

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC  
CENTRO DE ENGENHARIA, MODELAGEM E CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL

Paula Lopes de Araujo

**A RELAÇÃO ENTRE O USO DO SOLO E A QUALIDADE DA ÁGUA  
EM MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS NO RESERVATÓRIO  
BILLINGS, NA GRANDE SÃO PAULO - SP**

**Santo André**

**2017**

**PAULA LOPES DE ARAUJO**

**A RELAÇÃO ENTRE O USO DO SOLO E A QUALIDADE DA ÁGUA  
EM MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS NO RESERVATÓRIO  
BILLINGS, NA GRANDE SÃO PAULO - SP**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade Federal do ABC, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental.

**Orientadora: Profa. Dra. Diana Sarita Hamburger**

**Coorientadora: Profa. Dra. Tatiane Araujo de Jesus**

**Santo André - SP**

**2017**

**Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do ABC**  
Elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da UFABC  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Araujo, Paula Lopes de

A relação entre o uso do solo e a qualidade da água em microbacias hidrográficas no reservatório Billings, na Grande São Paulo - SP / Paula Lopes de Araujo. — 2017.

74 fls. : il.

Orientadora: Diana Sarita Hamburger  
Coorientadora: Tatiane Araujo de Jesus

Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal do ABC, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, Santo André, 2017.

1. Recursos Hídricos. 2. Qualidade da Água. 3. Uso do solo. 4. Bacias Hidrográficas. 5. Geoprocessamento. I. Hamburger, Diana Sarita. II. Jesus, Tatiane Araujo de. III. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, 2017. IV. Título.



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**  
**Fundação Universidade Federal do ABC**  
**Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental**  
Avenida dos Estados, 5001 – Bairro Santa Terezinha – Santo André – SP  
CEP 09210-580 · Fone: (11) 4996-0017  
pgcta@ufabc.edu.br

### FOLHA DE ASSINATURAS

Assinaturas dos membros da Banca Examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Dissertação de Mestrado da candidata Paula Lopes de Araujo, realizada em 30 de janeiro de 2017:

Prof.(a) Dr.(a) **Diana Sarita Hamburger** (UFABC) – Presidente

Prof.(a) Dr.(a) **Roseli Frederigi Benassi** (UFABC) – Membro Titular

Prof.(a) Dr.(a) **Valdir de Cicco** (IF) – Membro Titular

Prof.(a) Dr.(a) **Eduardo Lucas Subtil** (UFABC) – Membro Suplente

Prof.(a) Dr.(a) **Maurício Ranzini** (IF) – Membro Suplente

**Este exemplar foi revisado e alterado em relação à versão original, de acordo com as observações levantadas pela banca no dia da defesa, sob responsabilidade única do autor e com a anuência de seu orientador.**

Santo André, 19 de abril de 2017.

Assinatura do autor: Paula Lopes de Araújo

Assinatura do orientador: 

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização desta pesquisa.

À minha orientadora Profa. Dra. Diana Sarita Hamburger, por todo o apoio e aprendizado que me proporcionou, toda a confiança em mim depositada, pela forma carinhosa, paciente e companheira com a qual me guiou na execução deste trabalho.

À minha coorientadora Profa. Dra. Tatiane Araujo de Jesus, por todo o auxílio, paciência e atenção, foi essencial na realização desta pesquisa.

Aos professores da banca, Valdir de Cicco e Roseli Frederigi Benassi, pela leitura generosa e atenciosa do trabalho e pelas sugestões.

Aos colegas do Laboratório de Análises Ambientais da UFABC por todo auxílio prestado.

À Secretaria de Gestão Ambiental do Município de São Bernardo do Campo, em especial à Gabriela Priolli de Oliveira, pelo apoio na realização do estudo, e à Marina Gonzalbo Cornieri, por sua amizade e pela leitura e sugestões no texto.

À Guarda Civil Ambiental do Município de São Bernardo do Campo, cujo suporte nas campanhas de campo foi primordial para a realização desta pesquisa. Em especial, ao Sr. Cicero Ribeiro Silva, e Fabio Santos Sampaio por autorizarem o acompanhamento.

Aos meus pais que sempre me incentivaram nos estudos, ao meu irmão que é um grande amigo, pela leitura minuciosa do texto, por todas as dicas, por ouvir os sonhos e desabafos.

Ao meu marido, pelo companheirismo, apoio e como bom professor que é também contribuiu muito com a revisão do texto.

## RESUMO

A poluição dos corpos hídricos compromete a qualidade da água para abastecimento humano além de outros usos múltiplos. Os fatores de poluição estão associados ao lançamento de efluentes e à poluição difusa relacionada ao tipo de uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica. Este trabalho aborda a relação entre o uso do solo e a qualidade da água em microbacias hidrográficas cuja drenagem verte diretamente para o Braço Rio Grande da Represa Billings, importante manancial utilizado para o abastecimento da Região Metropolitana de São Paulo. A área de estudo contém cursos d'água sob influência de usos diversos, tais como: ocupação urbana, chácaras, horticultura e mata. A identificação dos tipos de uso do solo na bacia foi realizada a partir de interpretação de imagens e de banco de dados em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG). Análises *in loco* e coletas de amostras foram realizadas para verificar a qualidade da água, por meio dos seguintes parâmetros: Temperatura, Turbidez, pH, Oxigênio Dissolvido, Sólidos Totais Dissolvidos, Condutividade Elétrica e Fósforo Total. Os resultados mostraram correlações entre os parâmetros avaliados e os usos do solo, havendo piora da qualidade nos usos mais antropizados, principalmente pela falta de coleta de efluentes domésticos, e água de melhor qualidade nas áreas mais vegetadas. Tais fatores apontam para a importância do controle e planejamento do uso do solo em bacias tributárias para manutenção da qualidade da água, em especial a coleta e tratamento de esgotos, principalmente em áreas de mananciais.

**Palavras-chave:** Recursos Hídricos; Qualidade da Água; Uso do solo; Bacias Hidrográficas; Geoprocessamento.

## ABSTRACT

Water bodies pollution endanger water for human consumption and other multiple uses. Pollution factors are associated with the discharge of effluents and diffuse pollution related to watershed land use. This work addresses the relationship between land use and water quality in watersheds whose streams drain directly into the Billings reservoir, important supply source of the São Paulo Metropolitan Region. The study area contains watercourses under the influence of various uses such as urban settlements, farms, horticulture, and forest. The identification of land use in the basin was performed using image interpretation and database on Geoprocessing Information System (GIS). Analysis *in loco* and samples were collected to verify the water quality, using the following parameters: Temperature, Turbidity, pH, Dissolved Oxygen, Total Dissolved Solids, Electrical Conductivity and Total Phosphorus. The results showed correlations between parameters and land uses, with worse quality in the most anthropic uses, mainly the lack of sewage collect systems, and better water quality in the most vegetated areas. These factors point out to the importance of planning and control of land use in watersheds for maintenance of water quality, in particular the collection and treatment of sewage, especially in spring watershed areas.

**Keywords:** Water resources; Water Quality; Land Use; Watersheds; Geoprocessing.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Bacia do Alto Tietê e Bacia da represa Billings .....	20
<b>Figura 2.</b> Barragem Anchieta que separa o Braço do Rio Grande do corpo central da Billings. Ao fundo, à direita está a captação da Sabesp.....	21
<b>Figura 3.</b> Localização da área de estudo.....	22
<b>Figura 4.</b> Histograma de chuvas e temperaturas médias no município de São Bernardo do Campo .....	23
<b>Figura 5.</b> Uso e ocupação do solo na área de estudo .....	26
<b>Figura 6.</b> Localização das estações de amostragem na área de estudo.....	30
<b>Figura 7.</b> Distribuição das classes de uso do solo por microbacias.....	37
<b>Figura 8.</b> Resultados dos parâmetros de qualidade da água nas estações 1-UC e 1a-Nascente da UC.....	48
<b>Figura 9.</b> Resultados dos parâmetros de qualidade da água nas estações 6-urbana e 6a-várzea .....	50
<b>Figura 10.</b> Resultados dos parâmetros de qualidade da água para estações 5–horta e 7-represa .....	51
<b>Figura 11.</b> Resultados dos parâmetros de qualidade da água por períodos: seco e chuvoso.....	53
<b>Figura 12.</b> Resultados perante o atendimento à Resolução CONAMA nº357/2005 para Turbidez .....	56
<b>Figura 13.</b> Resultados perante o atendimento à Resolução CONAMA nº357/2005 para pH .....	57
<b>Figura 14.</b> Resultados perante o atendimento à Resolução CONAMA nº357/2005 para OD.....	57
<b>Figura 15.</b> Resultados perante o atendimento à Resolução CONAMA nº357/2005 para STD.....	58
<b>Figura 16.</b> Resultados perante o atendimento à Resolução CONAMA nº357/2005 para fósforo total nas estações menos antropizadas, ambientes lóticos.....	59
<b>Figura 17.</b> Resultados perante o atendimento à Resolução CONAMA nº357/2005 para fósforo total na estação 5 - ambiente lêntico.....	59
<b>Figura 18.</b> Resultados perante o atendimento à Resolução CONAMA nº357/2005 para fósforo total nas estações mais antropizadas, ambientes lóticos.....	60
<b>Figura 19.</b> Resultados de CE perante recomendação da CETESB.....	60

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Enquadramento da água em classes conforme Resolução CONAMA n°357, de 2005. ....	13
<b>Tabela 2.</b> Descrição das estações de amostragem. ....	28
<b>Tabela 3.</b> Descrição das estações de amostragem adicionais. ....	30
<b>Tabela 4.</b> Datas das coletas, estações, pluviosidade 24 horas e período do ano (seco ou chuvoso). ....	31
<b>Tabela 5.</b> Coordenadas geográficas das estações (UTM – zona 23). ....	32
<b>Tabela 6.</b> Declividade média (%) das microbacias. ....	38
<b>Tabela 7.</b> Pluviosidade (mm) acumulada das 24 horas anteriores à coleta e acumulado mensal ....	38
<b>Tabela 8.</b> Resultados de temperatura da água (°C) nas seis estações amostradas no período estudado ....	40
<b>Tabela 9.</b> Resultados obtidos de turbidez (UNT) nas seis estações amostradas no período estudado ....	41
<b>Tabela 10.</b> Resultados obtidos de pH nas seis estações amostradas no período estudado ....	42
<b>Tabela 11.</b> Resultados de Oxigênio Dissolvido ( $\text{mg L}^{-1}$ ) nas seis estações amostradas no período estudado.....	43
<b>Tabela 12.</b> Resultados de Sólidos Totais Dissolvidos ( $\text{mg L}^{-1}$ ) nas seis estações amostradas no período estudado.....	44
<b>Tabela 13.</b> Resultados de Condutividade Elétrica ( $\text{mg L}^{-1}$ ) nas seis estações amostradas no período estudado.....	44
<b>Tabela 14.</b> Resultados de Fósforo Total ( $\text{mg L}^{-1}$ ) nas seis estações amostradas no período estudado ....	45
<b>Tabela 15.</b> Resultados da ANOVA para os parâmetros nas diferentes estações de amostragem ....	46
<b>Tabela 16.</b> Coeficiente de Pearson e teste t para os parâmetros e pluviosidade 24 horas ....	54
<b>Tabela 17.</b> Coeficiente de Pearson e teste t para os parâmetros e pluviosidade 30 dias.....	55
<b>Tabela 18.</b> Correlação entre a média dos parâmetros e mata por estação: coeficiente de Pearson e teste t .....	61
<b>Tabela 19.</b> Correlação entre a média dos parâmetros e usos mais antropizados por estação: coeficiente de Pearson e teste t.....	62
<b>Tabela 20.</b> Correlação entre a média dos parâmetros e usos moderadamente antropizados por estação: coeficiente de Pearson e teste t.....	63

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	9
2. OBJETIVOS .....	11
2.1. Objetivo geral .....	11
2.2. Objetivos específicos.....	11
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	12
3.1. Parâmetros de qualidade da água.....	12
3.2. Relação entre uso do solo, qualidade da água e bacias hidrográficas .....	15
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	19
4.1. Área de estudo .....	19
4.1.1. Caracterização regional .....	19
4.1.2. Detalhamento da área de estudo .....	21
4.2. Base cartográfica.....	23
4.2.1. Dados cartográficos .....	23
4.2.2. Procedimentos metodológicos para delimitação da hidrografia e microbacias hidrográficas .....	24
4.2.3. Procedimentos metodológicos para obtenção da declividade média.....	24
4.2.4. Mapeamento do uso do solo.....	24
4.3. Dados pluviométricos .....	27
4.4. Dados demográficos e de esgotamento sanitário.....	27
4.5. Estações de amostragem e campanhas de campo .....	27
4.6. Medição dos parâmetros de qualidade da água .....	32
4.7. Análises estatísticas .....	33
4.8. Verificação do atendimento à legislação pertinente .....	34
4.9. Comparação com estudos semelhantes.....	35
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	36
5.1. Microbacias: uso do solo e declividade média.....	36
5.2. Dados pluviométricos .....	38
5.3. Análise dos dados de esgotamento sanitário .....	39
5.4. Parâmetros de qualidade da água.....	39
5.4.1. Temperatura da água.....	39
5.4.2. Turbidez .....	41
5.4.3. pH .....	42

5.4.4. Oxigênio Dissolvido.....	42
5.4.5. Sólidos Totais Dissolvidos .....	43
5.4.6. Condutividade Elétrica .....	44
5.4.7. Fósforo Total.....	45
5.4.8. Análise de variância dos parâmetros .....	46
5.5. Avaliação das estações adicionais .....	47
5.6. Pluviosidade e qualidade da água.....	52
5.7. Atendimento à legislação pertinente.....	56
5.8. Relação entre o uso do solo e a qualidade da água nas microbacias.....	61
6. CONCLUSÕES .....	64
7. RECOMENDAÇÕES.....	66
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	67

## 1. INTRODUÇÃO

As atividades humanas traduzem-se em diferentes formas de uso e ocupação do solo que interferem no ambiente sobre inúmeros aspectos, principalmente no consumo de recursos e lançamento de resíduos. Especialmente em relação aos recursos hídricos, essas interferências ocorrem de diversas formas, desde o relacionamento com o ciclo da água nos diversos compartimentos do ambiente, até a poluição que pode afetar sua capacidade natural de autodepuração. Tais interferências podem variar de acordo com o tipo de uso do solo, seja agrícola, urbano, ou outro.

No caso de regiões metropolitanas, o comprometimento dos recursos hídricos é mais severo. Com o aumento cada vez mais acentuado da urbanização, seu avanço sobre áreas naturais eleva o risco de escassez de água, pois ocorre ao mesmo tempo o aumento da demanda por recursos hídricos e a redução na oferta. A mudança de cobertura do solo, de áreas vegetadas para áreas urbanizadas, afeta o ciclo hidrológico. Além disso, muitas vezes a infraestrutura de saneamento não acompanha a velocidade do crescimento das cidades, ocasionando a poluição dos corpos hídricos pelo despejo de esgotos.

A Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) ilustra essa situação. Um dos principais mananciais de abastecimento da região, a represa Billings, tem sofrido com a intensa ocupação urbana em seu entorno ao longo de décadas, o que pode comprometer a qualidade da água. Ressalta-se que a represa foi utilizada como alternativa de abastecimento mediante a crise hídrica que afetou a RMSP em 2014, em especial os sistemas produtores Cantareira e Alto Tietê (SABESP, 2015).

Conforme dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, o índice de tratamento do esgoto coletado na RMSP é de 47,5 % (SNIS, 2014).

O estudo da relação entre os diversos tipos de uso e ocupação do solo sobre a qualidade da água fornece uma importante ferramenta de planejamento. Estudos com tal perspectiva sobre a região versam principalmente sobre o reservatório Guarapiranga (ANDRADE, 2005; BONETO, 2007; DALMAS et al., 2015). Um estudo de modelagem de cargas difusas para o reservatório Billings foi proposto, entretanto, os dados utilizados foram oriundos do reservatório Guarapiranga (JESUS, 2006). Os modelos para estimar cargas de fósforo afluentes ao reservatório, para serem validados, dependem de estudos da contribuição de

cargas difusas nas bacias, mas não estão contemplados no escopo da rede de monitoramento de qualidade das águas (LAMPARELLI, 2004).

O Reservatório Billings, como manancial de abastecimento, já é monitorado pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB. Entretanto, seus afluentes carecem de informações. Assim, o presente estudo propôs colaborar na redução desta lacuna de conhecimento, por meio da avaliação da qualidade da água em microbacias submetidas a variados usos, cuja drenagem verte para o reservatório Billings.

A hipótese investigada foi: Córregos inseridos em microbacias possuidoras de usos menos antrópicos, com predominância de mata, apresentam água de melhor qualidade.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo geral**

Avaliar a influência do uso do solo na qualidade da água em microbacias hidrográficas utilizando técnicas de geoprocessamento e análises de parâmetros de qualidade da água, visando auxiliar o entendimento da poluição de bacias tributárias para a gestão dos recursos hídricos.

### **2.2. Objetivos específicos**

- a) Avaliar e discutir a adequação de parâmetros de qualidade da água (Temperatura, Turbidez, pH, Oxigênio Dissolvido, Sólidos Totais Dissolvidos, Condutividade Elétrica e Fósforo Total) para demonstrar sua relação com o uso do solo nas microbacias;
- b) Avaliar a influência da pluviosidade sobre os resultados dos parâmetros de qualidade da água monitorados;
- c) Analisar a relação entre uso do solo e a qualidade da água nas microbacias;
- d) Verificar a influência da declividade sobre os resultados dos parâmetros de qualidade da água monitorados;
- e) Verificar o atendimento dos resultados de qualidade da água perante a legislação pertinente.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os próximos itens versam sobre revisão teórica acerca dos temas atinentes ao objeto de estudo, quais sejam:

- Parâmetros de qualidade da água;
- Relação entre uso do solo, qualidade da água e bacias hidrográficas.

Longe de esgotar os temas supracitados, pretende-se com a revisão introduzir e contextualizar conceitos que fundamentam o presente estudo.

#### 3.1. Parâmetros de qualidade da água

A qualidade da água pode ser avaliada por meio de parâmetros, os quais “traduzem as suas principais características físicas, químicas e biológicas” (VON SPERLING, 2005, p.26).

Segundo Meybeck et al. (1996) um programa de monitoramento da qualidade da água pode ter diferentes níveis de complexidade. Um monitoramento simples pode ser realizado com os parâmetros: temperatura, pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, sólidos suspensos totais e até observação visual.

Conforme Von Sperling (2005), alguns parâmetros permitem avaliar a poluição oriunda de diversas fontes: águas residuárias urbanas ou industriais, além de águas pluviais urbanas, de agricultura e pastagem, dentre eles: sólidos totais dissolvidos, nutrientes como o fósforo, condutividade elétrica. De acordo com o mesmo autor, ao falar em qualidade da água deve-se saber que existe a qualidade de água observável, referente ao estado da água, e existe também a qualidade desejável, de acordo com os usos a que se destina, geralmente regulada por normas com padrões específicos.

O enquadramento da água em classes é um instrumento previsto na Política Nacional dos Recursos Hídricos, instituída pela Lei n.º 9.433, de 1997. Conforme o art. 9º, o enquadramento dos corpos de água em classes segue os usos preponderantes da água, com vistas a assegurar qualidade compatível com seus usos mais exigentes e, mediante ações preventivas permanentes, reduzir os custos de combate à poluição.

A Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, n.º 357/05 (BRASIL, 2005), estabelece os padrões de qualidade das águas segundo as diferentes classes de enquadramento, conforme a tabela 1. Segundo a Resolução, padrão é um valor limite adotado como requisito normativo de um parâmetro de

qualidade de água ou efluente. Parâmetro, por sua vez, é um indicador representativo da qualidade da água.

**Tabela 1.** Enquadramento da água em classes conforme Resolução CONAMA nº357, de 2005.

<b>Classes de enquadramento</b>	<b>Descrição</b>
Especial	Águas destinadas, entre outros, ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção
Classe 1	Águas que podem ser destinadas, dentre outros, ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado
Classe 2	Águas que podem ser destinadas, dentre outros, ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional
Classe 3	Águas que podem ser destinadas, dentre outros, ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado
Classe 4	Águas que podem ser destinadas à navegação e à harmonia paisagística.

Fonte: Adaptado de Brasil (2005)

Os padrões de qualidade da água podem ser diferenciados conforme o tipo de ambiente aquático: lótico ou lêntico. A Resolução CONAMA nº 357/05 define ambiente lótico como aquele relativo a águas continentais moventes, a exemplo de rios e córregos. Ambiente lêntico, por sua vez, se refere a águas paradas ou com movimento lento, tais como lagos e reservatórios artificiais. De acordo com Tundisi (2008), em ambientes lóticos predominam fluxos turbulentos, aumentando o transporte de materiais. Ambientes lênticos tem maior tempo de retenção da água no sistema, e no caso de reservatórios artificiais, está relacionada à operação do mesmo, com isso, ocorre rápido envelhecimento da água, o transporte de substâncias ocorre pela circulação vertical e horizontal na coluna d'água de forma lenta.

Alguns dos parâmetros que possuem padrões definidos pela CONAMA nº 357/05 são: Turbidez, pH, Oxigênio Dissolvido (OD), Sólidos Totais Dissolvidos (STD) e Fósforo Total (PT).

A turbidez está relacionada com a atenuação da passagem de luz pela água devido à absorção ou espalhamento por partículas orgânicas, tais como bactérias e plâncton, e inorgânicas como argila, silte e areia (CETESB, 2009). A turbidez é medida por Unidades Nefelométricas de Turbidez - UNT, de forma que o maior

número de Unidades de Turbidez indica menor transparência da água. Em águas com turbidez equivalente a 10 UNT, ocorre leve nebulosidade, já para valores de turbidez iguais a 500 UNT, a água é praticamente opaca (VON SPERLING, 2005).

De acordo com CETESB e ANA (2011, p.246), “o potencial hidrogeniônico (pH) é o cologaritmo da concentração de íons hidrogênio em uma amostra, expresso em mol L<sup>-1</sup>”. Sua escala varia entre 0 e 14, indicando condição de neutralidade, alcalinidade ou acidez da água. “Variável importante que influencia vários processos biológicos e químicos. Variações bruscas de pH podem indicar presença de efluentes industriais” (PORTO; MARTINS; ARMELIN, 2009, p.88).

O oxigênio dissolvido (OD) é essencial para todas as formas de vida aquática e tem papel fundamental no processo de autodepuração. Águas poluídas geralmente apresentam baixa concentração de OD (CETESB, 2009). Conforme Tundisi (2008), o oxigênio dissolvido, por sua relevância biológica, estando envolvido em diversas reações químicas, configura-se em um dos parâmetros mais importantes em Limnologia. Além de poder ser expresso em mg.L<sup>-1</sup>, pode ser também expresso em porcentagem de saturação, sendo 100% o máximo teor de oxigênio dissolvido na água.

Os sólidos presentes na água correspondem a toda matéria que permanece como resíduo após processos de secagem ou calcinação, podendo contribuir negativamente em parâmetros como turbidez (SABESP, 1999). São classificados segundo sua dimensão em: sólidos em suspensão, sólidos coloidais e sólidos dissolvidos, sendo estes os de menor dimensão (VON SPERLING, 2005). Podem causar danos à vida aquática, sedimentando no leito e danificando a desova de peixes, além de promover decomposição anaeróbia no fundo dos rios (CETESB, 2009).

O fósforo é um parâmetro importante de análise, pois está relacionado ao processo de eutrofização, que é o aumento de nutrientes em corpos hídricos. É um macronutriente exigido pelas células e em grandes quantidades pode acelerar o processo de eutrofização dos corpos d'água (CETESB, 2009). É limitante nesse processo, pois é o menor proporcionalmente na relação PNC – fósforo, carbono e nitrogênio (LAMPARELLI, 2004). Constitui a causa principal de eutrofização provocada por fontes difusas ou pontuais, intensificando a proliferação de fitoplâncton e macrófitas, que ao morrerem, levam ao aumento da matéria orgânica, seguido de decomposição, que reduz o oxigênio dissolvido na água (TUNDISI,

2008). O aumento de algas também é denominado floração e sua ocorrência pode ocasionalmente ser notada no reservatório Billings.

Apesar de não ter padrões definidos pela Resolução CONAMA nº357/2005, a condutividade elétrica é um parâmetro importante, pois mede a capacidade da água na transmissão de corrente elétrica, relacionada à concentração de espécies iônicas dissolvidas. Valores superiores a  $100 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  podem indicar problemas de poluição (CETESB, 2009).

A temperatura da água é importante para avaliação, pois pode exercer interferência em outros parâmetros (PORTO; MARTINS; ARMELIN, 2009). Como exemplo, tem-se que elevações de temperatura reduzem a solubilidade dos gases, como o oxigênio dissolvido (VON SPERLING, 2005).

Para analisar os parâmetros de qualidade da água é recomendável observar as condições meteorológicas, em especial, a ocorrência de chuvas nas vinte e quatro horas anteriores à coleta, (CEMIG, 2009; CETESB; ANA, 2011). Conforme Meybeck et al. (1996), variações químicas e biológicas de corpos hídricos geralmente ocorrem dentro do intervalo de um dia. Além disso, segundo o autor, é importante monitorar as chuvas, pois podem influenciar na poluição difusa, por carrearem material, principalmente de solo exposto que é facilmente erodido. Dados mensais de pluviosidade também são frequentemente considerados em estudos de qualidade de águas naturais em bacias hidrográficas (ANDRADE, 2005; MORUZZI et al., 2012; RICHTER et al., 2007; SILVA, et al., 2008).

### **3.2. Relação entre uso do solo, qualidade da água e bacias hidrográficas**

A definição de uso da terra, conforme IBGE (2013), geralmente tem associação com as atividades humanas realizadas sobre uma extensão de terra ou ecossistema. O termo 'uso e ocupação do solo' também é utilizado, categorizando o uso em diversas classes, como área urbanizada, solo exposto, cobertura vegetal, entre outros (EMPLASA, 2003). É com esta definição que o presente trabalho utiliza o termo 'uso do solo'.

Algumas das mais antigas pesquisas sobre a relação entre uso do solo e sua influência na qualidade da água em bacias hidrográficas datam das décadas de

1960 e 1970<sup>1</sup>, com destaque para avaliações em bacias hidrográficas com usos predominantemente agrícolas e de silvicultura, mas alguns trabalhos já incluíam usos urbanos, a exemplo de Leopold (1968). Diversos trabalhos mais recentes referenciaram influências urbanas sobre a drenagem, como o aumento da impermeabilização, lançamento de efluentes domésticos e industriais (MOURA et al., 2010; SOUZA; GASTALDINI, 2014; ZAMPELLA et al., 2007). Modelagem matemática com apoio de programas computacionais, além de sistemas de informações geográficas são frequentemente utilizados (CHAVES; SANTOS, 2009; LI et al., 2008; TONG; CHEN, 2002). Conforme a Agência Americana de Proteção Ambiental (US EPA, s.d.), as principais contribuições de áreas agrícolas à poluição da água são oriundas do excesso de nutrientes (nitrogênio e fósforo) aplicados nas plantações, enquanto nas áreas urbanas, mesmo se houver tratamento de efluentes domésticos e industriais, podem ocorrer vazamentos, que alcançariam cursos d'água, inclusive transportados pela água subterrânea.

Conforme Tucci (2006), além do abastecimento humano, a água no meio urbano sofre interações com a população sob diversos aspectos. Entretanto, sem o planejamento da ocupação urbana, que envolve fundamentos interdisciplinares, ocorrem processos como a deterioração da qualidade da água e o aumento da frequência de inundações, acarretando em transtornos e custos para a sociedade.

A água no contexto não urbano, especialmente em áreas com vegetação natural, é integrada na paisagem, geralmente comporta os mananciais de abastecimento, permite o contato primário com atividades de lazer, além de abrigo da biodiversidade. Silva et al. (2011) realizaram estudo em três bacias hidrográficas e demonstraram que aquela possuidora de área protegida apresentou água de melhor qualidade, evidenciando maior tamponamento exercido pela vegetação existente. Em relação à água, destaca-se o papel da vegetação em seu ciclo, mediante a manutenção da umidade pela evapotranspiração das folhas, além da infiltração da água no solo, alimentando aquíferos e córregos (DAILY et al., 1997).

O estudo de Allan et al. (1997) no Michigan, Estados Unidos, indicou que usos agrícolas forneceram maiores aportes de nutrientes e sedimentos por escoamento superficial. Por intermédio de modelagem, inferiu-se que áreas

---

<sup>1</sup> Busca em bases de dados (*Scopus, web of Science*) com os termos "*land use water quality*" resultou em estudos mais antigos na década de 1960 como Brinser, A. 1962; adicionando o termo '*basin*' os resultados mais antigos datam da década de 1970, como Sargent, F.O. et al.1977.

florestadas poderiam reduzir consideravelmente o aporte de nutrientes e sedimentos para o rio. Também foram detectadas sobreposições políticas e jurisdicionais e, apesar de muitas decisões sobre o uso serem de órgãos locais, esses não possuem informações ou autoridade para influenciar em usos a montante e jusante.

Em estudos sobre recursos hídricos, o recorte espacial recomendado é a bacia hidrográfica, sendo preconizada como unidade de planejamento pela Política Nacional de Recursos Hídricos, Lei nº 9433 de 1997 (BRASIL, 1997) e Política Estadual de Recursos Hídricos, Lei nº 7663 de 1991 (SÃO PAULO, 1991).

Uma bacia hidrográfica “é resultante de dois ou mais vales, formando uma depressão no terreno, rodeada geralmente por elevações. Uma bacia se limita com outra pelo divisor de águas” (IBGE, s.d., p. 9), ou ainda, “bacia hidrográfica ou bacia de contribuição de uma seção de um curso d’água é a área geográfica coletora de água de chuva que, escoando pela superfície do solo, atinge a seção considerada” (VON SPERLING, 2007, p.38). A delimitação dos limites de bacias deve considerar as elevações interfluviais, seguindo os pontos cotados e as curvas de nível, conforme Horton (1945).

Para delimitação dessas áreas, podem ser utilizados Sistemas de Informações Geográficas (SIGs). Conforme Albuquerque (2012), este procedimento compõe uma etapa metodológica na fase de delimitação e reconhecimento que permite, posteriormente, dentro dessa área, a criação de um banco de dados e a geração de SIGs que servem como armazenadores de informações.

Geralmente uma bacia hidrográfica pode ser subdividida em bacias menores, tal qual uma microbacia, definida como “a menor manifestação física que permite quantificar, de forma integrada, o funcionamento da natureza” (LIMA; ZAKIA, 1998, p.56). Para os mesmos autores, “a microbacia, como unidade geomorfológica da paisagem, pode funcionar como uma manifestação espacialmente bem definida de um sistema natural aberto” (p.59). Dessa forma, entende-se que as atividades desenvolvidas dentro dessa unidade influenciam aspectos hidrológicos e biogeoquímicos, afetando, por exemplo, qualidade e quantidade de água, balanço de nutrientes, entre outros. Para estudos de assoreamento e erosão, os autores propõem como indicadores, entre outros, turbidez, condutividade elétrica e oxigênio dissolvido.

Além do tipo de uso e ocupação do solo, determinados aspectos físicos da bacia também podem exercer influência em processos como a erosão. Segundo

Lima (2008), a declividade geral da bacia guarda relação com o processo erosivo, pois influi na relação entre a precipitação e o deflúvio, principalmente devido ao aumento da velocidade de escoamento superficial.

## **4. MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1. Área de estudo**

#### **4.1.1. Caracterização regional**

O município de São Bernardo do Campo localiza-se na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP).

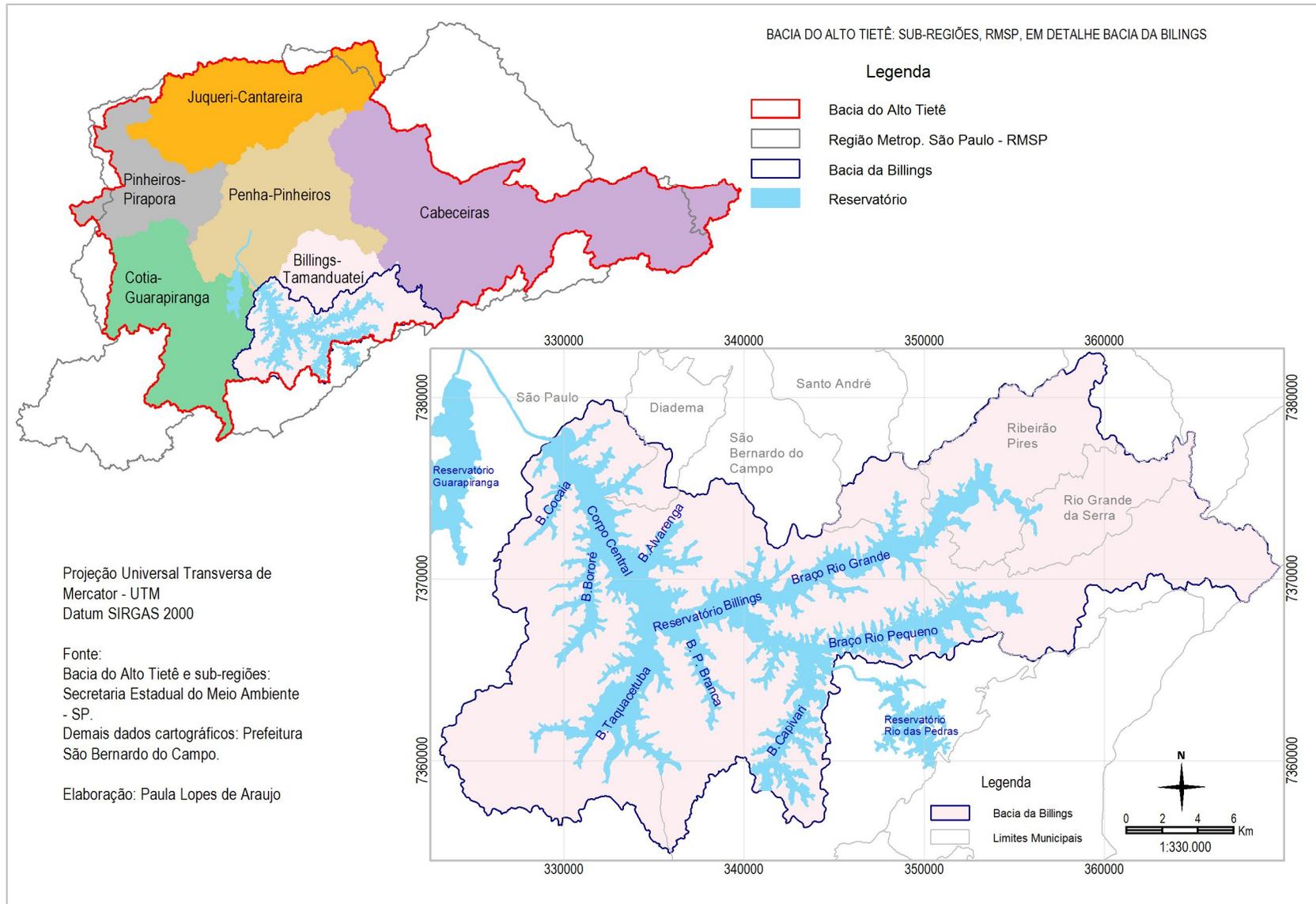
Em relação ao clima, segundo a classificação de Koeppen o tipo dominante na região é o Cwa, caracterizado pelo clima tropical de altitude, com predominância de chuvas no verão e períodos mais secos no inverno, com a temperatura média do mês mais quente superior a 22 °C (CEPAGRI;UNICAMP, s.d.).

Com vistas ao gerenciamento descentralizado dos recursos hídricos, o Estado de São Paulo foi dividido em 22 (vinte e duas) Unidades Hidrográficas de Gerenciamento de Recursos Hídricos - UGRHI, conforme a Lei nº 9.034 de 1994 (SÃO PAULO, 1994). A RMSP está majoritariamente inserida na UGRHI Alto Tietê, sendo que o município de São Bernardo do Campo está localizado próximo a região de cabeceiras, na sub-bacia Billings -Tamanduateí. Estudo interinstitucional mostrou que a bacia do Alto Tietê está dentre as que possuem os maiores índices de utilização de água, apresentando risco de escassez (DAEE; IG; IPT; CPRM, 2005).

A bacia hidrográfica da represa Billings ocupa um território de 582,8 km<sup>2</sup>, situada na porção sudeste da Região Metropolitana de São Paulo. Sua área de drenagem abrange os municípios de Rio Grande da Serra, Diadema, Ribeirão Pires, Santo André, São Bernardo do Campo e São Paulo e está inserida no domínio da Mata Atlântica (ISA, 2002). Está dividida em sub-regiões de acordo com seus braços: Corpo Central, Braço do Alvarenga, Braço do Bororé, Braço do Capivari, Braço do Cocaia, Braço Pedra Branca, Braço do Rio Grande, Braço do Rio Pequeno e Braço Taquacetuba. A figura 1 apresenta a bacia do Alto Tietê com suas sub-regiões e a bacia da represa Billings e seus braços.

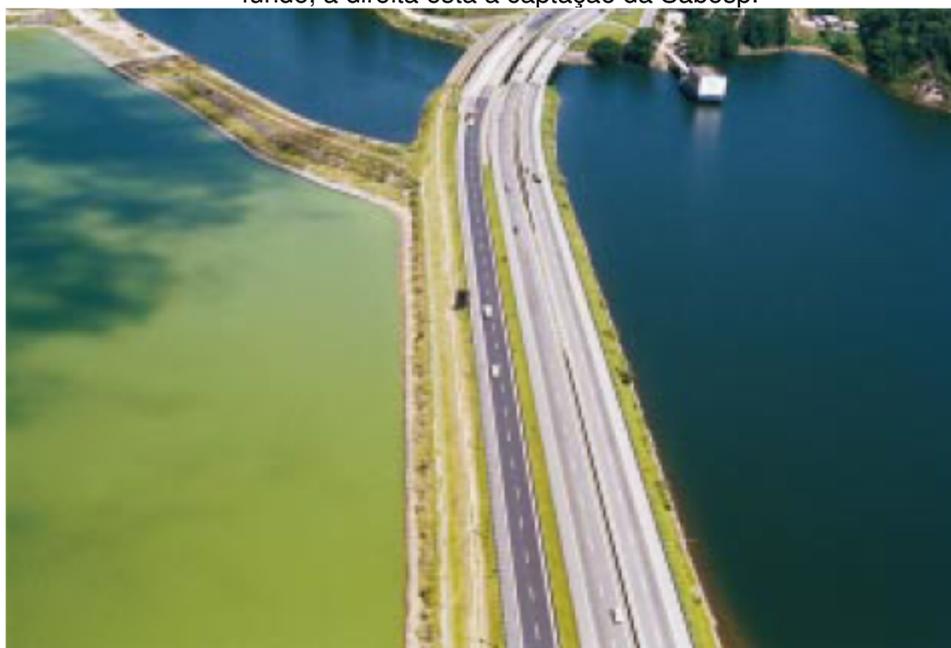
A represa Billings foi inicialmente construída para geração de energia pela Usina Hidroelétrica (UHE) Henry Borden, na década de 1920, mas devido ao crescimento populacional ocorrido na década de 1950 nos municípios do ABC paulista (Santo André, São Bernardo do Campo e São Caetano do Sul) e da capital São Paulo, a represa passou a ser fonte de abastecimento público de água para a região a partir do ano de 1958 (ISA, 2002).

Figura 1. Bacia do Alto Tietê e Bacia da represa Billings



No início dos anos 1940, iniciou-se o desvio de parte da água do Rio Tietê e seus afluentes para o reservatório Billings, a fim de aumentar a vazão da Represa e ampliar a capacidade de geração de energia elétrica na UHE Henry Borden. Esse bombeamento passou a comprometer a qualidade da água da Billings, levando à interceptação do Braço Rio Grande na década de 1980, com a construção da Barragem Anchieta, para garantir o abastecimento de água da região do Grande ABC paulista (ISA, 2002). Na figura 2 é possível observar a divisão entre o chamado “Corpo Central” da Billings à esquerda da rodovia Anchieta, e o braço do Rio Grande à direita. Nota-se a diferença de cor da água, que reflete a proliferação de algas à esquerda. Conforme dados do SNIS (2014), o índice de tratamento dos esgotos coletados no município de São Bernardo do Campo é de apenas 22 %.

**Figura 2.** Barragem Anchieta que separa o Braço do Rio Grande do corpo central da Billings. Ao fundo, à direita está a captação da Sabesp.



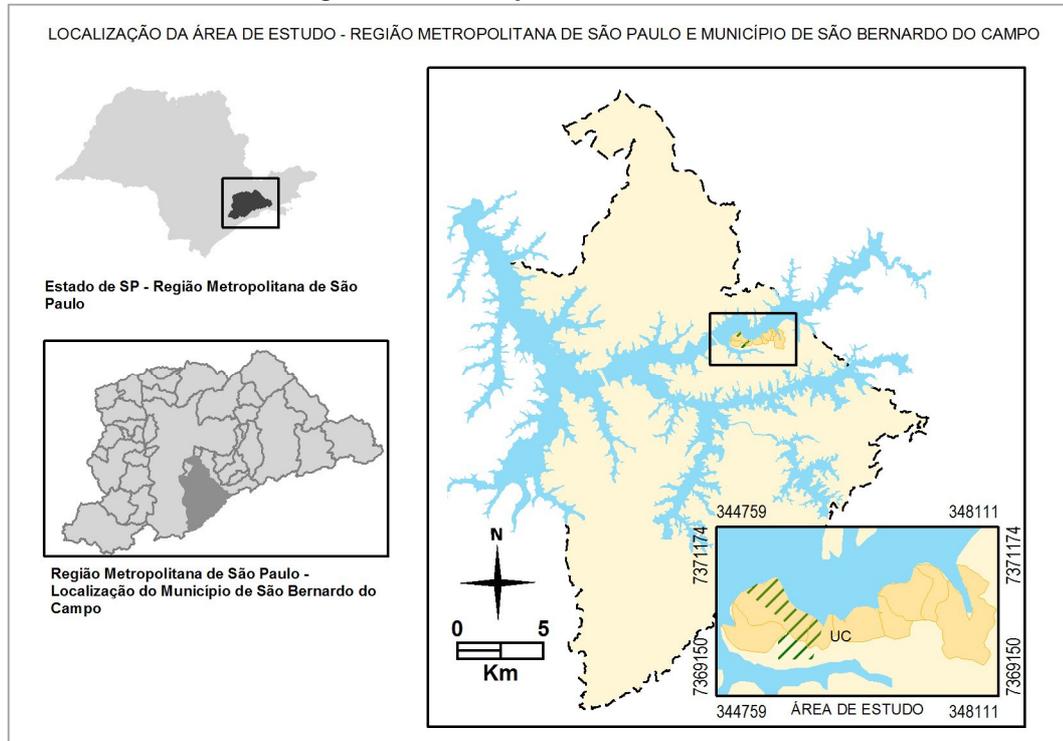
Fonte: (ISA, 2002). Foto de dezembro de 1999.

#### 4.1.2. Detalhamento da área de estudo

A área de estudo está situada no município de São Bernardo do Campo, conforme a figura 3. É composta por microbacias hidrográficas que totalizam 129,645 hectares, localizada entre as coordenadas UTM (zona 23) 7371174 e 7369150 N, 344759 e 348111 S. Os córregos das microbacias vertem para o Braço Rio Grande da Represa Billings. Este braço possui captação de água para

abastecimento público pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo - SABESP.

**Figura 3.** Localização da área de estudo.



Fonte: Elaboração da autora a partir de dados da Prefeitura de São Bernardo do Campo.

Mais da metade do território do município de São Bernardo do Campo localiza-se na Área de Proteção e Recuperação dos Mananciais do Reservatório Billings, sendo que o espelho d'água do reservatório ocupa quase 20% da área total do município (PMSBC, 2012).

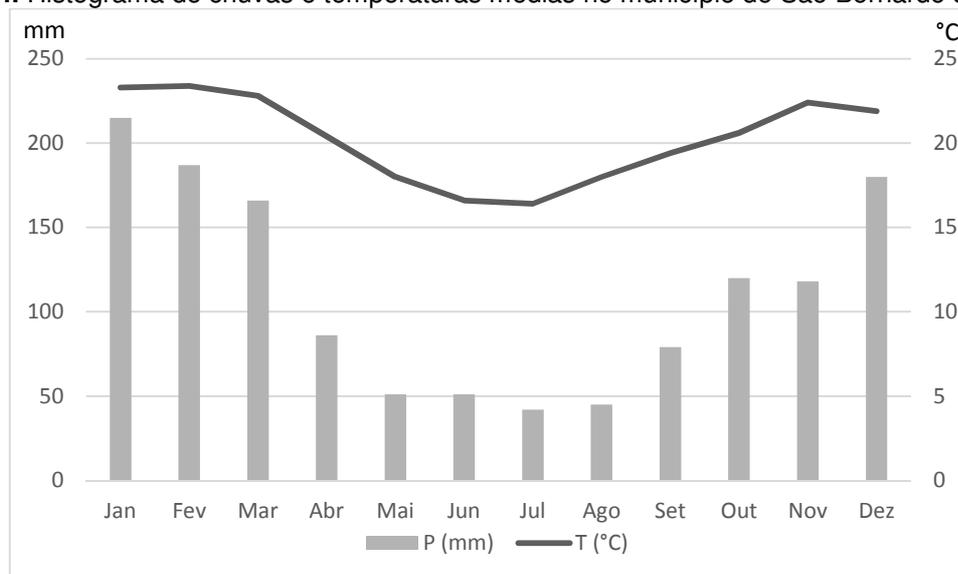
Conforme o Inventário Florestal do Estado de São Paulo, realizado pelo Instituto Florestal, predomina a formação vegetal Floresta Ombrófila Densa, característica de regiões tropicais com temperaturas elevadas e alta precipitação pluviométrica, cujos remanescentes florestais correspondem a 48% da área do município (SÃO PAULO, 2005).

O local escolhido para este estudo possui diversos tipos de uso e ocupação do solo, tais como: uso urbano, vegetação, horticultura, o que permite obter variabilidade para comparação da qualidade da água. Na área existe uma Unidade de Conservação, o Parque Natural Municipal Estoril. Esta área predominantemente verde já existente como parque urbano desde a década de 1950, teve seu caráter

alterado para Unidade de Conservação de proteção integral pelo Decreto Municipal nº 18.684, de 13 de novembro de 2013.

No município de São Bernardo do Campo a média de temperatura anual é de cerca de 20°C e pluviosidade de 111 milímetros, conforme a figura 4. É possível inferir o período seco entre os meses de abril e setembro, e o chuvoso entre outubro e março.

**Figura 4.** Histograma de chuvas e temperaturas médias no município de São Bernardo do Campo



Fonte: Elaborado pela autora, a partir de publicação Embrapa; Esalq, 2003 realizado com dados do DAEE - Período 1941-1970.

## 4.2. Base cartográfica

### 4.2.1. Dados cartográficos

Foram utilizadas cartas planialtimétricas da RMSP na escala 1:10.000, produzidas nos anos 1980/1981, para a identificação da hidrografia, delimitação das microbacias e cálculo da declividade média. Empregou-se as articulações do Sistema Cartográfico Metropolitano da Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano S.A (SCM/EMPLASA) folhas Riacho Grande (articulação 3222) e Caveiras (articulação 4211).

Foi utilizado mapa de uso do solo fornecido pela Prefeitura de São Bernardo do Campo, gerado a partir de imagens do satélite *WorldView-2* da *DigitalGlobe*, com resolução espacial de 0,5 m, para o ano de 2011, em escala 1:2.000.

#### **4.2.2. Procedimentos metodológicos para delimitação da hidrografia e microbacias hidrográficas**

Foram digitalizados os cursos d'água de primeira ordem, conforme Horton (1945), a partir das cartas do SCM/EMPLASA.

A delimitação das microbacias ocorreu a partir das curvas de nível e cotas altimétricas das mesmas cartas. Considerou-se como microbacias hidrográficas a área de contribuição da drenagem com afluxo para os cursos d'água de primeira ordem.

#### **4.2.3. Procedimentos metodológicos para obtenção da declividade média**

A declividade média das microbacias foi calculada segundo Lima (2008), conforme a Equação 1:

$$S = \left( \frac{D \times L}{A} \right) \times 100 \quad (1)$$

Onde:

S = declividade média (%);

D = distância entre as curvas de nível (m);

L = comprimento total das curvas de nível (m);

A = área da bacia hidrográfica (m<sup>2</sup>).

Os dados planialtimétricos empregados para o cálculo foram obtidos das cartas do SCM da EMLASA.

#### **4.2.4. Mapeamento do uso do solo**

O mapa de uso e ocupação do solo foi comparado a imagens de satélites atualizadas para o ano de 2016, através do Google Earth<sup>®</sup>. Verificou-se que não houve alterações de uso e ocupação do solo no período avaliado.

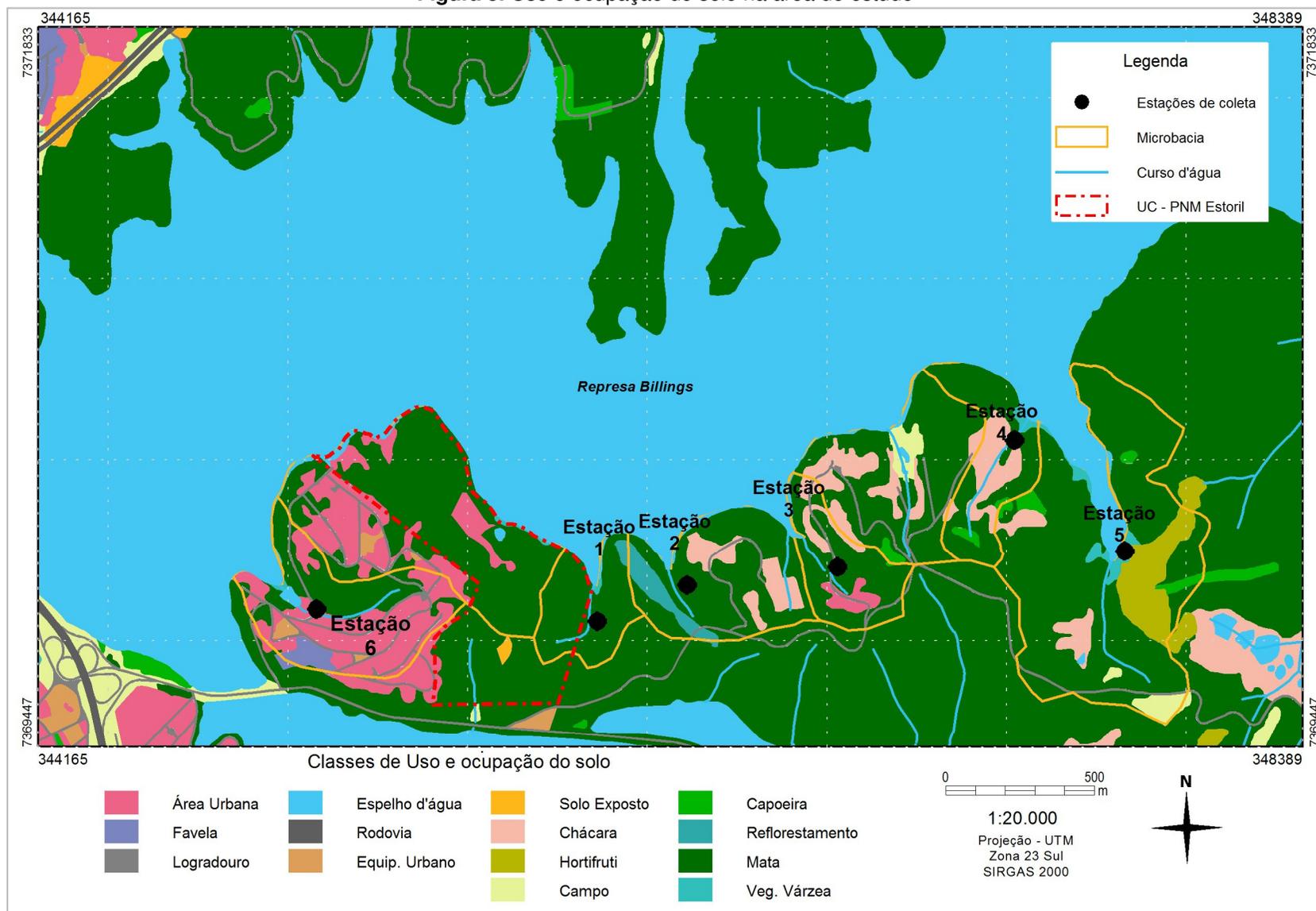
As classes de uso do solo seguiram as descrições conforme o Atlas de Uso e Ocupação do Solo da RMSP (EMPLASA, 2003):

- **Área urbanizada:** arruadas e ocupadas por usos residencial, comercial e de serviços;
- **Campo:** vegetação predominante de gramíneas, com altura entre de 10 a 15 cm. Podem ocorrer pequenos subarbustos e raramente arbustos. Pastagens são incluídas nesta classe;
- **Chácaras:** sítios isolados e loteamentos de chácaras. Existência de pomares, hortas, bosques, piscinas, etc. Clubes de campo também foram inseridos nesta classe;
- **Favela:** conjunto de unidades como barracos, casas de madeira ou alvenaria, sem identificação de lotes, geralmente dispostas de forma desordenada e densa. Vias de circulação estreitas e de alinhamento irregular;
- **Hortifrúti:** classe derivada de “Hortifrutigranjeiro”. Na área de estudo, não foram identificadas áreas de granja, predominando cultivo de hortaliças;
- **Mata:** constituída por árvores de porte superior a 5 m, cujas copas se toquem ou propiciem uma cobertura densa;
- **Reflorestamento:** formações arbóreas e homogêneas, cultivadas pelo homem com finalidade econômica. Na RMSP predominam pinus e eucalipto;
- **Vegetação de várzea:** de composição variável que sofre influência dos rios, estando sujeita a inundações periódicas.

O uso do solo nas microbacias foi analisado em ambiente SIG - Geomedia® Professional 2014, e pode ser visualizado na Figura 5.

A figura apresenta também as estações de coleta de dados.

Figura 5. Uso e ocupação do solo na área de estudo



Fonte: Elaborado pela autora a partir de dados da Prefeitura de São Bernardo do Campo, SP.

### 4.3. Dados pluviométricos

Os dados de chuvas acumuladas (mm) das 24 horas anteriores à coleta, bem como o acumulado mensal foram obtidos no portal do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais – CEMADEN.

### 4.4. Dados demográficos e de esgotamento sanitário

Foram obtidos dados de esgotamento sanitário por domicílio a partir do Censo Demográfico de 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Foram analisados os setores censitários referentes às microbacias da área de estudo para verificar a existência de lançamento de esgotos nos corpos hídricos.

### 4.5. Estações de amostragem e campanhas de campo

As estações monitoradas<sup>2</sup> e as características do entorno estão descritas na Tabela 2. Foram escolhidos locais com variabilidade de uso e ocupação do solo, o que permite a avaliação de suas influências sobre a qualidade da água. Segue a descrição das estações:

- **Estação 1 – UC:** refere-se a um córrego com mata em seu entorno, localizado no Parque Natural Municipal Estoril, que é uma Unidade de Conservação (UC);
- **Estação 2 – Mata e Reflorestamento:** localizada em córrego próximo à estação 1. Possui mata em seu entorno, além de mancha de reflorestamento de eucalipto, sem manejo de silvicultura aparente, conforme verificado nas campanhas de campo;
- **Estação 3 – Residencial:** visou ao monitoramento de área residencial, com presença de casas de forma esparsa e algumas chácaras. O córrego verte de um “tubulão”, com pouca água, apresentando forte odor de esgoto constatado nas campanhas de campo;
- **Estação 4 – Clube:** refere-se a córrego localizado em um clube, com presença de vegetação baixa (gramíneas) ao seu redor;

---

<sup>2</sup> Conforme a Agência Nacional de Águas (ANA) denominam-se estações de monitoramento os pontos de coleta, "definidos em função dos objetivos da rede e identificados pelas coordenadas geográficas." ANA. Portal de qualidades das águas – rede de monitoramento. Disponível em: <<http://portalpnqa.ana.gov.br/rede-nacional-rede-monitoramento.aspx>>. Acesso em: 24 mar. 2016.

**Tabela 2.** Descrição das estações de amostragem.

Estação	Características	Foto
1 – UC	Córrego com presença de mata em seu entorno	
2 – Mata e Reflorestamento	Córrego com presença de mata em seu entorno. Mancha de reflorestamento de eucalipto.	
3 – Residencial	Local com pouca água, vertendo de um tubulão. Odor de esgoto.	
4 - Clube	Presença de vegetação baixa (gramíneas) em seu leito e entorno.	
5 - Horta	Coleta ocorreu na represa, o mais próximo da vertente.	
6 – Urbana	Córrego localizado em área de urbanização precária. Forte odor de esgoto.	

- **Estação 5 – Horta:** para verificar a influência de área com horticultura. Apesar de constar córrego na carta do SCM/EMPLASA, o mesmo não foi localizado em campo. Dessa forma, a coleta ocorreu na represa, o mais próximo da vertente com contribuição do afluxo oriundo da horticultura. Por se tratar de um local mais protegido, como pode ser observado na Figura 6, as características da água na área sofrem menor e mais lenta mistura com o restante da represa;
- **Estação 6 – Urbana:** buscou monitorar um córrego localizado em área com ocupação humana mais intensa e presença de urbanização precária. Em campo verificou-se forte odor de esgoto. As medições nesta estação ocorreram a partir da segunda campanha de campo.

Além destas, foram avaliadas três estações adicionais para auxiliar no entendimento dos processos de qualidade da água e sua relação com o uso do solo nas microbacias. Assim, foram realizadas coletas nos seguintes locais: afloramento do córrego da estação 1-UC, inserido na Unidade de Conservação (estação 1a); várzea do córrego da estação 6 (estação 6a); reservatório Billings, braço Rio Grande (estação 7). As fotos e as características estão na Tabela 3. Segue a descrição das estações adicionais:

- **Estação 1a – Nascente:** buscou-se avaliar possíveis mudanças ao longo do curso d'água. Considerou-se como nascente o local de afloramento de água, a montante da estação 1 – UC. Devido ao esforço de coleta necessário para acesso ao local, esta estação foi amostrada apenas duas vezes, uma em período chuvoso e outra em período seco. Foi observada grande distância no afloramento de água da nascente entre os dois períodos;
- **Estação 6a – Várzea:** localizada logo após desembocadura do córrego referente à estação 6 – Urbana. Foi analisada para verificar o papel da várzea na redução da poluição;
- **Estação 7 – Represa:** foram realizadas avaliações no reservatório Billings, Braço Rio Grande, para auxiliar na verificação de situação de mistura e diluição em comparação com estação 5 – horta que também foi coletada na represa. A estação 7, só não foi amostrada uma vez, devido à limitação de tempo da equipe de apoio nesta data.

**Tabela 3.** Descrição das estações de amostragem adicionais.

Estação	Características	Foto
1a - Nascente	Presença de mata em seu entorno. Pequeno filete de água.	
6a – Várzea (Urbana)	Presença de macrófitas. Ambiente de lago (lêntico).	
7 - Represa	Ambiente de lago (lêntico).	

**Figura 6.** Localização das estações de amostragem na área de estudo.

Fonte: Elaborado pela autora a partir de dados da Prefeitura de São Bernardo do Campo, SP.

Foram realizadas quatro campanhas de campo bimestrais em 2015 e uma em 2016, em períodos distintos, buscando dirimir influências climáticas sobre os resultados.

As campanhas foram realizadas no período da manhã, entre 8h e 12h. As datas de coleta nas estações, a pluviosidade e período do ano (seco ou chuvoso) constam na Tabela 4.

As células marcadas com um “X” indicam os locais onde não ocorreu a coleta na respectiva data.

**Tabela 4.** Datas das coletas, estações, pluviosidade 24 horas e período do ano (seco ou chuvoso).

Período	Seco	Seco	Seco	Chuvoso	Chuvoso
Pluviosidade 24 h anteriores à coleta (mm)	14,02	0	11,43	0,20	29,7
Estações	30/04/2015	30/06/2015	28/08/2015	28/10/2015	02/03/2016
1 - UC	✓	✓	✓	✓	✓
1a - Nascente (UC)	X	X	✓	X	✓
2 - Mata e Reflor.	✓	✓	✓	✓	✓
3 - Residencial	✓	✓	✓	✓	✓
4 - Clube	✓	✓	✓	✓	✓
5 - Horta	✓	✓	✓	✓	✓
6 - Urbana	X	✓	✓	✓	✓
6a- Várzea (Urbana)	✓	✓	✓	✓	✓
7 - Represa	✓	✓	✓	X	✓

✓ - Coleta realizada. X - Coleta não realizada.

As coordenadas geográficas das estações de monitoramento de água são apresentadas na Tabela 5.

Por ser um ambiente sujeito a alterações devido às mudanças de nível da represa conforme períodos de chuva ou seca, não foi possível alcançar exatamente a mesma coordenada, havendo uma distância linear média de 24 metros entre os pontos do mesmo curso d'água.

**Tabela 5.** Coordenadas geográficas das estações (UTM – zona 23).

<b>Estação</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>
<b>1 - UC</b>	7369918	345953
<b>1a – Nascente</b>	7369836 (seco) / 7369788 (chuvoso)	345956.00 (seco) / 345914.00 (chuvoso)
<b>2 – Mata e Reflorestamento</b>	7369949	346232
<b>3 – Residencial</b>	7369987	346765
<b>4 - Clube</b>	7370459	347412
<b>5 - Horta</b>	7370095	347739
<b>6 – Urbana</b>	7369825	345075
<b>6a - Várzea</b>	7369956	344939
<b>7 - Represa</b>	7370518	345811

#### **4.6. Medição dos parâmetros de qualidade da água**

Conforme CETESB e ANA (2011) recomenda-se acompanhar a qualidade da água de afluentes por meio de coletas na foz. Desse modo, a coleta das amostras de água superficial e determinações *in situ* ocorreram a jusante de cada curso d'água, antes da confluência com o reservatório Billings, para inferir a contribuição dos usos do solo a montante, com amostragem de água superficial<sup>3</sup>.

A determinação *in situ* ocorreu por meio de sonda multiparamétrica, marca Hanna, modelo HI 9829, previamente calibrada, para medição dos parâmetros: temperatura da água, turbidez, pH, oxigênio dissolvido, sólidos totais dissolvidos e condutividade elétrica.

Foram coletadas amostras de água em triplicata (n = 3), as quais foram acondicionadas em caixas térmicas refrigeradas e transportadas ao Laboratório de Análises Ambientais da UFABC, em Santo André - SP, para a determinação das concentrações de fósforo total (PT).

Para a determinação das concentrações de PT foi empregada digestão com reagente oxidante conforme método de Valderrama (1981) e, posteriormente, o método colorimétrico com ácido ascórbico conforme Strickland e Parsons (1960), com leitura em espectrofotômetro da marca Hach modelo DR 5000 a 880 nm e correlação por meio de curva de calibração previamente preparada. Foram utilizados

<sup>3</sup> É a que ocorre entre 0 e 30 centímetros da lâmina d'água (CETESB; ANA, 2011).

brancos para o controle da qualidade analítica e todas as vidrarias foram previamente descontaminadas com HCl 10 % (v/v).

#### **4.7. Análises estatísticas**

Para a análise dos dados de qualidade da água, os autores Helsel e Hirsh (2002) recomendam que é preciso resumi-los e descrevê-los, utilizando, por exemplo, medidas de posição, como média e mediana, medidas de variação e extremos, além de relações de linearidade e correlações entre variáveis. Para tanto, os resultados foram analisados e demonstrados por intermédio de ferramentas de estatística descritiva com medidas de tendência central (média aritmética), medidas de variação (valor mínimo, valor máximo e desvio padrão), com o auxílio de tabelas e gráficos.

Também foram analisadas possíveis correlações entre variáveis e cálculo do coeficiente de Pearson, além de ferramentas estatísticas como análise de variância (ANOVA), e testes de hipótese.

Para a avaliação dos parâmetros de qualidade da água entre as diferentes estações de amostragem foi utilizada a ferramenta ANOVA. Conforme Lapponi (2005) a análise de variância objetiva avaliar se são estatisticamente significantes as diferenças observadas entre as médias das amostras. De acordo com o autor, deve ser comparado o F calculado, que é a razão entre as variâncias entre e dentro do grupo amostrado. Se o F calculado for inferior ao F crítico, que é obtido a partir do grau de significância escolhido, tem-se que as médias das amostras não são significativamente diferentes entre si. Foi aplicada a ferramenta de análise de variância – ANOVA, considerando um nível de significância de 0,05 para obtenção do F calculado e do F crítico (utilizando o Microsoft Excel). Os parâmetros que apresentaram médias das amostras diferentes entre si de maneira significativa foram considerados de maior relevância para explicar as diferenças de qualidade da água entre os corpos hídricos analisados.

Correlações foram utilizadas para verificar a influência entre o uso do solo e os resultados dos parâmetros de qualidade da água, bem como possível influência da pluviosidade sobre os mesmos, através do cálculo do coeficiente de Pearson. A significância da correlação foi verificada através do teste de hipótese t de Student, recomendado, segundo Lapponi (2005), para amostras menores que 30, a um nível de significância  $\alpha$  de 0,05 com  $n - 2$  graus de liberdade, conforme Ginevan (2004).

Ometo et al. (2000) recomendam, para realização de correlação, uma escala para as diferentes classes de uso e ocupação do solo conforme seu potencial poluidor, sendo os usos urbanos considerados maiores poluidores em comparação com usos rurais, devido a possíveis despejos de esgotos domésticos.

Para a correlação, as classes de uso e ocupação do solo nas microbacias foram divididas em três grupos:

- **Mata:** para testar a hipótese inicial de que córregos em áreas com predominância de vegetação nativa apresentam melhor qualidade da água;
- **Usos fortemente antropizados:** sendo consideradas as classes de uso e ocupação do solo as áreas urbanizadas e favelas;
- **Usos moderadamente antropizados:** os usos rurais, compreendendo as classes de chácaras e horticultura.

#### 4.8. Verificação do atendimento à legislação pertinente

No estado de São Paulo, o enquadramento dos cursos d'água é disposto pelo Decreto nº 10.755 de 1977, e define que os tributários do braço Rio Grande da Represa Billings, onde está o local de estudo, enquadram-se na Classe 2. Para esta classe de água, os padrões para os parâmetros analisados no presente estudo, segundo a Resolução CONAMA nº 357 de 2005, são os descritos nos seguintes itens:

- pH: entre 6 e 9;
- Turbidez: Até 100 UNT;
- Oxigênio Dissolvido: Não inferior a 5 mg.L<sup>-1</sup>;
- Sólidos Totais Dissolvidos: Até 500 mg.L<sup>-1</sup>;
- Fósforo Total: Até 0,030 mg.L<sup>-1</sup>, em ambientes lântico, e em ambientes intermediários até 0,050 mg.L<sup>-1</sup>, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lântico.

A condutividade elétrica não possui padrão definido por esta Resolução, portanto foi avaliada conforme recomendação da CETESB (2009), segundo a qual

níveis de condutividade elétrica superiores a  $100 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  indicam ambientes impactados.

#### **4.9. Comparação com estudos semelhantes**

Para comparar os dados obtidos neste trabalho, foram consideradas, além de bibliografia, duas fontes com dados de locais na região estudada, conforme apresentado a seguir.

A primeira fonte refere-se a monitoramento do Instituto Internacional de Ecologia e Gerenciamento Ambiental - IIEGA (2009), realizado para o monitoramento de corpos hídricos na área de abrangência do Rodoanel “Mário Covas”. O trabalho foi escolhido por conter a avaliação de cursos d’água com uso e ocupação do solo semelhantes aos desta pesquisa, além da proximidade com a área de estudo, pois foi realizado em microbacias localizadas na margem oposta do braço Rio Grande.

A segunda fonte é o banco de dados de qualidade de águas da CETESB – Infoáguas, referente ao ano de 2015. Ressalta-se que os dados de monitoramento da CETESB na região, para os mesmos parâmetros aqui analisados, estão localizados no reservatório Billings, apenas uma estação é localizada em córrego, o Ribeirão dos Couros, em área densamente urbanizada e industrializada.

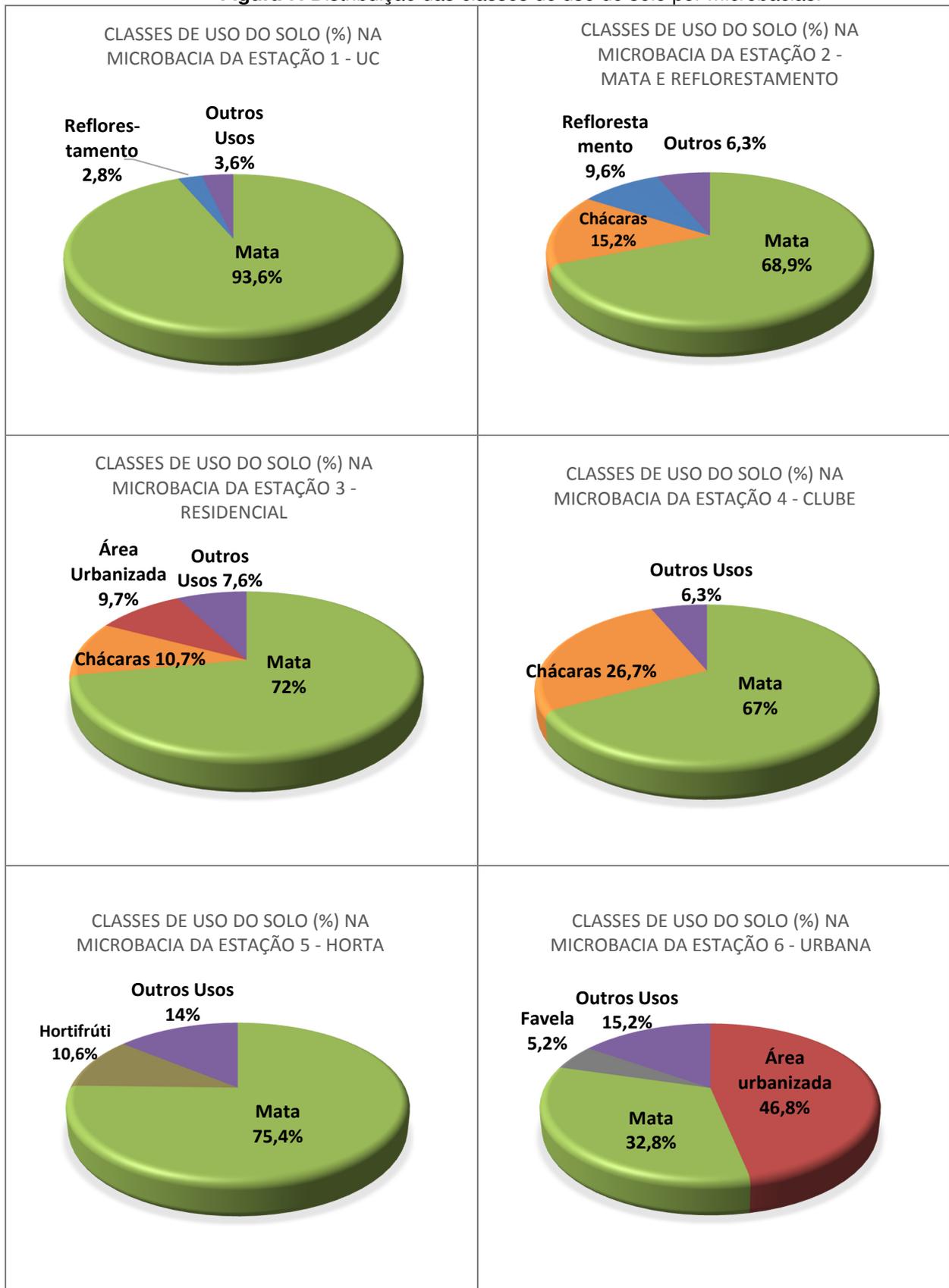
## **5. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **5.1. Microbacias: uso do solo e declividade média**

As classes predominantes de uso do solo em cada uma das microbacias correspondentes às estações amostradas estão representadas na figura 7. Foram consideradas predominantes as três maiores classes de uso que somadas resultam em mais de 80% do uso e ocupação do solo na microbacia.

Todas as microbacias referentes às estações monitoradas apresentaram, em maior ou menor proporção, alguma porcentagem de mata entre as classes de uso e ocupação predominantes. A maior proporção de mata encontra-se na microbacia da estação 1 - UC, correspondendo a mais de 90% da microbacia. Outras microbacias também apresentaram áreas majoritariamente com mata, como as relativas às estações 3 e 5, com mais de 70% de mata, e as estações 2 e 3 com quase 70%. A microbacia com menor proporção de mata é a da estação 6, a qual também apresentou a maior proporção de área urbanizada, com quase 50 %, além de favela, com cerca de 5 % da área. A classe de área urbanizada também foi identificada na microbacia da estação 3, com quase 10%. A classe de uso e ocupação do tipo “chácaras” foi encontrada nas microbacias das estações 2, 3 e, em maior proporção, na estação 4. A classe “hortifrúti” apenas foi identificada na estação 5.

**Figura 7.** Distribuição das classes de uso do solo por microbacias.



As declividades médias das microbacias estão na Tabela 6.

**Tabela 6.** Declividade média (%) das microbacias.

<b>Microbacia/Estação</b>	<b>Declividade (%)</b>
1 - UC	43,98
2 - Mata e Reflorestamento	12,46
3 - Residencial	40,91
4 - Clube	22,99
5 - Horta	20,97
6 – Urbana	14,89

A maior declividade média foi observada na microbacia da estação 1 – UC, e a menor na microbacia da estação 2 – Mata e Reflorestamento. Tais fatores podem influenciar o resultado de parâmetros relacionados à medição de partículas sólidas, associadas a processos erosivos, como sólidos totais dissolvidos, turbidez e condutividade elétrica. Segundo Lima e Zakia (2006), o poder erosivo e a velocidade de escoamento estão diretamente relacionados à declividade da encosta onde ocorre o processo.

## 5.2. Dados pluviométricos

Foram obtidos no CEMADEN os dados pluviométricos da estação mais próxima ao local de estudo, que é a estação Riacho Grande, no município de São Bernardo do Campo, SP.

A pluviosidade acumulada das 24 horas anteriores à coleta, bem como o acumulado do mês estão na Tabela 7.

**Tabela 7.** Pluviosidade (mm) acumulada das 24 horas anteriores à coleta e acumulado mensal

<b>Datas de coleta</b>	<b>Período seco</b>			<b>Período chuvoso</b>	
	<b>30/04/2015</b>	<b>30/06/2015</b>	<b>28/08/2015</b>	<b>28/10/2015</b>	<b>02/03/2016</b>
<b>Pluviosidade 24 h (mm)</b>	14,02	0	11,43	0,2	29,7
<b>Pluviosidade mês (mm)</b>	93,98	80,35	31,7	125,97	270,46*

Fonte: dados do CEMADEN. \*A coleta de março ocorreu logo no início do mês (02/03), então o período de referência para a chuva mensal considerado foi o mês de fevereiro de 2016 até o dia 01/03/2016)

Nota-se que a pluviosidade observada no ano de 2015 foi distinta do padrão histórico apresentado na figura 4. A precipitação acumulada em agosto de 2015 ressalta um mês relativamente mais seco em comparação aos dados históricos e

entre os demais meses de coleta. Por outro lado, o mês de junho apresentou pluviosidade mais elevada em relação à média histórica.

A pluviosidade acumulada das 24 horas anteriores à coleta, bem como o acumulado do mês mostraram diferenças de pluviosidade dentro do mesmo período. Houve dias secos em períodos chuvosos e dias mais úmidos em períodos secos, do mesmo modo com o acumulado mensal. No entanto, os meses de outubro e março apresentaram pluviosidade acumulada bem superior aos demais meses, conforme se espera em períodos chuvosos.

### **5.3. Análise dos dados de esgotamento sanitário**

A bacia da estação 3 - Residencial está contida dentro do setor censitário nº 354870810000046. Ressalta-se que a área desse setor é muito grande, não abrangendo apenas os locais deste estudo. Conforme dados do censo IBGE 2010, o total da população residente nesse setor era de 600 habitantes, com 309 domicílios, dos quais 224 possuíam lançamento de esgoto a céu aberto, ou seja, mais de 70%.

A bacia da estação 6 - Urbana está contida nos setores censitários nº 354870810000007 e 354870810000008. Também há pequeno setor de nº 354870810000009, referente a uma clínica de repouso, mas não constam dados para as variáveis deste estudo. Assim, a população, conforme o censo IBGE do ano 2010 para os dois setores era de 1482 pessoas, com 732 domicílios em ambos os setores, dos quais o índice de lançamento de esgoto a céu aberto era superior a 90%.

### **5.4. Parâmetros de qualidade da água**

Os dados serão apresentados por cada parâmetro a seguir.

#### **5.4.1. Temperatura da água**

A Tabela 8 apresenta a variação da temperatura da água superficial ao longo do período de estudo. De forma geral, a temperatura da água manteve-se entre 16,58°C (estação 1 - UC) a 24,03°C (estação 5 – Horta), apresentando ligeira queda nos meses de junho e agosto, correspondentes ao período de inverno. O maior desvio ocorreu na estação 1 – UC. A estação 6 – Urbana apresentou o menor desvio padrão, sendo que a estação 5 – horta apresentou a média mais elevada.

**Tabela 8.** Resultados de temperatura da água (°C) nas seis estações amostradas no período estudado

Temperatura da água (°C)	Datas de coleta					Média	Desvio Padrão
	30/04/15	30/06/15	28/08/15	28/10/15	02/03/16		
1 - UC	17,70	16,58	16,73	19,40	24,00	18,88	2,75
2 - Mata e Reflorestamento	22,00	16,81	17,05	20,94	19,52	19,26	2,06
3 - Residencial	18,00	16,67	16,70	20,08	21,78	18,65	2,00
4 - Clube	22,00	18,30	18,47	20,23	21,43	20,09	1,50
5 - Horta	21,33	18,66	19,09	21,80	24,03	20,98	1,95
6 – Urbana	*	18,66	19,98	21,33	22,40	20,59	1,41

\*Não houve coleta nesta data

Os menores valores médios de temperatura da água foram observados nas estações 1 e 3.

A estação 1 apresentou a menor temperatura da água no período (16,58 °C), o que pode ser explicado pelo fato desta estação se encontrar em área com predominância de vegetação arbórea, a interceptação da luz solar pela copa das árvores pode favorecer a redução da temperatura da água no local. Estudo realizado por Arcova e Cicco (1999) na região de Cunha, SP, demonstrou que microbacias com presença de mata ciliar associada a seus rios apresentaram menores temperaturas da água.

A água na estação 3 é parcialmente canalizada a montante do ponto de coleta, fato que pode explicar as menores médias de temperatura da água nesse local.

Por outro lado, apresentaram as maiores médias de temperatura as estações 5 e 6, o que pode ser em parte explicado pela maior incidência de radiação solar, pois estes locais eram os últimos a serem coletados, aproximando-se do meio-dia, e encontram-se em área mais aberta.

A estação 5, por ter sido coletada na represa, apresentou médias semelhantes ao banco de dados Infoáguas da CETESB, com temperatura média de 22°C nas estações monitoradas no reservatório Billings.

Os dados do IIEGA (2009) também apresentaram temperaturas inferiores em locais menos urbanizados e mais vegetados, com média de 19°C.

### 5.4.2. Turbidez

Os resultados obtidos em campo para turbidez são apresentados na tabela 9. É possível verificar que o maior valor absoluto para este parâmetro (150 UNT) e a maior média (92,25 UNT) foram observados na estação 6 – Urbana, a qual também apresentou o maior desvio padrão. Por sua vez, o menor valor obtido (1 UNT) e a menor média (7,93) correspondem à estação 1- UC, que teve baixo desvio padrão em comparação às demais estações, sendo o menor desvio padrão observado na estação 4 – Clube.

**Tabela 9.** Resultados obtidos de turbidez (UNT) nas seis estações amostradas no período estudado

Turbidez (UNT)	Datas de coleta					Média	Desvio Padrão
	30/04/15	30/06/15	28/08/15	28/10/15	02/03/16		
1 - UC	1,00	2,30	17,00	13,00	6,37	7,93	6,17
2 - Mata e Reflorestamento	12,00	6,40	3,00	37,00	1,42	11,96	13,03
3 - Residencial	14,00	17,90	68,00	67,00	35,10	40,40	23,24
4 - Clube	6,70	3,50	14,00	10,60	7,37	8,43	3,58
5 - Horta	9,40	20,40	18,00	11,20	3,11	12,42	6,20
6 – Urbana	*	113,00	98,00	150,00	7,98	92,25	52,20

\*Não houve coleta nesta data

Os maiores valores médios de turbidez foram obtidos nas estações 3 e 6, locais com usos urbanos e despejo de efluentes, observado em campo pelo odor e aspecto da água e confirmado pelos dados de esgotamento sanitário do Censo de 2010. Conforme CETESB (2009), fatores como o manejo inadequado do solo podem acarretar processos erosivos que intensificam a turbidez da água, bem como o despejo de efluentes, levando ao aumento da turbidez, podendo prejudicar a fotossíntese e o ecossistema aquático. Os resultados obtidos são semelhantes ao estudo do IIEGA (2009), cuja análise em córrego com uso urbano e despejo de esgoto apresentou turbidez maior que 145 UNT. Os menores valores médios de turbidez ocorreram nas estações 1- UC, 2 – Mata e Reflorestamento, 4-Clube e 5 – Horta um pouco maior em relação aos anteriores. Os resultados também foram semelhantes ao estudo do IIEGA (2009) em outros córregos da região, no qual se verificou valores de turbidez mais baixos para áreas menos urbanizadas.

### 5.4.3. pH

Os valores de pH apresentaram-se próximos entre as estações monitoradas, estando majoritariamente na faixa da neutralidade, ou seja, próximo a 7, conforme a tabela 10.

O maior valor absoluto de pH obtido foi de 9,49 na estação 6 que também apresentou a maior média, e o menor valor de pH foi de 4,40 na estação 2, a qual também apresentou a menor média de valores para este parâmetro.

**Tabela 10.** Resultados obtidos de pH nas seis estações amostradas no período estudado

pH	Datas de coleta					Média	Desvio Padrão
	30/04/15	30/06/15	28/08/15	28/10/15	02/03/16		
1 - UC	7,10	8,20	6,50	6,40	4,97	6,63	1,05
2 - Mata e Reflorestamento	6,43	5,90	4,40	5,50	5,06	5,46	0,70
3 - Residencial	7,03	6,60	5,90	6,82	6,00	6,47	0,45
4 - Clube	7,28	7,24	6,60	6,90	7,20	7,04	0,26
5 - Horta	7,10	7,35	7,10	7,14	7,24	7,19	0,10
6 – Urbana	*	7,09	7,30	9,49	6,95	7,71	1,04

\*Não houve coleta nesta data

A estação 1 – UC, referente ao Parque Natural Municipal Estoril, a estação 2 - Mata e Reflorestamento e a estação 3 – Residencial apresentaram os menores valores médios de pH, caracterizando-se em ambientes ligeiramente ácidos. O maior pH foi observado na estação 6 – Urbana, na qual o córrego recebe despejos de efluentes. Segundo Von Sperling (2005), fatores naturais e antropogênicos interferem no pH da água. As interferências por fatores naturais são a dissolução de rochas, absorção de gases da atmosfera, fotossíntese e oxidação da matéria orgânica; os fatores antropogênicos são os lançamentos de efluentes domésticos ou industriais. Os resultados do IIEGA (2009) foram semelhantes em relação à média de pH na faixa da neutralidade.

### 5.4.4. Oxigênio Dissolvido

Os resultados dos teores de OD podem ser visualizados na Tabela 11. Observa-se o máximo de 9,09 mg.L<sup>-1</sup> na estação 2 e o mínimo teor de oxigênio dissolvido de 1,98 mg.L<sup>-1</sup> na estação 6, à qual corresponde a menor média de OD. As maiores médias de OD foram observadas nas estações 5 e 2.

O oxigênio dissolvido é parâmetro influenciado por uma série de fatores, principalmente pelo despejo de esgotos. Conforme Tundisi (2008), a dissolução do OD na água é muito rápida, sendo que sua solubilidade depende de altitude (pressão atmosférica), temperatura (solubilidade aumenta conforme redução da temperatura) e da salinidade, que reduz a solubilidade de oxigênio. Além disso, segundo o autor, a decomposição de matéria orgânica por atividades bacterianas é um dos fatores importantes de perda de oxigênio dissolvido.

**Tabela 11.** Resultados de Oxigênio Dissolvido ( $\text{mg L}^{-1}$ ) nas seis estações amostradas no período estudado

Oxigênio Dissolvido ( $\text{mg.L}^{-1}$ )	Datas de coleta					Média	Desvio Padrão
	30/04/15	30/06/15	28/08/15	28/10/15	02/03/16		
1 - UC	2,77	2,45	5,49	5,35	7,25	4,66	1,81
2 - Mata e Reflorestamento	2,39	3,65	7,14	4,55	9,09	5,36	2,43
3 - Residencial	4,22	4,86	5,80	4,64	5,10	4,92	0,53
4 - Clube	3,40	4,74	7,78	5,26	5,16	5,27	1,42
5 - Horta	3,70	4,96	8,00	7,53	5,60	5,96	1,60
6 – Urbana	*	1,98	3,80	2,64	4,00	3,11	0,83

\*Não houve coleta nesta data

Valores baixos de OD também foram encontrados em córregos urbanizados com despejos de efluentes no estudo do IIEGA, com  $3,61 \text{ mg.L}^{-1}$ , e no Infoáguas (CETESB, 2015) variando entre  $0,1$  e  $0,23 \text{ mg.L}^{-1}$ .

As estações 5 e 2 apresentaram os maiores valores médios de OD, sendo que este parâmetro variou consideravelmente durante os períodos. A estação 5 por ter sido coletada na represa, pode ter sofrido diluição de matéria orgânica e outros componentes que atuem na oxidação, aumentando o teor de OD. A estação 2 possui predominância de vegetação e não possui contribuição aparente de efluentes, o que pode colaborar para os maiores teores de OD obtidos.

O estudo do IIEGA encontrou concentrações de OD entre  $7$  e  $8 \text{ mg.L}^{-1}$  para usos menos urbanizados. Por ser um parâmetro influenciável por uma série de fatores, sua interpretação deve ser cautelosa.

#### 5.4.5. Sólidos Totais Dissolvidos

Conforme a tabela 12, os resultados dos teores de Sólidos Totais Dissolvidos ficaram entre  $380,00$  e  $6,00 \text{ mg.L}^{-1}$ , correspondendo às estações 3 e 2, respectivamente.

Foi possível verificar a ocorrência de menores valores médios de sólidos totais dissolvidos (STD) nas estações 1 e 2, correspondentes aos usos menos antropizados, com predominância de vegetação natural. Tais características influenciam na proteção do solo contra a erosão, reduzindo o aporte de partículas aos cursos d'água.

**Tabela 12.** Resultados de Sólidos Totais Dissolvidos ( $\text{mg L}^{-1}$ ) nas seis estações amostradas no período estudado

Sólidos Totais Dissolvidos ( $\text{mg.L}^{-1}$ )	Datas de coleta					Média	Desvio Padrão
	30/04/15	30/06/15	28/08/15	28/10/15	02/03/16		
1 - UC	9,00	7,00	10,00	9,00	10,00	9,00	1,10
2 - Mata e Reflorestamento	40,00	6,00	9,00	15,00	8,00	15,60	12,56
3 - Residencial	77,00	95,00	380,00	203,00	170,00	185,00	108,02
4 - Clube	41,00	80,00	91,00	82,00	64,00	71,60	17,60
5 - Horta	40,00	55,00	56,00	55,00	50,00	51,20	5,98
6 - Urbana	*	256,00	298,00	267,00	146,00	241,75	57,39

\*Não houve coleta nesta data

Os valores encontrados estão abaixo dos verificados nos estudos do IIEGA (2009), com média de 166,66 nos usos menos urbanizados, e 370,00 nas áreas de urbanização mais densa; e CETESB (2015), com média 109,42 nos reservatórios e 323,00 no ribeirão dos Couros, local densamente urbanizado e industrializado. Por outro lado, maiores médias de concentrações de STD foram encontradas nas estações 3 e 6, cujas microbacias possuem usos com maior influência antrópica.

#### 5.4.6. Condutividade Elétrica

Os resultados estão na tabela 13.

**Tabela 13.** Resultados de Condutividade Elétrica ( $\text{mg L}^{-1}$ ) nas seis estações amostradas no período estudado

Condutividade Elétrica ( $\mu\text{S.cm}^{-1}$ )	Data de coleta					Média	Desvio Padrão
	30/04/15	30/06/15	28/08/15	28/10/15	02/03/16		
1 - UC	17,00	17,00	20,00	19,00	24,00	19,40	2,58
2 - Mata e Reflorestamento	80,00	10,00	17,00	30,00	12,00	29,80	26,05
3 - Residencial	153,00	160,00	759,00	402,00	34,00	301,60	258,08
4 - Clube	81,00	159,00	182,00	164,00	126,00	142,40	35,63
5 - Horta	81,00	111,00	112,00	109,00	103,00	103,20	11,53
6 - Urbana	*	572,00	537,00	533,00	292,00	483,50	111,60

\*Não houve coleta nesta data

O menor valor absoluto de condutividade refere-se à estação 2 – Mata e Reflorestamento, com  $10 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , e o maior,  $759 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , refere-se à estação 3 – Residencial.

As estações apresentaram, para CE, variações semelhante aos parâmetros STD e turbidez. Também aqui se destacam os córregos submetidos a usos mais naturais (1 e 2) com menores concentrações, e por sua vez, aqueles com maior grau de antropização (3 e 6). De acordo com Tundisi (2008), o volume de material transportado pelos rios depende dos usos das bacias hidrográficas, grau de desmatamento e cobertura vegetal. Resultados de condutividade semelhantes para áreas menos urbanizadas foram obtidos no monitoramento da CETESB e do IIEGA, sendo menores que  $250 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , ao passo que usos mais urbanizados apresentaram valores acima de  $500 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ .

#### 5.4.7. Fósforo Total

Os dados obtidos constam na tabela 14. Nota-se grande amplitude de valores de fósforo total entre as estações, atingindo o maior teor ( $4,217 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ) na estação 6 e o menor ( $0,002 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ) na estação 2. A menor concentração média de fósforo total refere-se à estação 1 – UC, enquanto a maior foi observada na estação 6 – Urbana.

**Tabela 14.** Resultados de Fósforo Total ( $\text{mg L}^{-1}$ ) nas seis estações amostradas no período estudado

Fósforo Total ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	Datas de coleta					Média	Desvio Padrão
	30/04/15	30/06/15	28/08/15	28/10/15	02/03/16		
1 - UC	0,012	0,060	0,039	0,057	0,018	0,037	0,020
2 - Mata e Reflorestamento	0,040	0,079	0,039	0,156	0,002	0,063	0,052
3 - Residencial	0,036	0,079	1,693	1,078	0,588	0,695	0,627
4 - Clube	0,025	0,079	0,039	0,103	0,029	0,055	0,031
5 - Horta	0,040	0,162	0,064	0,103	0,020	0,078	0,050
6 – Urbana	*	2,536	1,959	4,217	0,156	2,217	1,451

\*Não houve coleta nesta data

Em relação ao fósforo total (PT), destacam-se as estações 3 e 6 com valores muito superiores aos demais, possivelmente pelo aporte de fósforo por efluentes domésticos, pois, conforme Von Sperling (2007), os esgotos domésticos constituem a maior contribuição de fósforo. Grandes variações foram encontradas no monitoramento da CETESB (2015) com fósforo total em usos menos antrópicos

entre os menores ( $0,02 \text{ mg.L}^{-1}$ ) e maiores em locais mais urbanizados ( $3,55 \text{ mg.L}^{-1}$ ). Da mesma forma variaram os dados para o estudo do IIEGA (2009) com a menor concentração de  $0,02 \text{ mg.L}^{-1}$ , e a maior de  $1,14 \text{ mg.L}^{-1}$  na área urbanizada com lançamento de esgoto. O fósforo em águas naturais está presente em quantidade diminutas. De acordo com Von Sperling (2007), sua ocorrência natural é oriunda de minerais fosfatados, os quais não são muito solúveis, e podem ainda ser oriundos de dissolução da matéria orgânica, além da composição celular de microrganismos. Os resultados de PT para a estação 5 – Horta foram mais baixos em relação às estações 3 e 6. Ressalta-se que a coleta foi realizada na represa, ambiente lântico, o que pode ter contribuído para a diluição e menor concentração deste nutriente. Em geral, esperam-se resultados distintos entre ambientes lóticos e lânticos. Conforme Lamparelli (2004), em estudo de corpos hídricos no estado de São Paulo, foram encontradas concentrações médias dos nutrientes, sobretudo do fósforo, mais elevadas em ambientes lóticos.

#### 5.4.8. Análise de variância dos parâmetros

Os resultados da aplicação da ANOVA para análise de significância da variância dos parâmetros entre as estações monitoradas são apresentados na tabela 15

**Tabela 15.** Resultados da ANOVA para os parâmetros nas diferentes estações de amostragem

Parâmetro	F calculado	F crítico
Temperatura	0,86	2,64
Turbidez	7,31	2,64
pH	4,67	2,64
Oxigênio Dissolvido	1,29	2,64
Sólidos Totais Dissolvidos	12,86	2,64
Condutividade Elétrica	8,39	2,64
Fósforo Total	7,00	2,64

Os parâmetros apresentaram, em geral, alterações significativas entre as diferentes estações, as quais, por sua vez, correspondem a diversos tipos de usos e ocupação do solo. As diferenças das médias das amostras entre as estações são estatisticamente significantes, com F calculado superior ao F crítico, para os parâmetros turbidez, pH, sólidos totais dissolvidos, condutividade elétrica e fósforo total. As exceções foram os parâmetros oxigênio dissolvido e temperatura da água.

### **5.5. Avaliação das estações adicionais**

Primeiramente serão apresentados os resultados da comparação entre a estação 1 – UC e a estação adicional 1a – Nascente da UC, para verificar alterações de qualidade da água ao longo do corpo hídrico.

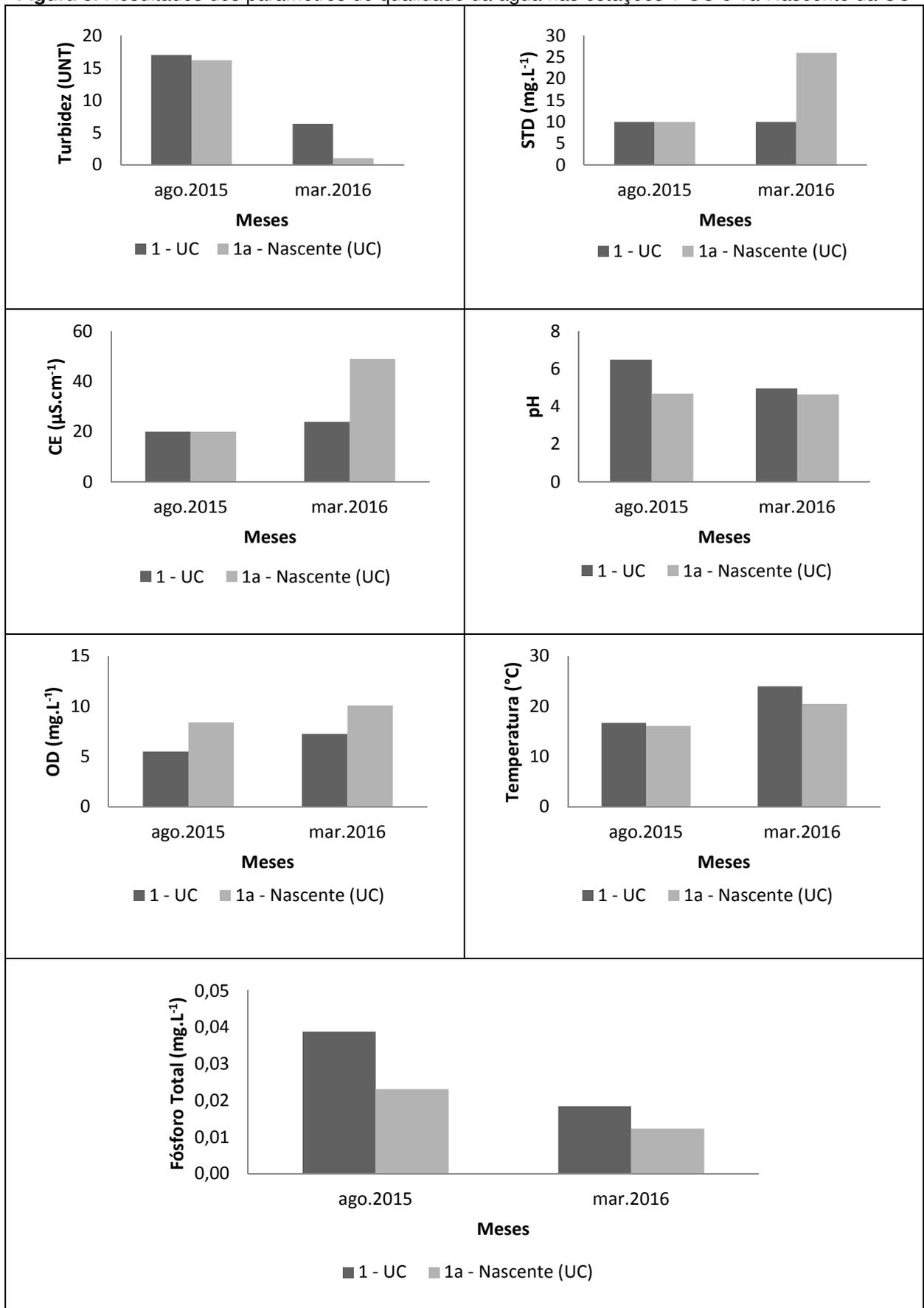
O córrego referente às estações 1 – UC e 1a – Nascente da UC apresentou variações entre nascente e jusante, conforme ilustra a figura 8.

A estação 1a, referente à nascente do córrego da estação 1, apresentou teores de oxigênio dissolvido mais elevados, e menores valores de turbidez, pH e fósforo total em comparação à estação 1, localizada a jusante do mesmo córrego.

Tais resultados vão de encontro aos obtidos por Kuhlmann et al. (2014) que encontrou variação de alguns parâmetros de montante a jusante, com redução do OD e com aumento de sólidos, indicando ocorrência de erosão e deposição de detritos.

A declividade da bacia constitui um fator que, segundo Horton (1945), pode favorecer a erosão e a deposição de partículas em um corpo hídrico. A microbacia referente à estação 1 é a que apresentou maior porcentagem de declividade, com 43,98%, o que pode explicar o aumento da concentração de sólidos totais dissolvidos (STD) a jusante.

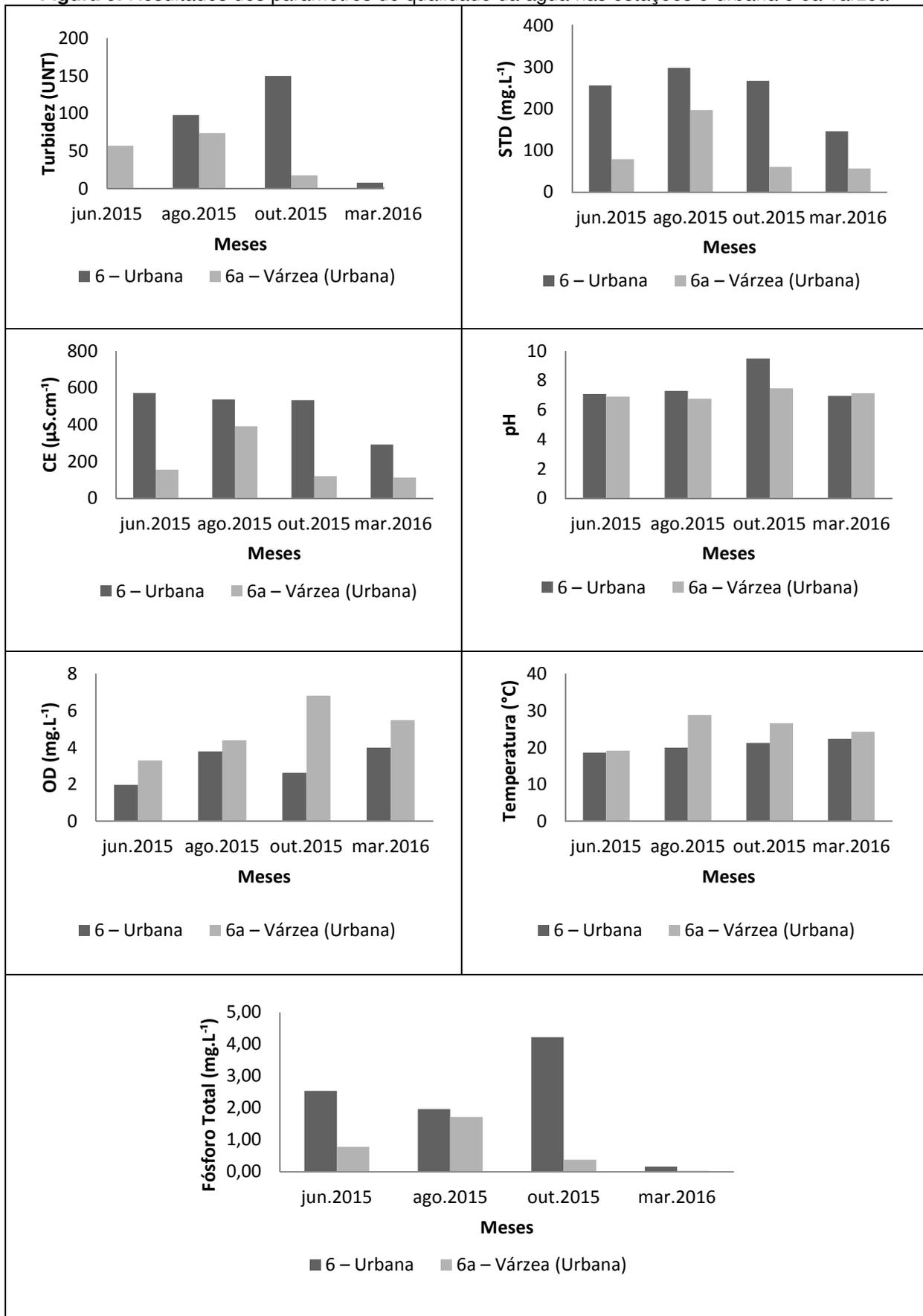
Outros parâmetros tiveram comportamento distinto no período chuvoso (março de 2016), apresentando maiores valores de STD e condutividade elétrica na estação 1a-Nascente.

**Figura 8.** Resultados dos parâmetros de qualidade da água nas estações 1-UC e 1a-Nascente da UC

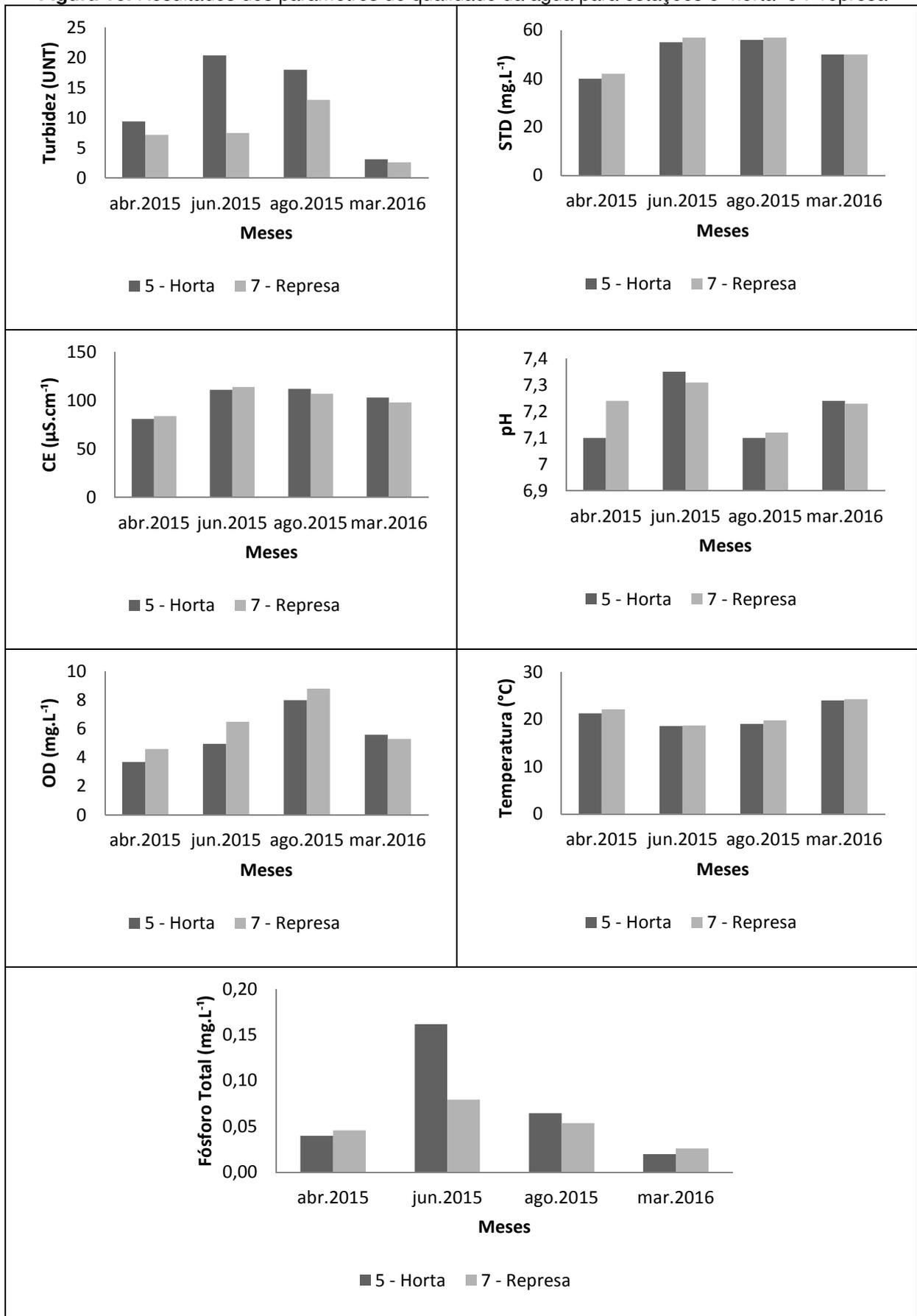
A estação adicional 6a, localizada em área de várzea a jusante do córrego da estação 6 - Urbana, apresentou, conforme a figura 9, redução da poluição, com menores valores de turbidez, sólidos totais dissolvidos, condutividade elétrica e maiores teores de oxigênio dissolvido. Tais resultados evidenciam o papel da várzea na redução da carga de poluição do córrego para o reservatório Billings.

Andrade (2005), ao analisar a eficiência da várzea do ribeirão Parelheiros na melhoria da qualidade das águas que afluem à represa do Guarapiranga, demonstrou eficiência de remoção superior a 30% em relação à melhoria de algumas variáveis ambientais, como turbidez e redução da carga orgânica, devido à possibilidade da retenção pelo sistema radicular de macrófitas e degradação de matéria orgânica por microrganismos ou adsorção radicular.

A estação 7 – Represa permitiu comparação com a estação 5 – Horta que também foi coletada em ambiente lântico. É possível verificar, por meio da figura 10, que as estações apresentaram resultados distintos. A estação 5 apresentou, em comparação à estação 7, maiores valores de turbidez e fósforo total, sendo este muito mais elevado no mês de junho. A estação 7 apresentou maiores teores de oxigênio dissolvido. Os demais parâmetros apresentaram resultados semelhantes. Os maiores valores de turbidez e fósforo total na estação 5 - Horta podem estar relacionadas ao aporte de sólidos e nutrientes pela atividade de horticultura a montante. Os maiores teores de oxigênio dissolvido obtidos na estação 7 - represa pode evidenciar diluição que ocorre no corpo hídrico.

**Figura 9.** Resultados dos parâmetros de qualidade da água nas estações 6-urbana e 6a-várzea

**Figura 10.** Resultados dos parâmetros de qualidade da água para estações 5-horta e 7-represa



## 5.6. Pluviosidade e qualidade da água

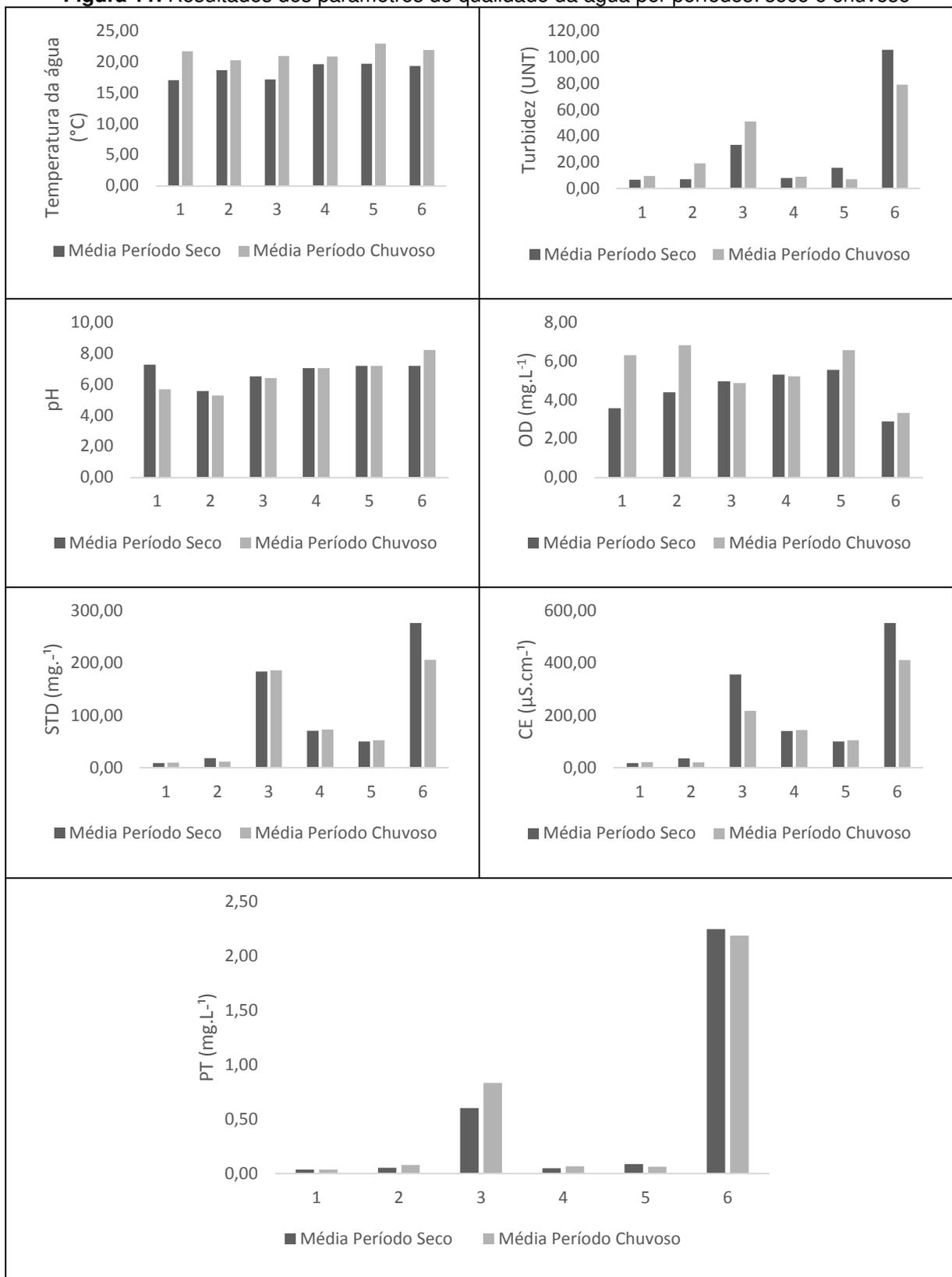
As médias, por estação de amostragem, nos períodos seco e chuvoso, dos parâmetros de qualidade da água avaliados podem ser visualizadas na figura 11.

Verificou-se que a temperatura da água apresentou dinâmica distinta entre os períodos seco e chuvoso, apresentando maiores médias no período chuvoso, o que pode estar relacionado a variações de clima (estações do ano).

O oxigênio dissolvido também apresentou médias mais elevadas no período chuvoso para a maioria das estações monitoradas. Souza e Gastaldini (2014), em estudo de bacia hidrográfica em Santa Maria - RS, verificaram influência direta dos eventos de precipitação em relação ao oxigênio dissolvido, devido à diluição do volume de água inserido no sistema fluvial.

Os dados apresentados evidenciam que a condutividade elétrica e os sólidos totais dissolvidos apresentaram valores mais reduzidos no período chuvoso. A turbidez mostrou-se mais elevada no período chuvoso nas estações 1, 2 e 3. Os parâmetros pH e fósforo total ao apresentaram variações notavelmente distintas entre os períodos. Por sua vez, Zanata et al. (2015), ao pesquisar uma bacia em Batatais – SP, encontraram correlação positiva entre a pluviosidade mensal e concentrações de sólidos totais dissolvidos, condutividade elétrica e pH. Correlações fortes também foram verificadas para oxigênio dissolvido, temperatura e turbidez, principalmente em meses mais chuvosos como fevereiro e março.

Menezes et al. (2016), em estudo de bacia em Lavras – MG, encontraram relações entre os padrões do uso do solo e a qualidade da água tanto em períodos chuvosos como secos, predominando contribuições difusas de áreas rurais no período chuvoso, e maiores contribuições de esgotos na deterioração da qualidade da água no período seco.

**Figura 11.** Resultados dos parâmetros de qualidade da água por períodos: seco e chuvoso

Para verificar se houve correlação entre os parâmetros de qualidade da água e a pluviosidade foram calculados os coeficientes de correlação de Pearson. A significância da correlação foi averiguada pelo teste t de Student, com nível de significância de 0,05. Os resultados da correlação e do teste para a pluviosidade acumulada nas vinte e quatro horas anteriores à coleta constam na tabela 16. A partir desta tabela, nota-se que apenas houve correlação significativa entre a pluviosidade do dia anterior à coleta e os parâmetros turbidez, condutividade elétrica e fósforo total na estação 6.

**Tabela 16.** Coeficiente de Pearson e teste t para os parâmetros e pluviosidade 24 horas

Parâmetro/teste t pluviosidade 24 h	Estações amostradas					
	1-UC	2-Mata e Reflor.	3-Resi- dencial	4-Clube	5-Horta	6-Urbana
T crítico (tabela t)	3,182	3,182	3,182	3,182	3,182	3,182
<b>Temperatura</b>						
Coeficiente Pearson r	0,74	0,19	0,57	0,59	0,69	0,69
Tcalc (mód)	1,899	0,328	1,197	1,261	1,667	1,640
Significância*	NS	NS	NS	NS	NS	NS
<b>Turbidez</b>						
Coeficiente Pearson r	-0,12	-0,58	-0,16	0,04	-0,75	-0,96
Tcalc (mód)	0,202	1,221	0,286	0,072	1,991	5,927
Significância*	NS	NS	NS	NS	NS	<b>S</b>
<b>pH</b>						
Coeficiente Pearson r	-0,78	-0,27	-0,51	0,20	-0,11	-0,53
Tcalc (mód)	2,127	0,487	1,039	0,354	0,196	1,094
Significância*	NS	NS	NS	NS	NS	NS
<b>Oxigênio Dissolvido</b>						
Coeficiente Pearson r	0,61	0,67	0,19	-0,01	-0,21	0,86
Tcalc (mód)	1,324	1,571	0,327	0,015	0,377	2,861
Significância*	NS	NS	NS	NS	NS	NS
<b>Sólidos Totais Dissolvidos</b>						
Coeficiente Pearson r	0,69	0,06	0,05	-0,45	-0,42	-0,79
Tcalc (mód)	1,640	0,103	0,080	0,868	0,801	2,236
Significância*	NS	NS	NS	NS	NS	NS
<b>Condutividade Elétrica</b>						
Coeficiente Pearson r	0,78	0,02	-0,34	-0,46	-0,34	-0,94
Tcalc (mód)	2,158	0,035	0,625	0,892	0,631	4,681
Significância*	NS	NS	NS	NS	NS	<b>S</b>
<b>Fósforo Total</b>						
Coeficiente Pearson r	-0,84	-0,84	-0,03	-0,81	-0,87	-0,91
Tcalc (mód)	2,684	2,669	0,047	2,434	3,088	3,757
Significância*	NS	NS	NS	NS	NS	<b>S</b>

\*Significância da correlação: t calculado > t crítico: coeficiente é significativo (S), do contrário é não significativo (NS)

Os resultados da correlação para a pluviosidade acumulada mensal na tabela 17 permitem verificar que houve correlação significativa entre a temperatura da água nas estações 1, 3 e 5, sendo uma correlação positiva, na qual a temperatura aumenta com o aumento da pluviosidade mensal.

Também foram significantes as correlações entre a pluviosidade acumulada mensal e os parâmetros sólidos totais dissolvidos e condutividade elétrica na estação 6, caracterizada por ser uma correlação negativa, na qual o aumento da pluviosidade interfere reduzindo os valores dos parâmetros.

**Tabela 17.** Coeficiente de Pearson e teste t para os parâmetros e pluviosidade 30 dias

Parâmetro/teste t pluviosidade 30 dias	Estações amostradas					
	1-UC	2-Mata e Reflor.	3-Resi- dencial	4-Clube	5-Horta	6-Urbana
T crítico (tabela t)	3,182	3,182	3,182	3,182	3,182	3,182
<b>Temperatura</b>						
Coeficiente Pearson r	0,98	0,32	0,92	0,60	0,90	0,81
Tcalc (mód)	7,753	0,593	4,181	1,311	3,658	2,397
Significância*	<b>S</b>	NS	<b>S</b>	NS	<b>S</b>	NS
<b>Turbidez</b>						
Coeficiente Pearson r	-0,24	-0,08	-0,16	-0,27	-0,85	-0,73
Tcalc (mód)	0,431	0,140	0,279	0,495	2,831	1,869
Significância*	NS	NS	NS	NS	NS	NS
<b>pH</b>						
Coeficiente Pearson r	-0,74	-0,03	-0,21	0,46	0,29	-0,12
Tcalc (mód)	1,904	0,056	0,373	0,889	0,517	0,202
Significância*	NS	NS	NS	NS	NS	NS
<b>Oxigênio Dissolvido</b>						
Coeficiente Pearson r	0,63	0,55	-0,15	-0,29	-0,19	0,39
Tcalc (mód)	1,389	1,153	0,262	0,532	0,344	0,729
Significância*	NS	NS	NS	NS	NS	NS
<b>Sólidos Totais Dissolvidos</b>						
Coeficiente Pearson r	0,32	-0,16	-0,30	-0,33	-0,18	-0,97
Tcalc (mód)	0,584	0,283	0,539	0,600	0,321	6,492
Significância*	NS	NS	NS	NS	NS	<b>S</b>
<b>Condutividade Elétrica</b>						
Coeficiente Pearson r	0,76	-0,20	-0,68	-0,34	-0,11	-0,92
Tcalc (mód)	2,039	0,347	1,589	0,626	0,188	4,147
Significância*	NS	NS	NS	NS	NS	<b>S</b>
<b>Fósforo Total</b>						
Coeficiente Pearson r	-0,40	-0,31	-0,24	-0,19	-0,48	-0,56
Tcalc (mód)	0,758	0,562	0,424	0,339	0,936	1,160
Significância*	NS	NS	NS	NS	NS	NS

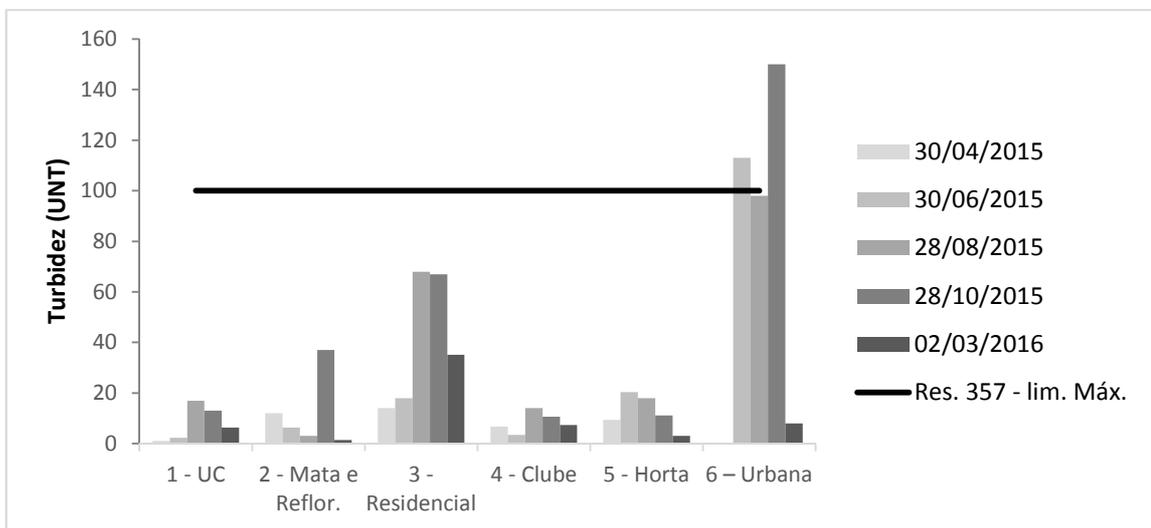
\*Significância da correlação: t calculado > t crítico: coeficiente é significativo (S), do contrário é não significativo (NS)

### 5.7. Atendimento à legislação pertinente

Os resultados em relação ao cumprimento às normas, quais sejam o Decreto Estadual nº 10.755 de 1977, e a Resolução CONAMA nº 357 de 2005, estão apresentadas a seguir.

- **Turbidez:** a maioria das estações apresentou turbidez abaixo do limite máximo permitido, exceto a estação 6, que ultrapassou, em duas datas distintas, o limite máximo permitido pela Resolução para corpo hídrico enquadrado em classe 2. Os resultados constam na figura 12.

**Figura 12.** Resultados perante o atendimento à Resolução CONAMA nº357/2005 para Turbidez



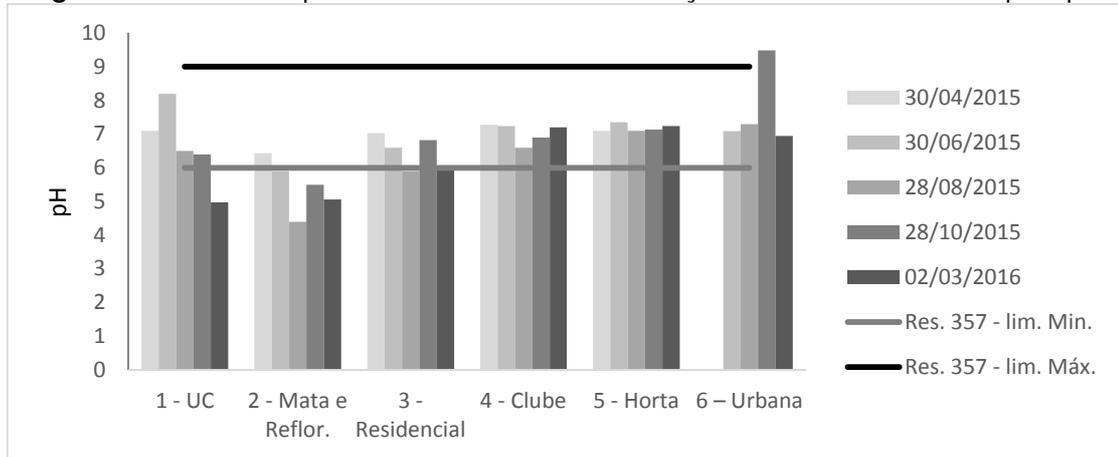
- **pH:** A maior parte dos locais apresentou o pH dentro da faixa exigida pela Resolução CONAMA nº357/2005 para corpos hídricos de classe 2.

Os resultados obtidos e sua comparação aos padrões requeridos de pH pela Resolução estão ilustrados na figura 13.

As estações 1 e 2 apresentaram valores de pH abaixo do limite requerido na Resolução CONAMA nº 357/05. Tal ocorrência pode ser explicada pelo fato de ambas as estações possuírem vegetação natural nas margens dos córregos, o que pode ocasionar maior presença de material vegetal na água, com decomposição de matéria orgânica e liberação de ácido húmicos que reduzem o pH (FUNASA, 2014). A estação 6, por sua vez apresentou, em outubro, um valor mais elevado do que o permitido, o que pode estar relacionado ao despejo de efluentes que esse córrego

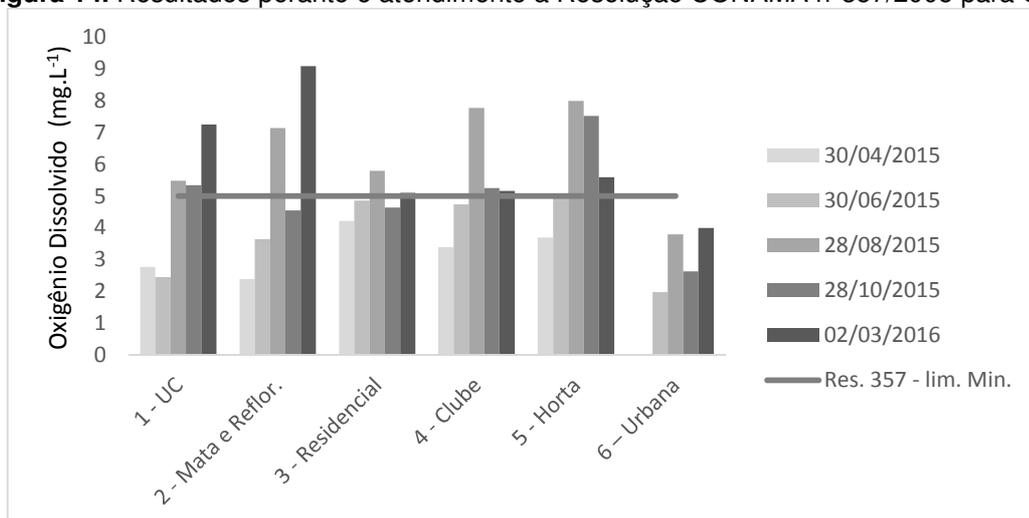
recebe, pois nesta data a pluviosidade das 24 horas foi de 0,2 mm, não havendo, portanto, diluição

**Figura 13.** Resultados perante o atendimento à Resolução CONAMA nº357/2005 para pH



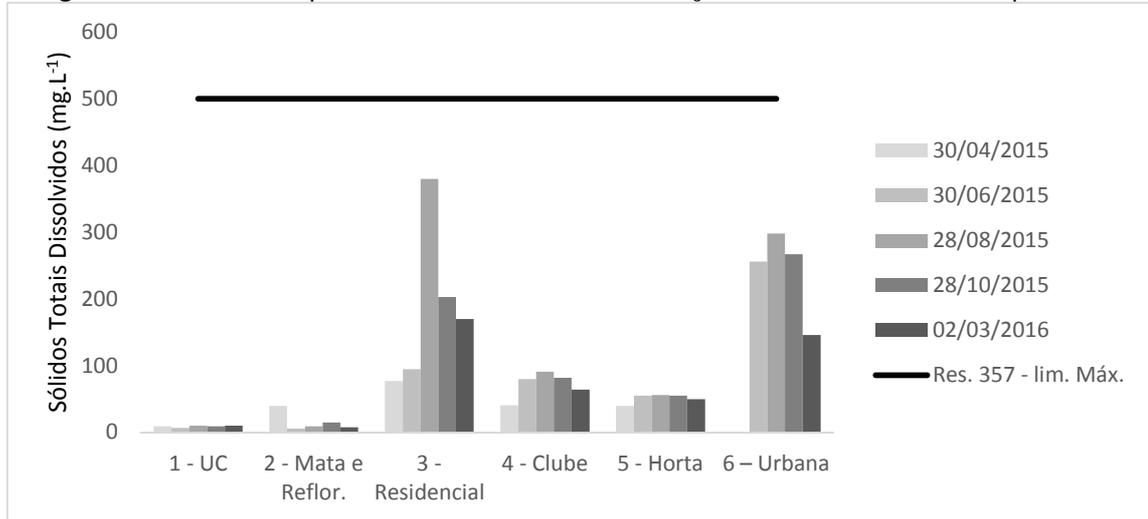
- **Oxigênio Dissolvido (OD):** Todas as estações, em algum momento, desatenderam os requisitos de oxigênio dissolvido, apresentando teores abaixo do mínimo, principalmente as estações 3 e 6, conforme a figura 14. A estação 6 esteve sempre abaixo do requerido pela Resolução, evidenciando a influência dos esgotos recebidos pelo córrego. A estação 3, apesar de receber despejos de efluentes conforme verificado em campo e nos dados de esgotamento do censo do IBGE, não apresentou níveis de OD tão baixos quanto a estação 6, o que pode ser explicado pelo fato de que, devido ao acesso, as coletas ocorreram logo após pequena queda d'água, o que pode ter favorecido a aeração, aumentando a concentração de oxigênio dissolvido, por isso manteve-se próximo ao limite requerido.

**Figura 14.** Resultados perante o atendimento à Resolução CONAMA nº357/2005 para OD



- **Sólidos Totais Dissolvidos (STD):** Em relação aos STD, todos os locais apresentaram valores dentro do permitido pela resolução CONAMA, conforme ilustrado na figura 15.

**Figura 15.** Resultados perante o atendimento à Resolução CONAMA nº357/2005 para STD



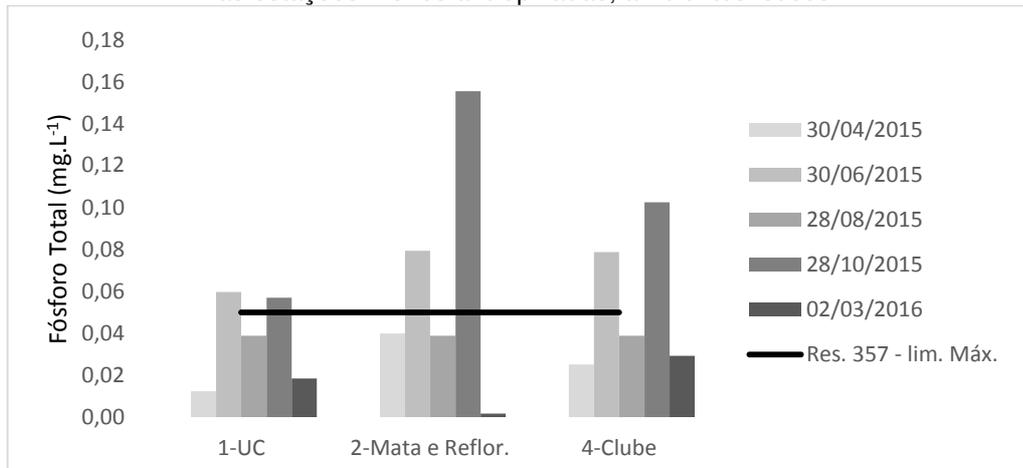
- **Fósforo Total (PT):** Para este parâmetro, os limites permitidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 são diferentes para ambientes lênticos e lóticos.

Em ambiente lêntico, o limite máximo de fósforo total para classe 2 é de até 0,030 mg.L<sup>-1</sup>. Em ambientes intermediários, e em tributários diretos de ambiente lêntico, o limite é de até 0,050 mg.L<sup>-1</sup>.

Para melhor visualização, os resultados para as estações serão apresentados em três grupos, ilustrados por três gráficos, devido à diferença de escala e de limites da Resolução CONAMA.

Dessa forma, a figura 16 contém os resultados para o grupo de estações com usos menos antropizados e de ambientes lóticos, representadas pelas estações 1 – Unidade de Conservação; 2 – Mata e reflorestamento; 4 – Clube.

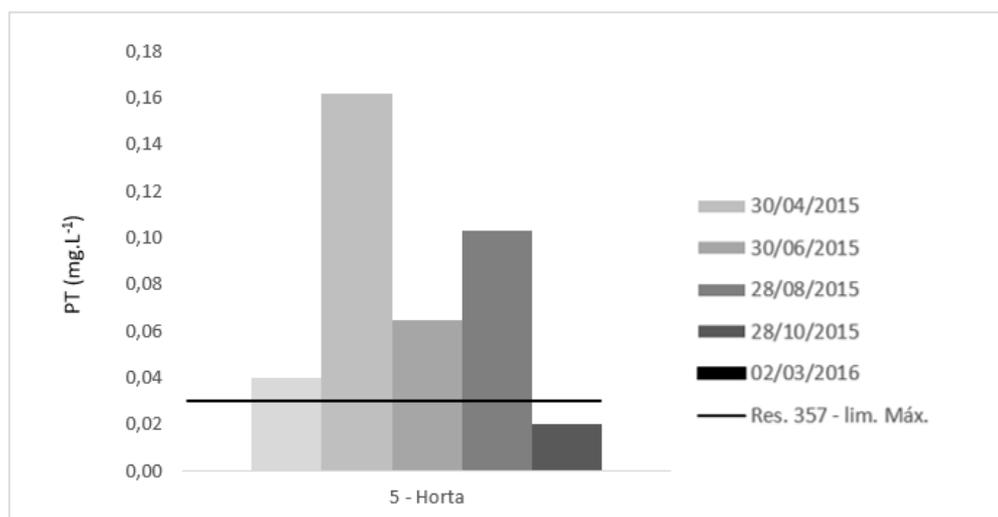
**Figura 16.** Resultados perante o atendimento à Resolução CONAMA nº357/2005 para fósforo total nas estações menos antropizadas, ambientes lóticos.



As estações atendem, na maior parte do tempo, ao limite máximo de PT de ambiente lótico (até 0,050 mg.L<sup>-1</sup>). Ocorreram mais ultrapassagens do limite nos dias 30/06/2015 e 28/10/2015, correspondendo aos dias de menor pluviosidade nas 24 horas anteriores à coleta, havendo assim, menor diluição, corroborando os resultados do item 5.6.

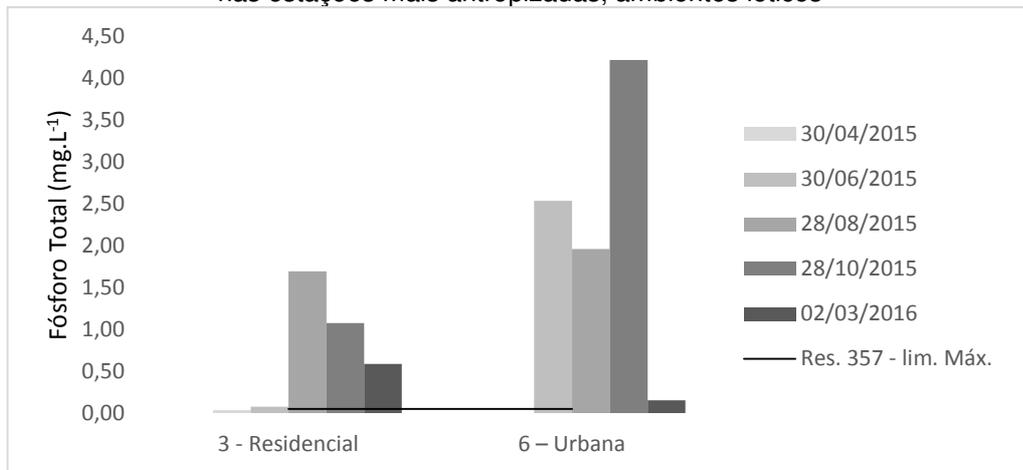
O resultado da estação 5 – Horta, que foi coletada na represa, caracterizando-se, portanto, em ambiente lêntico, está apresentado na figura 17. A estação 5- horta ultrapassou, na maior parte das datas de coleta, o padrão estabelecido para ambiente lêntico, que é o máximo de 0,030 mg.L<sup>-1</sup>. Tal fato pode indicar contribuição de fertilizantes utilizados na horticultura a montante.

**Figura 17.** Resultados perante o atendimento à Resolução CONAMA nº357/2005 para fósforo total na estação 5 - ambiente lêntico



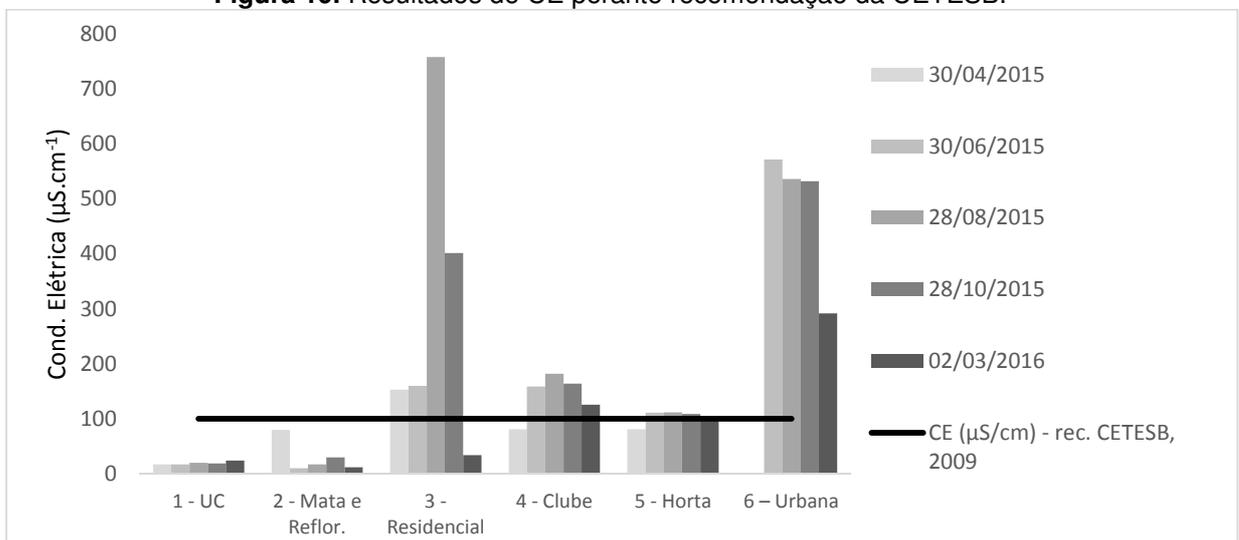
Os resultados das estações mais antropizadas e de ambiente lótico: 3 – Residencial; 6 – Urbana estão ilustrados na figura 18. As estações 3 e 6 ultrapassam o limite de fósforo total em todos os períodos coletados, indicando o grande aporte de fósforo para a represa Billings por contribuição de córregos com lançamento de esgotos sem tratamento. Concentrações mais elevadas em áreas urbanizadas também foram verificadas por Menezes et al. (2016).

**Figura 18.** Resultados perante o atendimento à Resolução CONAMA nº357/2005 para fósforo total nas estações mais antropizadas, ambientes lóticos



- **Condutividade Elétrica (CE):** este parâmetro foi avaliado conforme CETESB (2009), que recomenda níveis de condutividade até  $100 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . Mais uma vez as estações 3 e 6 apresentaram valores acima do recomendado, conforme a figura 19.

**Figura 19.** Resultados de CE perante recomendação da CETESB.



### 5.8. Relação entre o uso do solo e a qualidade da água nas microbacias

Conforme descrito no item 4.7, para analisar a correlação entre os parâmetros de qualidade da água e o uso do solo, foi adotada uma escala para agrupar as classes de uso e ocupação conforme seu potencial poluidor (OMETO et al., 2000). No presente estudo foram adotados três grupos de classes de uso do solo: mata, usos fortemente antropizados ou mais antropizados (áreas urbanizadas e favelas), usos moderadamente antropizados (usos rurais como chácaras e horticultura).

A tabela 18 apresenta a correlação, com coeficiente de Pearson, entre a média dos parâmetros por estação e a porcentagem de mata na respectiva microbacia, bem como a significância dos resultados a partir do teste de hipóteses *t* de Student.

**Tabela 18.** Correlação entre a média dos parâmetros e mata por estação: coeficiente de Pearson e teste *t*

Microbacia / Estação	% Mata	Médias						
		Temp.	Turbidez	pH	OD	STD	CE	PT
1 - UC	93,62	18,88	7,93	6,63	4,66	9,00	19,40	0,04
2 - Mata e Reflorestamento	68,86	19,26	11,96	5,46	5,36	15,60	29,80	0,06
3 -Residencial	72,04	18,65	40,40	6,47	4,92	185,00	301,60	0,69
4 - Clube	67,03	20,09	8,43	7,04	5,27	71,60	142,40	0,06
5 - Horta	75,45	20,98	12,42	7,19	5,96	51,20	103,20	0,08
6 - Urbana	32,80	20,59	92,25	7,71	3,11	241,75	483,50	2,22
<b>Coeficiente Pearson (r)</b>		<b>-0,51</b>	<b>-0,86</b>	<b>-0,47</b>	<b>0,67</b>	<b>-0,78</b>	<b>-0,84</b>	<b>-0,87</b>
<b>t crítico (tabela t Student)</b>		2,776	2,776	2,776	2,776	2,776	2,776	2,776
<b>t calculado (módulo)</b>		1,174	3,336	1,069	1,824	2,469	3,058	3,483
<b>t calculado &gt; t crítico: correlação é significativa</b>		Não significativo	<b>Significativo</b>	Não significativo	Não significativo	Não significativo	<b>Significativo</b>	<b>Significativo</b>

Temp.=Temperatura; OD=Oxigênio Dissolvido; STD=Sólidos Totais Dissolvidos; CE=Condutividade Elétrica; PT=Fósforo Total

Resultam como significativos os coeficientes de Pearson para correlações entre a porcentagem de Mata e os parâmetros Turbidez, Condutividade Elétrica e Fósforo Total. Ou seja, quanto maior a porcentagem de mata, menores os valores de turbidez, condutividade elétrica e fósforo total, relacionados ao aporte de partículas aos corpos hídricos, evidenciando o papel da mata na redução do transporte de sedimentos.

A tabela 19 apresenta a correlação entre a média dos parâmetros por estação e a porcentagem de usos mais antropizados, considerados a área urbanizada e favela, nas respectivas microbacias. O teste t para o coeficiente de Pearson mostra que a correlação foi significativa e positiva entre a porcentagem de usos mais antropizados na microbacia e os parâmetros Turbidez, Sólidos Totais Dissolvidos, Condutividade Elétrica e Fósforo Total, ou seja, tais parâmetros sofrem incremento se a porcentagem dos usos urbano e favela aumentam na microbacia. Por sua vez, a correlação foi significativa e negativa para o Oxigênio Dissolvido, de modo que este aumenta se os usos mais antropizados diminuem na microbacia o que pode estar relacionado ao lançamento de esgotos nos córregos.

**Tabela 19.** Correlação entre a média dos parâmetros e usos mais antropizados por estação: coeficiente de Pearson e teste t

Estação	% usos mais antropizados (urb., favela)	Médias						
		Temp.	Turbidez	pH	OD	STD	CE	PT
1 - UC	0,00	18,88	7,93	6,63	4,66	9,00	19,40	0,04
2 - Mata e Reflor	0,00	19,26	11,96	5,46	5,36	15,60	29,80	0,06
3 - Residencial	9,67	18,65	40,40	6,47	4,92	185,00	301,60	0,69
4 - Clube	0,00	20,09	8,43	7,04	5,27	71,60	142,40	0,06
5 - Horta	0,00	20,98	12,42	7,19	5,96	51,20	103,20	0,08
6 - Urbana	52,00	20,59	92,25	7,71	3,11	241,75	483,50	2,22
<b>Coefficiente Pearson r</b>		<b>0,34</b>	<b>0,98</b>	<b>0,59</b>	<b>-0,91</b>	<b>0,85</b>	<b>0,90</b>	<b>0,99</b>
<b>t crítico (tabela t Student)</b>		2,776	2,776	2,776	2,776	2,776	2,776	2,776
<b>t calculado (módulo)</b>		0,720	10,290	1,457	4,298	3,224	4,236	17,815
<b>t calculado &gt; t crítico: correlação é significativa</b>		Não significativo	<b>Significativo</b>	Não significativo	<b>Significativo</b>	<b>Significativo</b>	<b>Significativo</b>	<b>Significativo</b>

Temp.=Temperatura; OD=Oxigênio Dissolvido; STD=Sólidos Totais Dissolvidos; CE=Condutividade Elétrica; PT=Fósforo Total

Em relação aos usos considerados moderadamente antropizados, isto é, os usos rurais compreendidos como áreas de chácaras e horticultura, os resultados estão na tabela 20.

A correlação dos parâmetros não foi significativa. Isso significa que os usos rurais, compreendendo as classes de chácaras e horticultura não foram determinantes para provocar alterações na qualidade da água. Ressalta-se que tais classes de uso não apresentaram porcentagem elevada nas microbacias, estando mais presente na estação 4 – Clube, com 26,7 % da área.

**Tabela 20.** Correlação entre a média dos parâmetros e usos moderadamente antropizados por estação: coeficiente de Pearson e teste t

Estação	% uso antrópico moderado	Média						
		Temp.	Turbidez	pH	OD	STD	CE	PT
1 - UC	0	18,88	7,93	6,63	4,66	9,00	19,40	0,04
2 - Mata e Reflor	15,2	19,26	11,96	5,46	5,36	15,60	29,80	0,06
3 -Residencial	10,7	18,65	40,40	6,47	4,92	185,00	301,60	0,69
4 - Clube	26,7	20,09	8,43	7,04	5,27	71,60	142,40	0,06
5 - Horta	10,6	20,98	12,42	7,19	5,96	51,20	103,20	0,08
6 - Urbana	0,0	20,59	92,25	7,71	3,11	241,75	483,50	2,22
<b>Coeficiente Pearson r</b>		<b>0,07</b>	<b>-0,51</b>	<b>-0,26</b>	<b>0,60</b>	<b>-0,29</b>	<b>-0,31</b>	<b>-0,51</b>
<b>t crítico (tabela t Student)</b>		2,776	2,776	2,776	2,776	2,776	2,776	2,776
<b>t calculado (módulo)</b>		0,138	1,186	0,545	1,517	0,596	0,648	1,200
<b>t calculado &gt; t crítico: correlação é significativa</b>		Não significativo						

Temp.=Temperatura; OD=Oxigênio Dissolvido; STD=Sólidos Totais Dissolvidos; CE=Condutividade Elétrica; PT=Fósforo Total

De acordo com os dados apresentados é possível notar que turbidez, sólidos totais dissolvidos, condutividade elétrica e fósforo total apresentaram maiores valores em estações cujas microbacias possuem predominância de usos antrópicos (uso urbano, favela, chácaras, hortas) quando comparados aos usos naturais (mata). Tais parâmetros estão relacionados à ocorrência de erosão e deposição de partículas, bem como a despejos de efluentes.

Souza e Gastaldini (2014) encontraram menores valores de condutividade elétrica em bacia hidrográfica de área mais preservada. Valores mais elevados de condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos e turbidez foram encontrados em áreas menos vegetadas, com maior potencial de erosão. Baixas concentrações de oxigênio dissolvido foram observadas nas bacias hidrográficas com maior número de habitantes, relacionadas a despejos de efluentes domésticos, com contribuição elevada de matéria orgânica aos sistemas fluviais.

## 6. CONCLUSÕES

Com o desenvolvimento deste trabalho, foi possível testar e aceitar a hipótese de que córregos inseridos em microbacias possuidoras de usos menos antrópicos, com predominância de cobertura florestal nativa, apresentam água de melhor qualidade.

O entendimento da poluição de bacias tributárias foi auxiliado por meio de técnicas de geoprocessamento e de análises físicas e químicas de parâmetros de qualidade da água.

Os parâmetros de qualidade da água utilizados neste estudo mostraram-se suficientes para demonstrar sua relação com o uso do solo nas microbacias, em especial os parâmetros turbidez, pH, sólidos totais dissolvidos, condutividade elétrica e fósforo total com variâncias significativas verificadas por Análise de Variância - ANOVA.

A influência da pluviosidade foi analisada para os períodos seco e chuvoso, pluviosidade das 24 horas anteriores à coleta e pluviosidade acumulada mensal. Os parâmetros temperatura da água e oxigênio dissolvido apresentaram variações distintas nos períodos seco e chuvoso, apresentando maiores médias no período chuvoso. A pluviosidade foi pouco determinante nos resultados dos parâmetros de maneira geral. Houve correlação significativa apenas entre a pluviosidade das 24 horas anteriores à coleta e os parâmetros turbidez, condutividade elétrica e fósforo total na estação 6. Para a pluviosidade mensal, houve correlação significativa entre a temperatura da água nas estações 1, 3 e 5, e os parâmetros sólidos totais dissolvidos e condutividade elétrica apenas na estação 6.

Observou-se que as microbacias com maiores porcentagens de uso do solo do tipo Mata apresentaram melhor qualidade da água com menores teores de turbidez, condutividade elétrica e fósforo total. Os usos mais antropizados apresentaram piora da qualidade da água para os parâmetros Turbidez, Sólidos Totais Dissolvidos, Condutividade Elétrica, Oxigênio Dissolvido e Fósforo Total. O agrupamento das classes de uso do solo proposto conforme o grau de antropização permitiram uma abordagem geral e quantitativa, contribuindo como método para auxiliar a estimativa dos parâmetros de qualidade da água a partir do uso.

A diferença de declividade entre as microbacias não foi determinante para explicar a qualidade da água, no entanto, para o córrego inserido na Unidade de

Conservação, cuja microbacia apresentou a maior declividade média, verificou-se queda da qualidade para alguns parâmetros ao longo do córrego.

Verificou-se que em determinadas estações alguns parâmetros não atenderam aos padrões estabelecidos pela legislação vigente, verificada a partir da Resolução CONAMA nº357/2005 e do Decreto nº 10.755/1977, pois apresentaram valores em desacordo com os quesitos para classe 2. Os únicos parâmetros de qualidade da água dentro dos padrões em todas as estações no período de estudo foram pH e sólidos totais dissolvidos. Os valores de turbidez ultrapassaram o limite máximo somente na estação 6 – urbana. Em algumas coletas houve desatendimento, em várias estações monitoradas, aos padrões requeridos de oxigênio dissolvido e fósforo total. Tal fato demonstra que as análises para verificação de adequação aos parâmetros devem ser realizadas ao longo de diferentes períodos. As estações com usos mais antropizados, em especial a estação 6 – urbana, apresentaram maiores desatendimentos aos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para corpos hídricos enquadrados na classe 2, devido principalmente aos despejos de esgotos domésticos sem tratamento.

Quanto à metodologia adotada foi possível verificar que as técnicas de geoprocessamento se mostraram adequadas para os estudos das microbacias, do uso do solo nas mesmas, permitindo a análise de correlação com a qualidade da água. As técnicas de análise da água mostraram-se suficientes para demonstrar a correlação do uso a partir de parâmetros físico-químicos, com coletas em diferentes períodos do ano, e amostras suficientes para realização dos testes de hipótese, os quais permitiram avaliar quais parâmetros foram significativos para as avaliações propostas neste estudo. A avaliação de estações adicionais mostrou-se importante no entendimento de processos nas microbacias, como a alteração de parâmetros de montante a jusante, o provável papel da área de várzea na redução da poluição, a comparação com a represa e o funcionamento da diluição nesta. Os procedimentos adotados possuem aplicabilidade para outros estudos semelhantes em outras áreas, principalmente na adoção da escala de microbacias.

## **7. RECOMENDAÇÕES**

Visto que a falta de coleta e tratamento do esgoto doméstico é a principal causa da degradação da qualidade da água, recomenda-se o avanço do saneamento na região. Formas menos dispendiosas como tecnologias de tratamento local poderiam ser utilizadas.

As diversas formas de uso e ocupação do solo exercem influências na qualidade da água, sobretudo os usos urbanos, aumentando a poluição, e por outro lado, a cobertura vegetal promovendo a qualidade da água. Nesse sentido, a gestão por microbacias é recomendada para adoção de instrumentos de controle e planejamento do uso do solo visando à proteção dos recursos hídricos, principalmente por áreas vegetadas.

O estudo apresentou dados que contribuíram para o entendimento da relação entre o uso do solo em microbacias e a qualidade da água. Foi verificado o atendimento a padrões de qualidade, bem como a análise de possíveis fatores de influência como pluviosidade e declividade, utilizando abordagens interdisciplinares. Devido à complexidade que envolve o tema, são recomendados novos estudos com abordagens semelhantes que avaliem outros fatores que possam influenciar na relação entre uso do solo e qualidade da água, bem como a eficácia de medidas de manejo, de forma a contribuir com o conhecimento científico sobre o assunto.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, A. R. C. Bacia hidrográfica: unidade de planejamento ambiental. **Revista Geonorte**, Edição Especial, v.4, n.4, p. 201-209, 2012.

ALLAN, J.D.; ERICKSON, D.L.; FAY, J. The influence of catchment land use on stream integrity across multiple spatial scales (Review). **Freshwater Biology**, v. 37, n. 1, p. 149-161, fev. 1997.

ANDRADE, A.A.S. **Análise da eficiência da várzea do ribeirão parselheiros na melhoria de qualidade das águas que afluem à represa do Guarapiranga, São Paulo**. Dissertação (mestrado). EESC-USP, São Carlos, 2005.

ARCOVA, F. C. S. ; CICCIO, V. Qualidade da água de microbacias com diferentes usos do solo na região de Cunha, Estado de São Paulo. **Scientia Forestalis (IPEF)**, Piracicaba, v. 56, p. 125-134, 1999.

BONETO, R. M. C. G. **Aspectos limnológico - sanitários das águas do rio Caulim na Região Metropolitana de São Paulo**. Dissertação (mestrado) - Faculdade de Saúde Pública, USP, São Paulo, 2007.

BRASIL, Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 9 de janeiro de 1999. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm)> . Acesso em: 07 mar. 2015.

\_\_\_\_\_, Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 28 de janeiro de 1999. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm). Acesso em: 07 mar. 2015.

\_\_\_\_\_. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, CONAMA. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 18 de março de 2005, págs. 58-63. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/CONAMA/res/res05/res35705.pdf>> Acesso em: 18.abr.2015.

BRINSER, A. Progress in dealing with measurement and quality problems in planning land and water-use. **Journal of farm economics**, v. 44. n.5, p. 1672-1683, 1962.

CENTRO DE PESQUISAS METEOROLÓGICAS E CLIMÁTICAS APLICADAS A AGRICULTURA – CEPAGRI; UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS – UNICAMP. Clima dos Municípios Paulistas: **A classificação climática de Koeppen para o estado de São Paulo**. S.d. Disponível em <http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima-dos-municipiospaulistas.html>. Acesso em: 08 jul.2015.

CENTRO NACIONAL DE MONITORAMENTO E ALERTAS DE DESASTRES NATURAIS – CEMADEN (site). Disponível em <<http://www.cemaden.gov.br/mapainterativo/#>>. Acesso em: 18 jan. 2016.

CHAVES, H.M.L., SANTOS, L.B. Ocupação do solo, fragmentação da paisagem e qualidade da água em uma pequena bacia hidrográfica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13 (suplemento), p. 922-930, nov. 2009.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO TIETÊ - CBHAT. **Conheça a Bacia do Alto Tietê: Caracterização Geral**. São Paulo, 2014. Disponível em <[http://www.comiteat.sp.gov.br/pdf/a\\_bacia/CaracterizacaoGeral.pdf](http://www.comiteat.sp.gov.br/pdf/a_bacia/CaracterizacaoGeral.pdf)>. Acesso em: 03 nov. 2015

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. Sistema de Informação InfoÁGUAS (site). Disponível em <<https://servicos.cetesb.sp.gov.br/infoaguas/>>. Acesso em: 28 jan.2016.

\_\_\_\_\_. **Qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo 2014**. Apêndice C - Índices de Qualidade das Águas. CETESB, São Paulo, 2015.

\_\_\_\_\_. **Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem. 2009**. Disponível em <http://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/32/2013/11/variaveis.pdf>. Acesso em: 26 jun.2015.

\_\_\_\_\_; AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. **Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos**. Carlos J.B. et al. (Org.). São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2011, 326 p.: il.

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO – SABESP. **Crise hídrica, estratégia e soluções da Sabesp para a Região Metropolitana de São Paulo**. Sabesp. 2015. Disponível em <[http://site.sabesp.com.br/site/uploads/file/crisehidrica/chess\\_crise\\_hidrica.pdf](http://site.sabesp.com.br/site/uploads/file/crisehidrica/chess_crise_hidrica.pdf)>. Acesso em: 08 set.2015.

\_\_\_\_\_. **Norma Técnica Interna SABESP NTS 013 SÓLIDOS: Método de Ensaio**. São Paulo, jun. 1999. Disponível em <<http://www2.sabesp.com.br/normas/nts/nts013.pdf>>. Acesso em: 18 set.2016.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS. **Sistema Cemig de monitoramento e Controle de qualidade da água de reservatório – SISÁGUA - Manual de procedimentos de coleta e Metodologia de análise de água**. Belo Horizonte: Cemig, 2009, 85p.

CUNHA, E. R.; BACANI, V. M.; SAKAMOTO, A. Y. Utilização de imagem de alta resolução espacial para o mapeamento de uso do solo e cobertura vegetal. **Geografia Ensino & Pesquisa**, v. 19, n.2, p. 65-74, maio/ago. 2015.

DAILY, G.C. et al. Ecosystem Services: Benefits Supplied to Human Societies by Natural Ecosystems. **Issues in Ecology**, Ecological Society of America, Washington-DC, n. 2, p.1-16, Spring 1997.

DALMAS, F. B.; VARGAS, R. R.; SAAD, A. R.; ANDRADE, M. R. M. de; ANDRADE, J. A. de; ARRUDA, R. O. M. Reflexos do uso e ocupação do solo na qualidade da água do Rio Embu-Guaçu, Região Metropolitana de São Paulo. São Paulo, UNESP, **Geociências**, v. 34, n. 1, p.130-144, 2015

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA – DAEE; INSTITUTO GEOLÓGICO - IG-; INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – IPT; CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Mapa de águas subterrâneas do Estado de São Paulo 1:1. 000.000 - nota explicativa**. Gerôncio Rocha (Coord), 2005, 119p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Práticas de Conservação de Solo e Água**. Circular Técnica nº 133. Zonta et. al. Campina Grande – PB, p.1-24. Set. 2012.

\_\_\_\_\_; ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA “LUIZ DE QUEIROZ” – ESALQ/USP. Banco de dados climáticos do Brasil, 2003. Disponível em: <<http://www.bdclima.cnpm.embrapa.br/resultados/balanco.php?UF=&COD=462>> Acesso em: 18 jan. 2016.

EMPRESA PAULISTA DE PLANEJAMENTO METROPOLITANO S.A. - EMLASA **Atlas de Uso e Ocupação do Solo da RMSP**. São Paulo, SP, 2003.

FORESTI, C.; HAMBURGER, D. S. Sensoriamento remoto aplicado ao estudo do uso do solo urbano *in* **Análise ambiental: uma visão multidisciplinar**. TAUk, Sâmia Maria et al. Editora UNESP, Fundação para o Desenvolvimento da UNESP, 1996, 206 p. cap. 7, p.143-150.

FUNDAÇÃO DE APOIO À UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO – FUSP. **Plano da bacia hidrográfica do alto tietê: relatório final**. Volume 1/4, Comitê da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê, 2009.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE - FUNASA. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS**. Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. Brasília: Funasa, 2014, 112 p.

GINEVAN, M. E. **Statistical tools for environmental quality measurement**. USA: CRC Press, 2004, 239 p.

HELSEL, D.R.; HIRSCH, R.M. **Statistical Methods in Water Resources in Techniques of Water-Resources Investigation**. Book 4, chapter A3. U.S. :Geological Survey, 2002, 522 p.

HORTON, R.E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. **Bulletin of the Geological Society of America**, v.56, n.3, p.275-370, 1945. Disponível em

<[http://www.geos.ed.ac.uk/homes/s0451705/horton\\_1945.pdf](http://www.geos.ed.ac.uk/homes/s0451705/horton_1945.pdf)> .Acesso em: 01 mar.2016

INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS – IAC; OLIVEIRA et al. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo**. Campinas: IAC/Embrapa, 1999. Disponível em <[www.iac.sp.gov.br/solosp](http://www.iac.sp.gov.br/solosp)>. Acesso em: 27 jul.2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Noções Básicas de Cartografia. (s.d.). Disponível em <[http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/manual\\_nocoos/indice.htm](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/manual_nocoos/indice.htm)>. Acesso em: 24 jul. de 2015

\_\_\_\_\_. Censo 2010 – setores censitários. Disponível em <[ftp://geoftp.ibge.gov.br/malhas\\_digitais/censo\\_2010/setores\\_censitarios/](ftp://geoftp.ibge.gov.br/malhas_digitais/censo_2010/setores_censitarios/)>. Acesso em: 28 jan.2016.

\_\_\_\_\_. **Manual Técnico de Uso da Terra**. Rio de Janeiro, 3ª. ed., 1999, 58 p.

INSTITUTO INTERNACIONAL DE ECOLOGIA E GERENCIAMENTO AMBIENTAL – IIEGA. **Programa de Monitoramento da Qualidade dos Corpos de Água no Trecho Sul do Rodoanel Mário Covas**. Nov. 2009 (Relatório Técnico).

INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL - ISA. **Billings 2000: ameaças e perspectivas para o maior reservatório de água da região metropolitana de São Paulo: relatório do diagnóstico socioambiental participativo da bacia hidrográfica da Billings no período 1989-99**. CAPOBIANCO, J.P.R.; WHATELY, M. org. São Paulo: Instituto Socioambiental, 2002, 60 p.

FIGUEIREDO, D. **Conceitos Básicos de Sensoriamento Remoto**. Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB. Brasília - DF, 2005. Disponível em <[http://www.conab.gov.br/conabweb/download/SIGABRASIL/manuais/conceitos\\_sm.pdf](http://www.conab.gov.br/conabweb/download/SIGABRASIL/manuais/conceitos_sm.pdf)>. Acesso em: 12 jan. 2016

JESUS, J. A. O. **Utilização de modelagem matemática 3D na gestão da qualidade da água em mananciais - aplicação no Reservatório Billings**. Tese de Doutorado - Faculdade de Saúde Pública-USP, São Paulo,2006.

KUHLMANN, M.L. et al. Effects of human activities on rivers located in protected areas of the Atlantic Forest. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 26, n. 1, p.60-72, 2014.

LAMPARELLI, M.C. **Graus de trofia em corpos d'água do Estado de São Paulo: Avaliação dos métodos de monitoramento**. Tese (doutorado). Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, 2004. 235p.

LAPPONI, J.C. **Estatística usando Excel**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005, 476p.

LEOPOLD, L.B. Hydrology For Urban Land Planning - A Guidebook on the Hydrologic Effects of Urban Land Use. **Geological Survey Circular** 554. Washington, 1968, 21p.

LI, S. et al. Water quality in relation to land use and land cover in the upper Han River Basin, China. **Journal of Hazardous Materials**, v. 165, Issues 1–3, p. 317-324, jun. 2009.

LIMA, W.P. **Princípios de hidrologia florestal para o manejo de bacias hidrográficas**. Piracicaba: Escola Superior de agricultura “Luiz de Queiroz”, USP, 2008, 253 p.

\_\_\_\_\_; ZAKIA, M.J.B (org.). **As florestas plantadas e a água – implementando o conceito da microbacia hidrográfica como unidade de planejamento**. São Carlos: Rima, 2006.

\_\_\_\_\_; ZAKIA, M.J.B. Indicadores hidrológicos em áreas florestais. **Série técnica IPEF**, v.12, n. 31, p. 53-64, abr. 1998.

MEYBECK, M. et al. Rivers. In: CHAPMAN, D. (Ed.) **Water quality assessments**. London: UNESCO; WHO; UNEP, p.241-320, 1996.

MENEZES, J.P.C. et al. Relação entre padrões de uso e ocupação do solo e qualidade da água em uma bacia hidrográfica urbana. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.21, n.3, p.519-534, jul/set. 2016

MORUZZI, R.B. et al. Avaliação de cargas difusas e simulação de autodepuração no córrego da Água Branca, Itirapina (SP). **Geociências**, São Paulo, v.31 n.3, p.447-458, 2012.

MOURA, L.H.A. , BOAVENTURA, G.R., PINELLI, M.P. A qualidade de água como indicador de uso e ocupação do solo: Bacia do Gama - Distrito Federal. **Química Nova**, v. 33, n. 1, p. 97-103, 2010.

OMETO, J.P.H.B. et al. Effects of land use on water chemistry and macroinvertebrates in two streams of Piracicaba river basin, south-east Brazil. **Freshwater Biology**, v.44, n.2, p. 327-337, jun. 2000.

PORTO, M.; MARTINS, J.R.S.; ARMELIN, L.F. Monitoramento em Drenagem Urbana In RIGHETTO, A. M. (coord.). **Manejo de Águas Pluviais Urbanas**. Rio de Janeiro: ABES, 2009 396p.: II. Projeto PROSAB.

PREFEITURA DE SÃO BERNARDO DO CAMPO - PMSBC. **Sumário de Dados 2012**, 396p. cap. 2, p.44 - 47.

SÃO BERNARDO DO CAMPO. Decreto nº 18.684, de 13 de novembro de 2013. Cria o Parque Natural Municipal Estoril Virgílio Simionato, e dá outras providências. **Notícias do Município**, 14 de novembro de 2013, p.18.

SÃO PAULO (Estado). Decreto nº 10.755, de 22 de novembro de 1977. Dispõe sobre o enquadramento dos corpos de água receptores na classificação prevista no Decreto nº 8.468, de 8 de setembro de 1976, e dá providências correlatas. **Diário Oficial do Estado**, São Paulo, SP, 23 de novembro de 1977. Disponível em

[http://licenciamento.cetesb.sp.gov.br/legislacao/estadual/decretos/1997\\_Dec\\_Est\\_10755.pdf](http://licenciamento.cetesb.sp.gov.br/legislacao/estadual/decretos/1997_Dec_Est_10755.pdf). Acesso em: 18.abr.2015.

\_\_\_\_\_. Lei n.º 7.663, de 30 de dezembro de 1991. Institui a Política Estadual de Recursos Hídricos. **Diário Oficial do Estado**, São Paulo, SP, 31 de dezembro de 1991. Disponível em <http://www.al.sp.gov.br/norma/?id=18836>. Acesso em: 18.abr.2015.

\_\_\_\_\_. Lei n.º 9.034, de 27 de dezembro de 1994. Dispõe sobre o Plano Estadual de Recursos Hídricos – PERHI. **Diário Oficial do Estado**, São Paulo, SP, 28 de dezembro de 1994. Disponível em <http://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/1994/lei-9034-27.12.1994.html>. Acesso em: 20.ago.2016.

\_\_\_\_\_. SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE. INSTITUTO FLORESTAL. **Inventário florestal da vegetação natural do Estado de São Paulo**. São Paulo: Imprensa Oficial, 2005, 200 p.

SARGENT, F. O.; ZAYAC, F. J. Index of lake basin land use for land use planning purposes. **Water Resources Bulletin**, v.13, n. 2, p. 365-372, 1977.

SILVA, A. E. P.; ANGELIS, C. F.; MACHADO, L. A. T.; WAICHAMAN, A.V. Influência da precipitação na qualidade da água do Rio Purus. **Acta amazonica**, v. 38, n. 4, p. 733-742, 2008.

SILVA, A.M. et al. Perdas de solo, água, nutrientes e carbono orgânico em Cambissolo e Latossolo sob chuva natural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.40, n.12, p.1223-1230, dez. 2005.

SILVA, E.F.L.P. et al. Avaliação da qualidade da água em microbacias hidrográficas de uma Unidade de Conservação do Nordeste do estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 9, n. 3, p. 371-381, jul./set. 2011.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO – SNIS. Tabelas Completas de informações e indicadores dos prestadores de serviços de saneamento, dados de 2014. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/>. Acesso em: 31 ago.2016.

SMITH, R.A.; SCHWARZ, G.E.; ALEXANDER, R.B. Regional interpretation of water-quality monitoring data (Article). **Water Resources Research**, v. 33, n. 12, p. 2781-2798, dez.1997.

SOUZA, M. M.; GASTALDINI, M. C. C. Avaliação da qualidade da água em bacias hidrográficas com diferentes impactos antrópicos. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.19, n.3, jul./set. 2014.

STRICKLAND, J.D.H., PARSONS, T.R. A manual of sea water analysis. **Fisheries Research Board of Canadá**, Ottawa, n.125, 1960.

TONG, S.T.Y.; CHEN, W. Modeling the relationship between land use and surface water quality. **Journal of Environmental Management**, v. 66, n. 4, p. 377-393, 2002.

TUCCI, C. E. M. Água no Meio Urbano. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (Org.). **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Escrituras Editora, 2006. 748 p. cap. 12, p. 399-432.

TUNDISI, J.G.; TUNDISI, T.M. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 631p.

US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – US EPA. **Land Use Impacts on Water**. (s.d.). Disponível em <[www.epa.gov/greenkit/toolwq.htm](http://www.epa.gov/greenkit/toolwq.htm)>. Acesso em: 22 jul. 2015.

VALDERRAMA, G.C. The simultaneous analysis of total nitrogen and total phosphorus in natural waters. **Marine Chemistry**, v.10, p.109-112, 1981.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3 ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 2005. 452p.

\_\_\_\_\_. **Estudos e Modelagem da qualidade da água dos rios**. 3 ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 2007. 588p.

ZAMPELLA, R.A. et al. Relationship of land-use/land-cover patterns and surface-water quality in the Mullica River basin. **Journal of the American Water Resources Association**, v. 43, n. 3, p. 594-604, jun. 2007.

ZANATA, M. et al. Efeito do uso do solo na qualidade do recurso hídrico utilizando análise estatística multivariada. **Irriga**, Botucatu, v. 20, n. 4, p. 776-789, dez.2015.