
P5	4,29	460	452	1,86	1,86	3,5	0,61	0,15	2,135	4,72	0,452	0,362	0,169
P7	5,876	452	442	1,70	1,70	3,3	1,075	0,15	3,5475	5,45	0,651	0,733	0,207
P7K	3,78	442	437	1,32									

Set/11

Ponto de jusante	Distância (km)	Cota inicial	Cota final	Declive médio (mkm^{-1})	Declive local (mkm^{-1})	Largura (m)	Profundidade média (m)	Coef. Manning	Área seção (m^2)	Perímetro molhado (m)	Raio Hidráulico (m)	Vazão (m^3s^{-1})	Velocidade (ms^{-1})
P1	2,7	488	478	3,70	3,70	1,5	0,44	0,15	0,66	2,38	0,277	0,114	0,173
P1K	2,35	478	475	1,28									
P2A	3,68	514	479	9,51									
P2K2	1,3	479	475	3,08									
P12K2	1,7	475	464	6,47									
P3	2,07	488	474	6,76	6,76	2,9	0,18	0,12	0,522	3,26	0,160	0,105	0,202
P3K	1,12	473	464	8,04									
P4	1,12	464	460	3,57	1,92	1,6	0,99	0,15	1,584	3,58	0,442	0,269	0,170
P5	4,29	460	452	1,86	1,86	3,5	0,475	0,12	1,6625	4,45	0,374	0,310	0,186
P7	5,876	452	442	1,70	1,70	3,65	1,030	0,15	3,7595	5,71	0,658	0,783	0,208
P7K	3,78	442	437	1,32									

Out/11

Ponto de jusante	Distância (km)	Cota inicial	Cota final	Declive médio (mkm^{-1})	Declive local (mkm^{-1})	Largura (m)	Profundidade média (m)	Coef. Manning	Área seção (m^2)	Perímetro molhado (m)	Raio Hidráulico (m)	Vazão (m^3s^{-1})	Velocidade (ms^{-1})
P1	2,7	488	478	3,70	3,70	2,1	0,49	0,15	1,029	3,08	0,334	0,201	0,195
P1K	2,35	478	475	1,28									
P2A	3,68	514	479	9,51									
P2K2	1,3	479	475	3,08									
P12K2	1,7	475	464	6,47									
P3	2,07	488	474	6,76	6,76	3,05	0,275	0,15	0,83875	3,6	0,233	0,174	0,208
P3K	1,12	473	464	8,04									
P4	1,12	464	460	3,57	1,92	2,8	0,755	0,15	2,114	4,31	0,490	0,384	0,182
P5	4,29	460	452	1,86	1,86	3,38	0,67	0,15	2,2646	4,72	0,480	0,399	0,176
P7	5,876	452	442	1,70	1,70	3,86	1,265	0,15	4,8829	6,39	0,764	1,122	0,230
P7K	3,78	442	437	1,32									

Nov/11

Ponto de jusante	Distância (km)	Cota inicial	Cota final	Declive médio (mkm^{-1})	Declive local (mkm^{-1})	Largura (m)	Profundidade média (m)	Coef. Manning	Área seção (m^2)	Perímetro molhado (m)	Raio Hidráulico (m)	Vazão (m^3s^{-1})	Velocidade (ms^{-1})
P1	2,7	488	478	3,70	3,70	2,85	0,615	0,15	1,75275	4,08	0,430	0,405	0,231
P1K	2,35	478	475	1,28									
P2A	3,68	514	479	9,51									
P2K2	1,3	479	475	3,08									
P12K2	1,7	475	464	6,47									
P3	2,07	488	474	6,76	6,76	3	0,34	0,15	1,02	3,68	0,277	0,238	0,233
P3K	1,12	473	464	8,04									
P4	1,12	464	460	3,57	1,92	3,4	1,13	0,15	3,842	5,66	0,679	0,867	0,226
P5	4,29	460	452	1,86	1,86	4,5	1,495	0,15	6,7275	7,49	0,898	1,801	0,268
P7	5,876	452	442	1,70	1,70	10,5	1,880	0,15	19,74	14,26	1,384	6,743	0,342
P7K	3,78	442	437	1,32									

Jan/12

Ponto de jusante	Distância (km)	Cota inicial	Cota final	Declive médio (mkm^{-1})	Declive local (mkm^{-1})	Largura (m)	Profundidade média (m)	Coef. Manning	Área seção (m^2)	Perímetro molhado (m)	Raio Hidráulico (m)	Vazão (m^3s^{-1})	Velocidade (ms^{-1})
P1	2,7	488	478	3,70	3,70	1,4	0,575	0,15	0,805	2,55	0,316	0,151	0,188
P1K	2,35	478	475	1,28									
P2A	3,68	514	479	9,51									
P2K2	1,3	479	475	3,08									
P12K2	1,7	475	464	6,47									
P3	2,07	488	474	6,76	6,76			0,15	0	0			
P3K	1,12	473	464	8,04									
P4	1,12	464	460	3,57	1,92	2,5	1,11	0,15	2,775	4,72	0,588	0,569	0,205
P5	4,29	460	452	1,86	1,86	3,7	0,745	0,15	2,7565	5,19	0,531	0,520	0,189
P7	5,876	452	442	1,70	1,70	4	1,835	0,15	7,34	7,67	0,957	1,960	0,267
P7K	3,78	442	437	1,32									