



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**  
**“JULIO DE MESQUITA FILHO”**  
**INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS**



Trabalho de Formatura

Curso de Graduação em Engenharia Ambiental

**ANÁLISE ESPAÇO TEMPORAL DE PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ÁGUA E  
SUA RELAÇÃO COM USO E OCUPAÇÃO NA BACIA DO ALTO TIETÊ**

Rodrigo Hyago de Araújo Pereira

Prof. Dr. Rodrigo Braga Moruzzi

Rio Claro (SP)

2016

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Instituto de Geociências e Ciências Exatas

Câmpus de Rio Claro

RODRIGO HYAGO DE ARAÚJO PEREIRA

ANÁLISE ESPAÇO TEMPORAL DE PARÂMETROS DE  
QUALIDADE DE ÁGUA E SUA RELAÇÃO COM USO E  
OCUPAÇÃO NA BACIA DO ALTO TIETÊ

Trabalho de Formatura apresentado ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas - Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, para obtenção do grau de Engenheiro Ambiental.

Rio Claro - SP

2016

RODRIGO HYAGO DE ARAÚJO PEREIRA

ANÁLISE ESPAÇO TEMPORAL DE PARÂMETROS DE  
QUALIDADE DE ÁGUA E SUA RELAÇÃO COM USO E  
OCUPAÇÃO NA BACIA DO ALTO TIETÊ

Trabalho de Formatura apresentado ao Instituto de  
Geociências e Ciências Exatas - Câmpus de Rio  
Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio de  
Mesquita Filho, para obtenção do grau de  
Engenheiro Ambiental.

Comissão Examinadora

Prof. Dr. Rodrigo Braga Moruzzi (orientador)

Profa. Dra. Andréia Medinilha Prancher

Profa. Dra. Vania Silvia Rosolen

Rio Claro, 23 de junho de 2016.

Assinatura do aluno

Assinatura do orientador

*Dedico esta monografia à minha mãe, que mesmo quando longe, me fez sentir todos os dias seu amor incondicional*



## AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Rodrigo Braga Moruzzi, por todos estes anos de orientações em diversas pesquisas relacionadas ao tratamento de águas e principalmente no presente trabalho, pelas críticas, sugestões, conselhos e supervisão. Todas essas experiências me amadureceram no âmbito profissional e pessoal, e me fizeram descobrir uma das minhas paixões dentro dos vastos campos de atuação da Engenharia Ambiental.

À Prof. Andréia Medinilha Prancher, pelas longas horas nas quais cedeu a sua sala para que eu pudesse confeccionar os mapas temáticos presentes nesse trabalho, pelas inúmeras sugestões, conselhos e críticas e pela essencial orientação no que tange a parte cartográfica deste trabalho.

Aos técnicos do DEPLAN, que muitas vezes salvaram minhas tardes de trabalho quando o software do ArcGis era rebelde e insistia em não colaborar com os meus comandos.

À Joselene Alves e toda a equipe da Fundação Agência da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê, pela atenção e generosidade depositada ao fornecerem o banco de dados privado da bacia para que as análises cartográficas deste trabalho fossem realizadas. Sem o ato de bondade de vocês, a conclusão do mesmo não seria possível.

Ao meu amigo Davi Gasparini, por me inspirar, aconselhar, apoiar e ajudar durante toda a minha graduação. Você foi e é uma das minhas maiores inspirações. Obrigado por tudo, inclusive pelo convite para participar da equipe de pesquisa do Adote um Rio.

Ao Instituto Earthwatch, pela realização do Adote um Rio no Brasil, e principalmente à Chrislaine Souza e Arthur Nobre, pela coordenação, orientação e apoio durante todos esses anos executando o projeto nas três capitais brasileiras.

À minha família, e em especial minha mãe, Acácia Verônica, pelo amor incondicional que sempre pude sentir mesmo com os 190 Km de distância entre nós. Seu apoio, esforços e carinho foram cruciais para que esta etapa da minha vida fosse concluída.

Ao Thomas Huss, pelas inúmeras horas de Skype onde me apoiava e garantia que no fim tudo ia dar certo. Seu apoio, companhia e carinho foram extremamente importantes para mim, e essa jornada seria bem mais dolorosa sem a sua existência.

Aos meus amigos Luiza Galleni e Kaio Parmezani, pela amizade mais pura e única, por todos os momentos compartilhados juntos desde nossa infância e por todas as vezes que me tiraram de casa e insistiram para que fôssemos jantar ou ir à balada durante esse semestre. Esses momentos de descontração foram essenciais para manter minha sanidade, e principalmente, minha felicidade.

À minha amiga Lucilla Dias, por todos os conselhos, trabalhos divididos, momentos únicos e milhares de horas conversando. Tive que entrar nesse curso, nessa universidade e em um específico ano para encontrar uma pessoa que me completa e que eu levarei para todo o sempre.

A todos os outros integrantes da Rep. Kits: Cindy Kurovski, Gabriel Palocci, Mariana Takagi, Thaís Lie, Lucas Ota, Priscilla Nicácio e Juliana Porto, pela companhia e amizade única durante todos esses cinco anos e meio. Vocês são a razão desta fase ter sido a melhor da minha vida, e levarei vocês para sempre comigo.

A todas as pessoas que já cruzaram minha vida, que em diferentes intensidades me inspiraram, influenciaram e ajudaram a desenvolver o que sou hoje. Sem todos vocês eu não estaria aqui.

E por fim, agradeço à todas as experiências que já vivi e dedico às próximas que virão. Um capítulo se encerra e um novo e empolgante se abre. Aí vou eu.

A todos vocês um muito, muitíssimo obrigado.

“ Tudo se encaminha para o final, no cenário, um final apropriado. Por toda parte, imperceptivelmente ou não, as coisas estão passando, acabando, indo embora. E haverá outros verões, outros espetáculos de bandas, mas nunca mais aquele ali, nunca mais, nunca mais como agora. No próximo ano, eu não serei a pessoa que eu sou este ano. E por isso dou risada do que é passageiro, efêmero; rio enquanto seguro carinhosamente, como um tolo segura seu brinquedo, o copo rachado pelo qual a água escorre entre meus dedos. ”

(Sylvia Plath)

## RESUMO

O crescimento da população concomitante com o aumento de áreas urbanas e seus intrínsecos usos do solo, têm impactado os córregos e rios urbanos que abastecem essas áreas. O projeto Adote um Rio, que faz parte de um programa global organizado pelo banco HSBC intitulado Programa pela Água, monitorou trinta pontos em rios e córregos da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê na Região Metropolitana de São Paulo. Com cinco anos de duração, o projeto resultou em um banco de dados caracterizando as mudanças ao longo do tempo dos trinta corpos hídricos em termos de seus parâmetros de qualidade de água tais como nitrato, fosfato e turbidez. O presente trabalho buscou estudar as medidas estatísticas dos três parâmetros através da normatização obtida pelas concentrações basais de cada um dos pontos. A concentração basal deu-se através da aplicação do Método da Trisecção. Uma vez obtidas as concentrações basais, foi possível a avaliação e comparação entre os diferentes corpos hídricos uma vez que foi estabelecido o quociente concentração  $_{obtida}$  / concentração  $_{basal}$ . Os resultados parametrizados foram identificados em termos de suas médias e medianas, além de *boxplots* contendo seus valores máximos, mínimos e quartis. Posteriormente, uma segunda análise foi realizada, desta vez em relação as sub-bacias da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê, representada por um agrupamento de pontos de monitoramento. Por se tratar também de uma análise temporal, as concentrações foram divididas entre dois períodos: coletas no período úmido e coletas no período seco. Novamente as sub-bacias foram avaliadas em suas medidas estatísticas de média, mediana, valor máximo e mínimo, quartis e percentis. Após a obtenção de todas as medidas estatísticas no período seco e úmido para o nitrato, fosfato e turbidez, uma análise de correlação com usos do solo foi aplicada. Foram identificadas as correlações mais expressivas de cada parâmetro e com elas foi realizada a regressão linear a fim de obter modelos de ajustes lineares empíricos que traduzem a influência de determinados usos de solo na qualidade da água.

**Palavras-chave:** rios urbanos; nutrientes; turbidez; concentração basal; uso e ocupação do solo; São Paulo.

## ABSTRACT

The growth of the population concomitant with the increase in urban areas and their intrinsic land uses have impacted streams and urban rivers that supply these areas. The project Adopt a River, which is part of a global program organized by HSBC entitled Water Programme monitored thirty points in rivers and streams in the Greater São Paulo. With a five-year duration, the project resulted in a database featuring the changes over time of the thirty water bodies in terms of water quality parameters such as nitrate, phosphate and turbidity. This study aimed to analyze the statistical measures of the three parameters by obtaining the background concentrations of each monitoring point. The baseline concentration was made through the application of the trisection method. After obtaining the baseline concentrations, it was possible to evaluate and compare the different water bodies once the quotient 'obtained concentration' / 'background concentration' was established. Parameterized results were identified in terms of their means, medians, and boxplots containing their maximum, minimum and quartiles. Subsequently, a second analysis was performed, this time in relation to the sub-basins of the Alto Tietê River Basin, represented by a group of monitoring points. By also dealing with a temporal analysis, concentrations were divided into two periods: collections in the wet season and collected in the dry season. Once again, the sub-basins were evaluated on their statistical measurements such as means, median, maximum and minimum, quartiles and percentiles. After obtaining all the statistical measures in the dry and wet season for nitrate, phosphate and turbidity, a correlation analysis with land use was applied. By identifying the most significant correlations of each parameter, a linear regression was performed to obtain empirical linear models in order to translate the influence of certain land uses in water quality.

**Keywords:** urban rivers; nutrients; turbidity; background concentration; land use; Sao Paulo.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Delimitação da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê e sua localização no Estado de São Paulo .....	22
Figura 2. Delimitação das Sub-regiões da BHAT .....	25
Figura 3. Localização dos pontos de monitoramento na BHAT.....	27
Figura 4. Sub-regiões da BHAT que contém pontos de monitoramento.....	28
Figura 5. Delimitação das sub-bacias de interesse e seus respectivos pontos de monitoramento .....	29
Figura 6. Uso e ocupação do solo nas sub-bacias de interesse.....	37
Figura 7. Componentes do Tubo de Turbidez .....	42
Figura 8. <i>Boxplots</i> da distribuição das concentrações brutas de nitrato, fosfato e turbidez nos 30 pontos.....	53
Figura 9. Distribuição das melhores e piores estatísticas dos parâmetros de qualidade de água nos pontos .....	54
Figura 10. Distribuição das melhores e piores estatísticas dos parâmetros de qualidade de água parametrizados nos pontos .....	60
Figura 11. <i>Boxplots</i> da distribuição das concentrações parametrizadas de nitrato, fosfato e turbidez nos 30 pontos .....	61
Figura 12. Distribuição das melhores e piores estatísticas dos parâmetros de qualidade de água parametrizados nas sub-bacias no período úmido.....	64
Figura 13. <i>Boxplots</i> da distribuição das concentrações parametrizadas de nitrato, fosfato e turbidez nas sub-bacias no período úmido.....	65
Figura 14. Distribuição das melhores e piores estatísticas dos parâmetros de qualidade de água parametrizados nas sub-bacias no período seco.....	68
Figura 15. <i>Boxplots</i> da distribuição das concentrações parametrizadas de nitrato, fosfato e turbidez nas sub-bacias no período seco.....	69
Figura 16. Percentual dos usos e ocupações do solo nas Sub-bacias de interesse.....	71
Figura 17. Matrizes de correlação entre uso do solo e medidas estatísticas dos parâmetros de qualidade de água no período úmido .....	72

Figura 18. Matrizes de correlação entre uso do solo e medidas estatísticas dos parâmetros de qualidade de água no período seco .....	74
Figura 19. Ajuste linear da variável dependente '3º quartil do nitrato' e da variável independente Vegetação de Várzea no período úmido.....	76
Figura 20. Ajuste linear da variável dependente 'Percentil 20% do nitrato' e da variável independente Espelho D'água no período úmido .....	77
Figura 21. Ajuste linear da variável dependente '1º quartil do fosfato' e da variável independente Lixão no período úmido .....	78
Figura 22. Ajuste linear da variável dependente 'Percentil 10% do fosfato' e da variável independente Movimento de Terra/Solo Exposto no período úmido .....	79
Figura 23. Ajuste linear da variável dependente 'Percentil 30% da turbidez' e da variável independente Área Urbanizada no período úmido.....	80
Figura 24. Ajuste linear da variável dependente 'Percentil 90% da turbidez' e da variável independente Loteamento Desocupado no período úmido.....	81
Figura 25. Ajuste linear da variável dependente 'Mediana do nitrato' e da variável independente Campo no período seco .....	82
Figura 26. Ajuste linear da variável dependente 'Percentil 60% do nitrato' e da variável independente Capoeira no período seco .....	83
Figura 27. Ajuste linear da variável dependente 'Valor máximo do fosfato' e da variável independente Loteamento Desocupado no período seco .....	84
Figura 28. Ajuste linear da variável dependente 'Percentil 80% do fosfato' e da variável independente Rodovia no período seco .....	85
Figura 29. Ajuste linear da variável dependente 'Percentil 40% da turbidez' e da variável independente Área Urbanizada no período seco.....	86
Figura 30. Ajuste linear da variável dependente 'Mediana da turbidez' e da variável independente Mata no período seco.....	87

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Chuvas médias nas sub-bacias .....	23
Tabela 2. Pontos de monitoramento e suas denominações, localizações geográficas, sub-regiões e sub-bacias respectivas .....	30
Tabela 3. Tipo de uso e cobertura vegetal na BHAT .....	34
Tabela 4. Métodos de medição de turbidez .....	38
Tabela 5. Relação dos centímetros do Tubo de Turbidez e suas respectivas unidades nefelométricas .....	44
Tabela 6. Número de amostras d'água analisadas por ponto .....	49
Tabela 7. Médias das concentrações dos parâmetros nos 30 pontos .....	50
Tabela 8. Medianas das concentrações dos parâmetros nos 30 pontos.....	51
Tabela 9. Concentrações basais de Nitrato, Fosfato e Turbidez nos pontos de monitoramento .....	55
Tabela 10. Médias da relação entre as concentrações das amostras e as concentrações basais dos pontos de monitoramento .....	56
Tabela 11. Medianas da relação entre as concentrações das amostras e as concentrações basais dos pontos de monitoramento .....	58
Tabela 12. Médias da relação entre as concentrações das amostras e as concentrações basais das sub-bacias no período úmido .....	62
Tabela 13. Medianas da relação entre as concentrações das amostras e as concentrações basais das sub-bacias no período úmido .....	63
Tabela 14. Médias da relação entre as concentrações das amostras e as concentrações basais das sub-bacias no período seco .....	66
Tabela 15. Medianas da relação entre as concentrações das amostras e as concentrações basais das sub-bacias no período seco .....	67
Tabela 16. Resumo dos resultados das regressões lineares entre variáveis de forte correlação .....	88



## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	10
LISTA DE TABELAS.....	12
1. INTRODUÇÃO.....	15
2. OBJETIVO.....	17
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	18
3.1. Monitoramento de águas urbanas.....	18
3.2. Ciência cidadã no monitoramento da qualidade de água.....	20
3.3. Bacia Hidrográfica do Alto Tietê.....	21
3.3.1. Caracterização da Bacia Hidrográfica.....	21
3.3.2. Sub-regiões e sub-bacias.....	23
3.3.3. Uso e Ocupação do Solo.....	31
3.4. Qualidade da água.....	35
3.4.1. Nutrientes.....	35
3.4.2. Turbidez.....	38
3.5. Concentração basal.....	40
3.5.1. Método da Trisecção.....	41
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	42
4.1. Turbidez.....	42
4.2. Nitrato e Fosfato.....	44
4.3. Banco de Dados.....	45
4.4. ANOVA.....	45
4.5. Método da Trisecção.....	46
4.6. Atribuição dos meses de período úmido e seco.....	46
4.7. Mapas e Áreas de uso e ocupação do solo.....	47
4.8. Correlação das variáveis e regressão linear das mais expressivas.....	47
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	48
5.1. Avaliação por pontos de monitoramento (individual).....	48
5.1.1. Análise Estatística Inicial.....	48
5.1.2. Análise das concentrações parametrizadas nos pontos de monitoramento.....	55

5.2.	Avaliação por sub-bacias (agrupamento).....	61
5.2.1.	Análise estatística por sub-bacias em período úmido.....	62
5.2.2.	Análise estatística por sub-bacias em período seco.....	66
5.2.3.	Correlação entre Uso e Ocupação do solo e nitrato, fosfato e turbidez.....	70
5.2.4.	Regressão linear simples entre variáveis de alta correlação.....	76
6.	CONCLUSÕES.....	89
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	91
	APÊNDICE.....	95
	ANEXO.....	104

## 1. INTRODUÇÃO

A demanda por recursos hídricos e a deterioração da qualidade da água é crescente em diferentes regiões do mundo (BISWAS, 2000). Dentre as razões causadoras desse cenário estão o significativo crescimento demográfico, desenvolvimento socioeconômico e o aumento do consumo, intensificado por avanços tecnológicos e pela globalização econômica (ZEILHOFER, LIMA e LIMA, 2006). Dessa forma, a água vem a ser considerada um recurso finito devido as tensões e os problemas resultantes do abastecimento de água, da saúde humana de uma população crescente, da má gestão hídrica e da deterioração dos corpos hídricos em virtude de ações antrópicas.

Consequentemente, tornam-se necessárias e urgentes pesquisas que visem monitorar a qualidade da água de rios e córregos urbanos, e que proponham medidas mitigadoras e de recuperação através de políticas públicas. Nesse cenário foi criado em 2012, o Programa HSBC pela Água, uma iniciativa privada do Banco HSBC com atuação global em mais de 30 cidades ao redor do mundo, onde foram investidos US\$ 100 milhões e conta com a parceria de três ONGs internacionais: WWF, WaterAid e Earthwatch. O programa teve duração de cinco anos, e a meta foi envolver mais de sete mil voluntários, colaboradores do HSBC, em pesquisas relacionadas à qualidade de água e promover uma rede de conscientização sobre os desafios da proteção de água doce para as próximas gerações.

O projeto especificamente no Brasil recebeu o nome de “Adote um Rio”, que tem como Coordenador o Prof. Dr. Davi Gasparini Fernandes Cunha, da Universidade de São Paulo (USP) – São Carlos. A equipe foi formada por alunos de graduação, mestrado e doutorado do curso de Engenharia Ambiental da USP São Carlos, em sua maioria, e da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, do *campus* de Rio Claro. Com base no conceito de Ciência Cidadã, o “Adote um Rio” teve como objetivo capacitar mais de 700 voluntários para o monitoramento da qualidade de rios e córregos em três importantes capitais brasileiras – São Paulo, Rio de Janeiro e Curitiba. Os voluntários, que são os próprios funcionários do HSBC, chamados de “Líderes Voluntários da Ciência”, passam por um dia de treinamento/capacitação promovido pela equipe do Instituto Earthwatch e da USP/UNESP. Ao final do dia de treinamento, adotam um curso de água e passam a monitorá-lo ao longo de um ano, realizando as análises a cada dois meses, totalizando cinco análises

no ano. Esse monitoramento é realizado com kits simplificados, que não requerem aparato tecnológico ou formação técnica, permitindo que as análises sejam exequíveis por leigos. São monitoradas algumas variáveis da água (turbidez, nitrato, fosfato), além de algas e cianobactérias, que fornecem indícios sobre os impactos humanos sobre os cursos de água.

Todas as informações obtidas em campo são então transferidas a um banco de dados online, “Observatório da Água Doce” (<https://www.freshwaterwatch.thewaterhub.org>), que pode ser acessado por qualquer interessado. A metodologia do projeto visa maximizar a participação da sociedade, priorizar a transparência do processo de monitoramento da qualidade de água e dos dados gerados, garantir a continuidade das ações em longo prazo, valorizar os serviços ecossistêmicos e fomentar o senso crítico da população na área ambiental.

Por se tratar de um projeto com escalas espacial (aproximadamente trinta pontos de monitoramento em cada cidade) e temporal (cinco anos de projeto), a análise dos dados torna-se complexa. Para alinhar os diferentes parâmetros nas diferentes ordens dos corpos hídricos existentes nas capitais, era necessário que algum parâmetro basal fosse utilizado de forma que ele pudesse ser obtido através dos dados adquiridos das coletas dos voluntários do Projeto Adote um Rio. Neste cenário, a concentração basal dos nutrientes e da turbidez, isto é, as concentrações que seriam esperadas em condições de mínima interferência antrópica, pode vir a ser uma referência que permita a análise temporal da qualidade de água (DODDS, CARNEY e ANGELO, 2006).

Isto posto, índices de qualidade de água como turbidez, fosfato e nitrato podem indicar níveis de poluição que podem ser correlacionados com outros parâmetros, como por exemplo o uso e ocupação do solo. Ferrier *et al.* (2001) ressaltam que as características quantitativas e qualitativas de um sistema hidrológico refletem os atributos geomorfológicos modificados pelas influências de variações de clima e atividades antrópicas (FERRIER, EDWARDS e HIRST, 2001). Stow *et al.* (2001) apresentaram um estudo de longo prazo da qualidade da água em uma bacia hidrográfica com os usos mistos do solo, através de análises temporais (STOW, BORSUK e STANLEY, 2001).

Portanto, este trabalho busca analisar os parâmetros de qualidade de água obtidos através do Programa HSBC pela Água em uma das cidades de sua realização, São Paulo, e assim normatizar os dados através das concentrações basais, sendo então possível investigar

a correlação dos resultados com o uso e ocupação do solo da Região Metropolitana de São Paulo.

## **2. OBJETIVO**

Analisar temporalmente nos períodos úmido e seco os parâmetros de qualidade de água (nitrato, fosfato e turbidez) da bacia hidrográfica do Alto Tietê, e sua relação espacial com o uso e ocupação do solo na Região Metropolitana de São Paulo.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1. Monitoramento de águas urbanas

Os rios urbanos têm sido alvo de uma ampla variedade de impactos, os quais incluem modificações hidro-morfológicas, poluentes orgânicos e inorgânicos advindos de efluentes industriais e domésticos, e aumento do escoamento de águas superficiais (SALTVEIT, BRITAIN, *et al.*, 2014). Além disso, fatores geomorfológicos e climáticos também desempenham um papel importante na qualidade da água (CUNHA, GRULL, *et al.*, 2011).

Quando comparados com os sistemas aquáticos não-urbanos, os rios urbanos tendem a ser mais influenciados pela poluição difusa através dos escoamentos superficiais. O carreamento de sólidos devido ao escoamento de águas pluviais é frequentemente capaz de aumentar sólidos totais em suspensão, elevar as concentrações de metais pesados como cádmio, cobre, chumbo e zinco, reduzir o oxigênio dissolvido e intensificar a presença de nutrientes tais como nitrato e fosfato (FUCHS, HARITOPULOU, *et al.*, 1997). Outro fator importante refere-se às poucas comunidades de macro invertebrados presentes em rios urbanos, e os que se encontram presentes são denominados espécies tolerantes (GRAY, 2004).

Muitas pesquisas recentes têm ligado o uso e ocupação do solo e a presença/ausência de vegetação com os níveis de nutrientes nos corpos d'água (CUNHA, GRULL, *et al.*, 2011).

O estudo de Saltveit *et al.* (2014) indica que os rios urbanos que atravessam a cidade de Oslo sofreram exploração e abuso por vários séculos ao longo de história. Os moinhos de água, por exemplo, foram construídos ao lado de muitas cachoeiras que caracterizam os rios urbanos noruegueses (SALTVEIT, BRITAIN, *et al.*, 2014). Além disso, os rios urbanos também forneceram energia e suporte para o desenvolvimento industrial, o que resultou na poluição por metais pesados em inúmeros corpos hídricos. Por fim, a aumento da densidade populacional próximo à muitos dos rios resultou em uma grave poluição orgânica, devido ao despejo *in natura* de esgotos (SALTVEIT, BRITAIN, *et al.*, 2014). Em meados dos anos 1970, o conselho da cidade de Oslo iniciou um programa para melhorar a qualidade da água, incluindo como um dos objetivos finais, o de trazer espécies como o Salmão do Atlântico de volta aos rios da Noruega. Isso buscava ser alcançado por um conjunto de medidas de remediação, redução de descargas industriais, remoção de sedimentos contaminados, e diversas outras medidas (SALTVEIT, BRITAIN, *et al.*, 2014). Juntamente com elas, um

programa de monitoramento foi iniciado ao longo dos rios de Oslo para documentar as melhorias na qualidade da água. A hipótese final é de que a melhoria na qualidade da água venha como resultado da redução de fontes pontuais e difusas de descargas domésticas e industriais, além do encerramento de várias atividades industriais e mudanças estruturais (SALTVEIT, BRITAIN, *et al.*, 2014).

Já em países emergentes, Cunha *et al.* (2011) afirma que a importância dada à poluição difusa é menor do que a importância da poluição proveniente de fontes pontuais. Dessa forma, os rios urbanos brasileiros estão sujeitos não só ao escoamento de águas pluviais, mas também, e principalmente, às descargas domésticas e industriais, que contribuem para a diminuição da qualidade da água (CUNHA, GRULL, *et al.*, 2011).

Os estudos de Abraham *et al.* (2007) realizados nos rios Tietê e Pinheiros, localizados no Estado de São Paulo, apontam que um volume de águas residuais domésticas não tratadas de 10 milhões de habitantes é diariamente descarregado no rio Tietê. Estes autores ainda observaram altas concentrações de microrganismos patogênicos no Tietê, o que poderia mostrar que a má qualidade da água desse sistema aquático pode vir a causar efeitos negativos na saúde pública (ABRAHAM, MACEDO, *et al.*, 2007).

A pesquisa realizada por Cunha *et al.* (2011) teve como objetivo determinar as características específicas da qualidade da água dos dois rios urbanos no Estado de São Paulo por meio de um programa de monitoramento intenso que foi conduzido por cerca de 17 meses. A ideia foi investigar a influência e a importância relativa dos padrões de uso do solo de cada sub-bacia urbana na presença, ou na ausência, de algumas variáveis de qualidade da água em amostras de cada um dos rios (CUNHA, GRULL, *et al.*, 2011). A conclusão após o monitoramento realizado pelos autores indicou que não é aconselhável adotar o mesmo programa de gestão de recursos hídricos para as sub-bacias dos dois rios, mesmo estando localizados na mesma bacia hidrográfica. Além disso, o rio Tietê revelou ser mais afetado por esgoto doméstico em comparação com o rio Pinheiros, uma vez que altas concentrações de fósforo, amônia, DBO e detergentes foram observadas no mesmo. O rio Pinheiros, por sua vez, também apresentou algumas ocorrências exclusivas, especialmente de compostos organoclorados, que foram associados com a recorrente aplicação de inseticidas nas margens dos rios para reduzir a infestação de mosquitos. Por fim, ambos rios se encontravam gravemente poluídos por um grande número de substâncias de diversas origens, as quais

podem fornecer riscos significativos para a qualidade da água, ao equilíbrio do sistema aquático e para a saúde pública (CUNHA, GRULL, *et al.*, 2011).

Assim sendo, a bibliografia nos mostra que inúmeros estudos têm sido realizados em prol da melhoria da qualidade de água dos rios e córregos urbanos através de programas de monitoramento que visam estudar as mudanças temporais e espaciais de importantes parâmetros de qualidade de água e da relação dos mesmos com características do entorno.

### **3.2. Ciência cidadã no monitoramento da qualidade de água**

O termo “ciência cidadã” tem sido utilizado nas últimas décadas para descrever a participação de voluntários na ciência, e é comumente encontrado em pesquisas científicas relacionadas à área do meio ambiente (DEVICTOR, WHITTAKER e BELTRAME, 2010).

Em termos gerais, os voluntários recebem treinamento específico para colaborar com etapas fundamentais da pesquisa, como por exemplo na coleta de amostras em campo, quando se trata de uma pesquisa voltada ao monitoramento ambiental (DONNELLY, CROWE, *et al.*, 2014).

O termo vem do inglês “citizen science” e busca descrever a contribuição de voluntários, que não são especialistas na área de estudo, mas que são capacitados através de treinamentos para adquirirem conhecimento e técnicas necessárias para a realização da pesquisa (ROY, POCOCK, *et al.*, 2012).

Dentre as vantagens da cultura da ciência cidadã estão a obtenção de respostas rápidas e com menor custo (NEWMAN, GRAHAM, *et al.*, 2011), educação e conscientização ambiental, efetivação de planos de monitoramento e gestão ambiental, tomada de decisão por parte do público, democratização da ciência e a formação de uma cadeia de propagação de conhecimento e melhor práticas (CONRAD e HILCHEY, 2011).

Assim sendo, o projeto “Adote um Rio” enquadra-se como um programa de ciência cidadã, e contou com a participação de cerca de 700 voluntários ao longo de sua duração.



### **3.3. Bacia Hidrográfica do Alto Tietê**

#### **3.3.1. Caracterização da Bacia Hidrográfica**

A Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (BHAT) corresponde à uma área drenada pelo Rio Tietê de 5.720 km<sup>2</sup>, com extensão de cerca de 130 km, e ampla superfície urbanizada, abrangendo 35 municípios (FUSP, 2009). A Figura 1 ilustra a delimitação da área que abrange a BHAT e a sua localização no estado de São Paulo. As nascentes do Rio Tietê encontram-se a leste da cidade de São Paulo, em Salesópolis, e seguem curso na direção leste-oeste até atingir a Barragem de Rasgão (PORTO, 2003).

Os regimes hidráulicos da Bacia do Alto Tietê são caracterizados por serem extremamente complexos, em razão das inúmeras alterações de obras hidráulicas e efeitos antrópicos (PORTO, 2003), tais como a alta intensidade demográfica, ocupação do solo indisciplinada e intensa, e a três obras de aproveitamento hídrico principais: Transferência de águas vindas do Sistema Cantareira, Reversão do curso das águas dos Rios Tietê e Pinheiros para o Reservatório Billings e o Desvio das águas do alto curso do Tietê e seus afluentes para a região central da área metropolitana (FUSP, 2009).

O clima predominante na Bacia Hidrográfica do Alto Tietê situa-se na faixa de transição de clima úmido mesotermal com inverno seco (BBw) e clima úmido mesotermal sem época seca (BBr) (PORTO, 2003). Um conjunto de fatores atmosféricos e fisiográficos caracterizam o clima paulista, tais como a distância da Bacia ao mar, relevo, revestimento vegetal, tipo de solo, massas de ar, frentes frias e convecção (PORTO, 2003).

Em relação à sua pluviometria, a precipitação total média anual da bacia é de aproximadamente 1.400 mm, porém nas regiões mais próximas à vertente da Serra do Mar a precipitação varia entre 3.000 a 1.800 mm (FUSP, 2009).

A Bacia Hidrográfica do Alto Tietê pode ser melhor descrita quando analisada em termos de suas principais sub-regiões. A tabela 1 mostra a área de drenagem parcial de cada sub-região e sua respectiva precipitação média. A descrição detalhada para cada uma das sub-regiões pode ser encontrada no item 3.3.2.

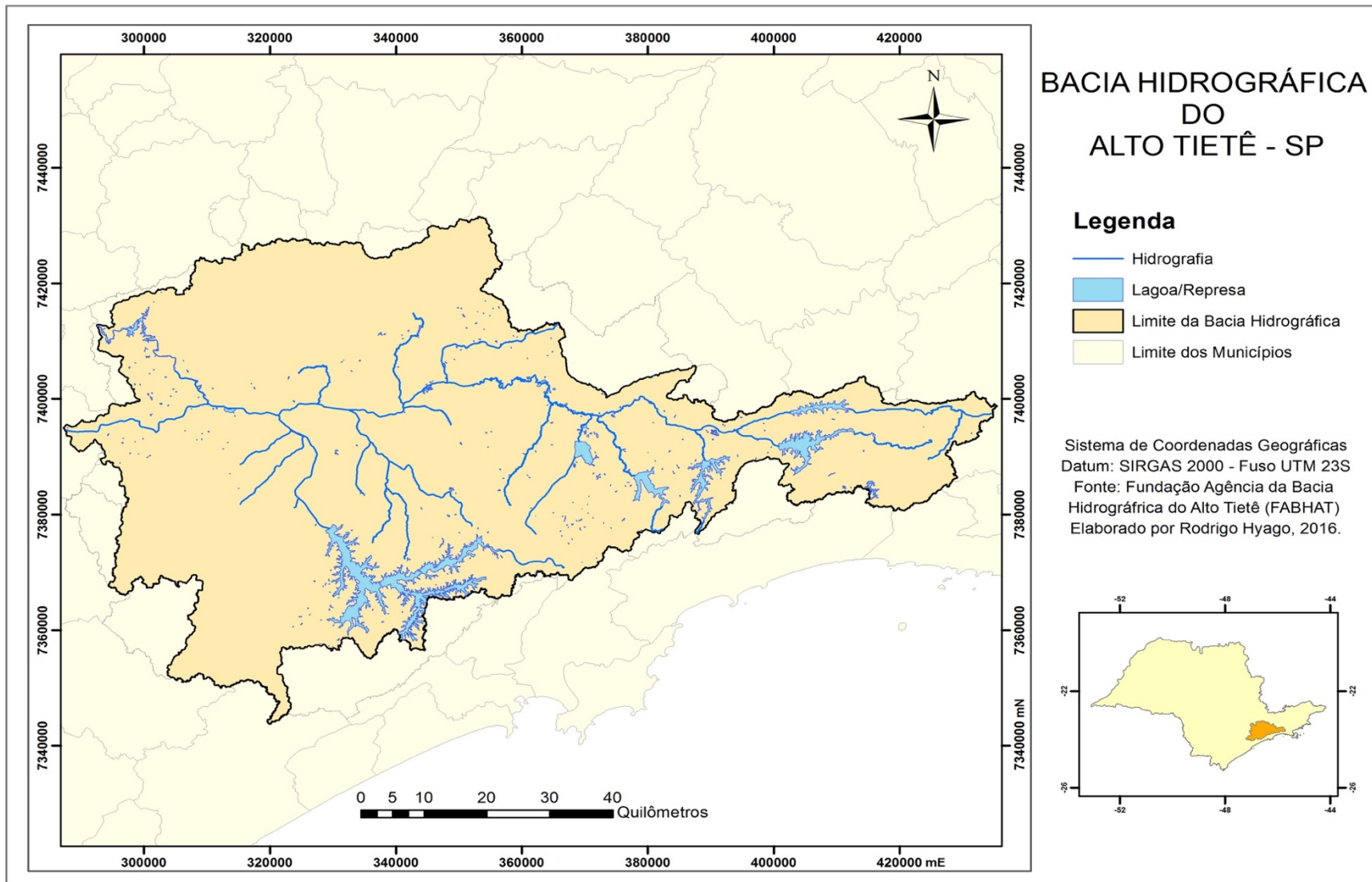


Figura 1. Delimitação da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê e sua localização no Estado de São Paulo

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2016.

Tabela 1. Chuvas médias nas sub-bacias

<b>Sub-Regiões</b>	<b>Área de Drenagem Parcial (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>Precipitação Média (mm)</b>
Cabeceiras	1.694	1.411
Billings	695	2.500
Tamanduateí	330	1.415
Penha-Pinheiros	1.019	1.438
Cotia	263	1.415
Guarapiranga	702	1.528
Juqueri-Cantareira	713	1.440
Pinheiros-Pirapora	569	1.333

**Fonte:** PORTO, 2003.

A constituição geológica da BHAT tem predominantemente rochas de litotipo metamórfico diverso como gnaisses, xistos, filitos, quartzitos, anfibolitos e metacarbonatos, além da ocorrência de milonitos (FUSP, 2009). Relacionadas à processos magmáticos encontram-se rochas ígneas intrusivas de natureza granitoide, como granitos, adamelitos e granadoritos (FUSP, 2009). Em virtude da intensa mobilização vertical das massas rochosas, resultam as formações de grandes depressões e uma topografia extremamente irregular que passou a ser preenchida e recoberta por intensa sedimentação fluvial. A litologia da BHAT pode ser descrita pelos depósitos terciários constituídos genericamente por argilas siltosas, areais diversas e podendo também conter cascalhos (FUSP, 2009).

A geomorfologia da BHAT pode ser descrita por três Unidades de Relevô Regional principais: Planalto Paulistano/Alto Tietê, Planalto de São Paulo e Planícies Fluviais. Há também a ocorrência de uma quarta unidade, porém restrita à sub-bacia do Rio Juqueri, denominada Planalto de Jundiáí.

### **3.3.2. Sub-regiões e sub-bacias**

Por razões administrativas, e devido a alta complexidade da BHAT, os comitês de bacias procuraram um recorte geográfico que permitisse algum grau de uniformidade na caracterização hidrológica da bacia do Alto Tietê, mesmo que uma homogeneidade plena não

pudesse ser atingida (FUSP, 2009). A bacia então foi subdividida em seis regiões hidrográficas: Cabeceiras, Billings-Tamanduateí, Cotia-Guarapiranga, Penha-Pinheiros, Juqueri-Cantareira e Pinheiros-Pirapora. A Figura 2 apresenta a bacia do Alto Tietê com suas sub-regiões hidrográficas.

1) Cabeceiras

Nessa sub-região estão localizados dois aproveitamentos do Sistema Produtor: Alto Tietê e Rio Claro. Cabeceiras controla uma área de drenagem de  $919 \text{ km}^2$ , possui vazão média de longo termo de  $19,9 \text{ m}^3/\text{s}$ , o que resulta em uma vazão específica de  $21,7 \text{ l/s.km}^2$ , e sua precipitação total anual média é de  $1.570 \text{ mm}$  (FUSP, 2009).

2) Billings-Tamanduateí

O Sistema Billings está contido nesta sub-região e foi projetado para atender interesses de geração de energia elétrica. Para esta finalidade, o reservatório recebe vazões bombeadas da bacia do Rio Pinheiros. O reservatório possui capacidade de armazenamento útil de  $1148,7 \text{ hm}^3$  (FUSP, 2009).

3) Cotia-Guarapiranga

Essa sub-região que conta com dois sistemas, Guarapiranga e Cotia. O primeiro tem como função conduzir à Estação de Tratamento de Água (ETA) do Alto da Boa Vista, que abastece as regiões sul e sudeste da Região Metropolitana de São Paulo (FUSP, 2009). O reservatório do Guarapiranga controla uma área de drenagem de  $631 \text{ km}^2$  e sua capacidade de armazenamento útil é de  $180 \text{ hm}^3$ . O segundo sistema é composto por duas ETAs (Alto e Baixo Cotia), controla uma área de drenagem de  $62,5 \text{ km}^2$  e possui capacidade de armazenamento útil de  $14,1 \text{ hm}^3$  (FUSP, 2009).

4) Penha-Pinheiros

Esta é a sub-região que se encontra a cidade de São Paulo, característica por ser altamente urbanizada e complexa (FUSP, 2009). Segundo Pereira Filho *et al.* (2007), nos últimos 70 anos houve um aumento de  $2,1^\circ\text{C}$  na temperatura do ar, um aumento da precipitação de  $395 \text{ mm}$ , e uma diminuição da umidade relativa por volta de  $7\%$ . Essas mudanças devem-se aos efeitos antrópicos, causados pela redução de

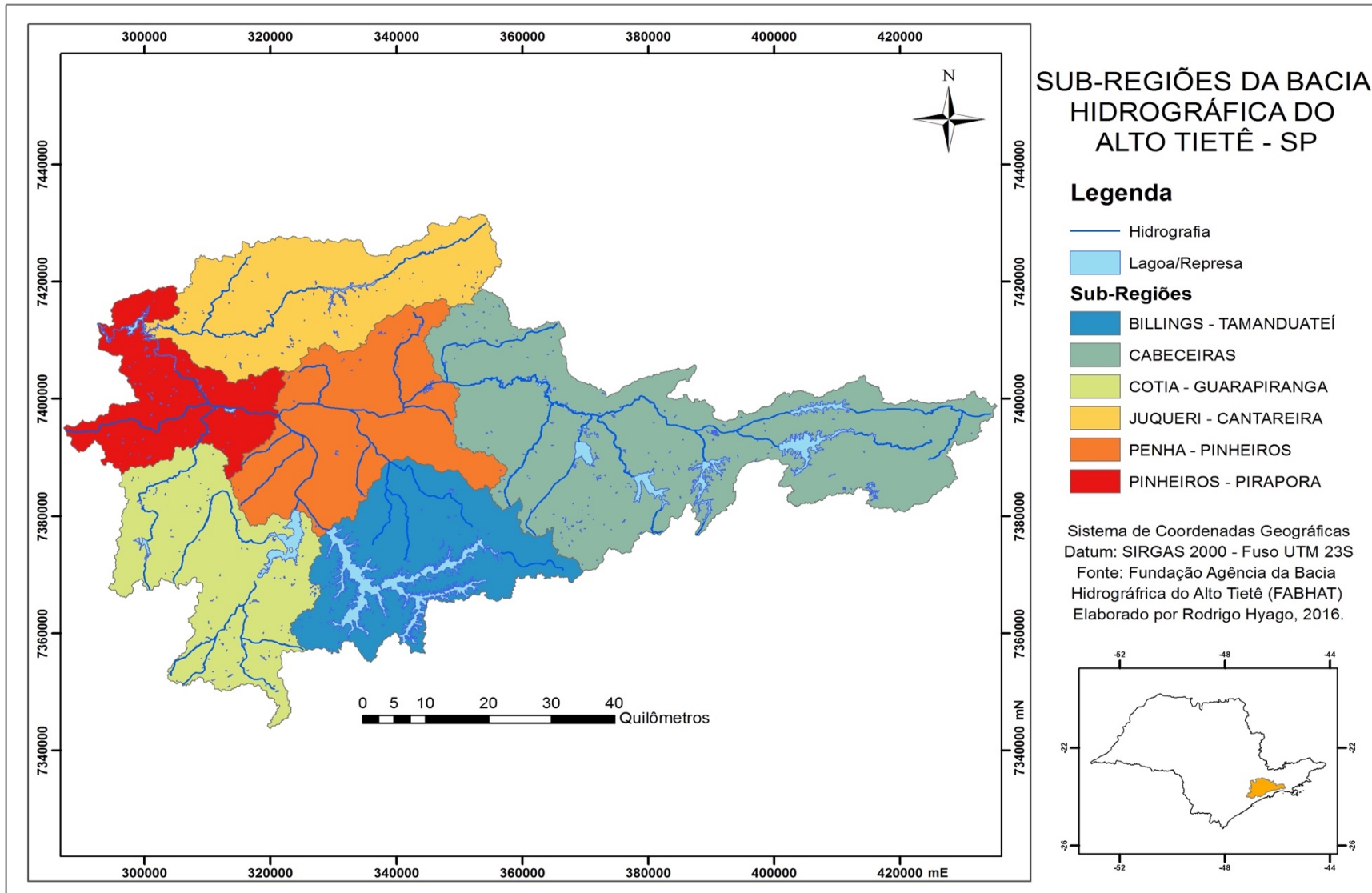


Figura 2. Delimitação das Sub-regiões da BHAT

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2016.

áreas verdes, expansão horizontal e vertical da área urbana e aumento da poluição de ar (PEREIRA FILHO, SANTOS, *et al.*, 2007).

#### 5) Juqueri-Cantareira

Dois reservatórios fazem parte desta sub-região, Juqueri (Paiva Castro) e Águas Claras. Ambos fazem parte do Sistema Cantareira, principal manancial de abastecimento da Região Metropolitana de São Paulo. A vazão média de longo termo do Sistema Cantareira é de 44,8 m<sup>3</sup>/s e sua capacidade de armazenamento útil é de 988,02 hm<sup>3</sup> (FUSP, 2009).

#### 6) Pinheiros-Pirapora

A sub-região de Pinheiros-Pirapora é a que se encontra mais a jusante da bacia do Alto Tietê, onde se situa a barragem de Rasgão. Não possui urbanização tão intensa quanto às outras sub-regiões, porém concentra todos os efeitos de montante (FUSP, 2009).

Os pontos de monitoramento de qualidade de água a serem estudados no presente trabalho estão dispersos na Bacia Hidrográfica do Alto Tietê, e as suas localizações podem ser observadas na Figura 3.

Além das subdivisões em seis regiões, a BHAT conta ainda com outras subdivisões internas a cada sub-região, as quais são denominadas sub-bacias de segunda ordem (FUSP, 2009). Para fins de comparação, neste trabalho serão utilizadas estas sub-bacias de segunda ordem. A Figura 4 ilustra as sub-regiões da BHAT que possuem pontos de monitoramento dentro de suas sub-bacias.

Por motivos de alto número de sub-bacias de segunda ordem, o presente trabalho irá focar apenas naquelas onde se encontram pontos de monitoramento. São elas: Afluentes Pinheiros, Aricanduva - Franguinho, Bussocaba, Cabuçu de Baixo - Mandaqui, Confluência Tietê/Pinheiros - Pirituba, Contribuição da Vertente Esquerda do Tietê, Contribuição Lateral Tietê, Itaquera, Macacos - Barrocada - Cabuçu e por fim, Tamanduateí. Assim, a Figura 5 ilustra com detalhe as dez sub-bacias de segunda ordem que serão alvo deste estudo e a localização dos pontos de monitoramento nas mesmas.

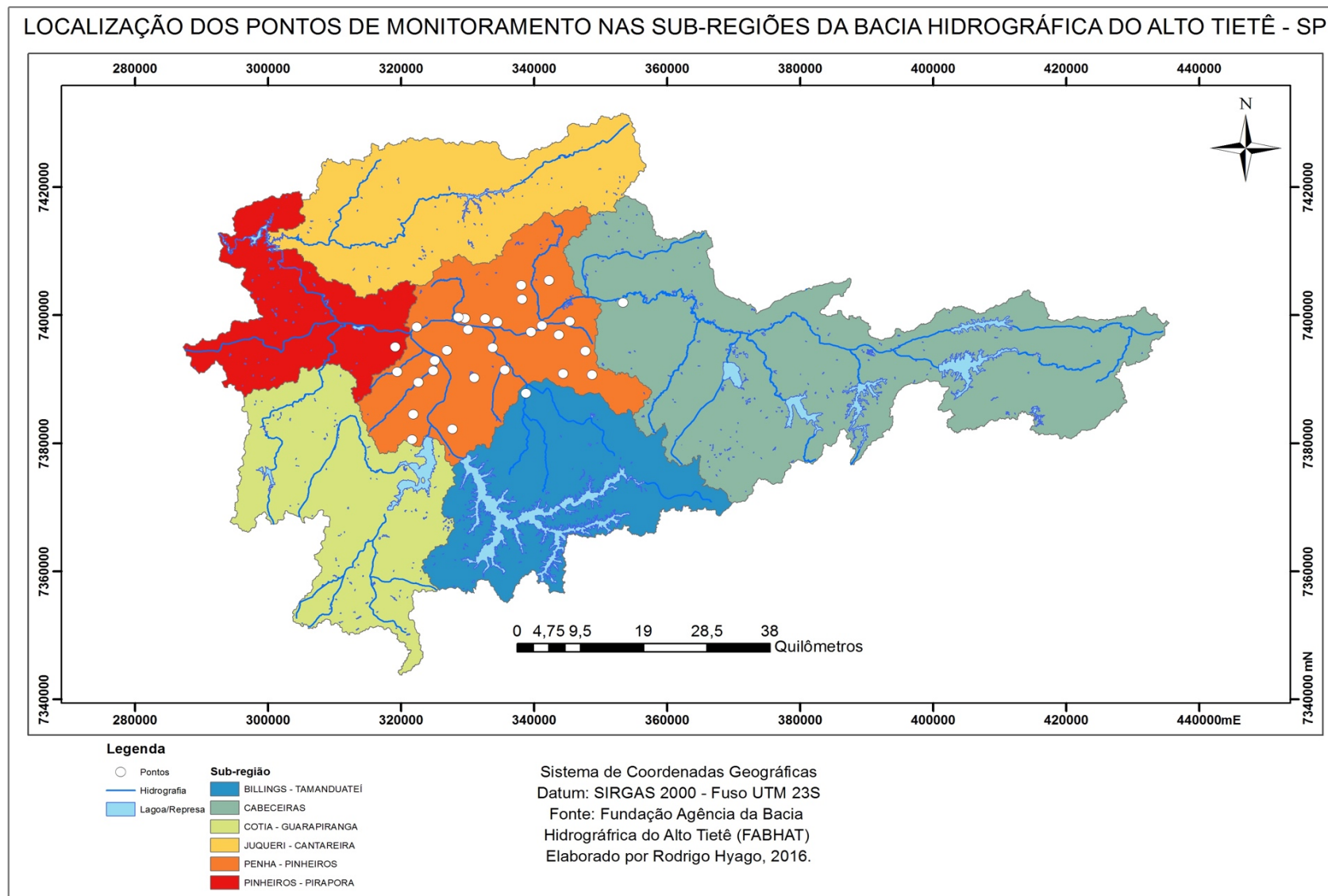


Figura 3. Localização dos pontos de monitoramento na BHAT

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.



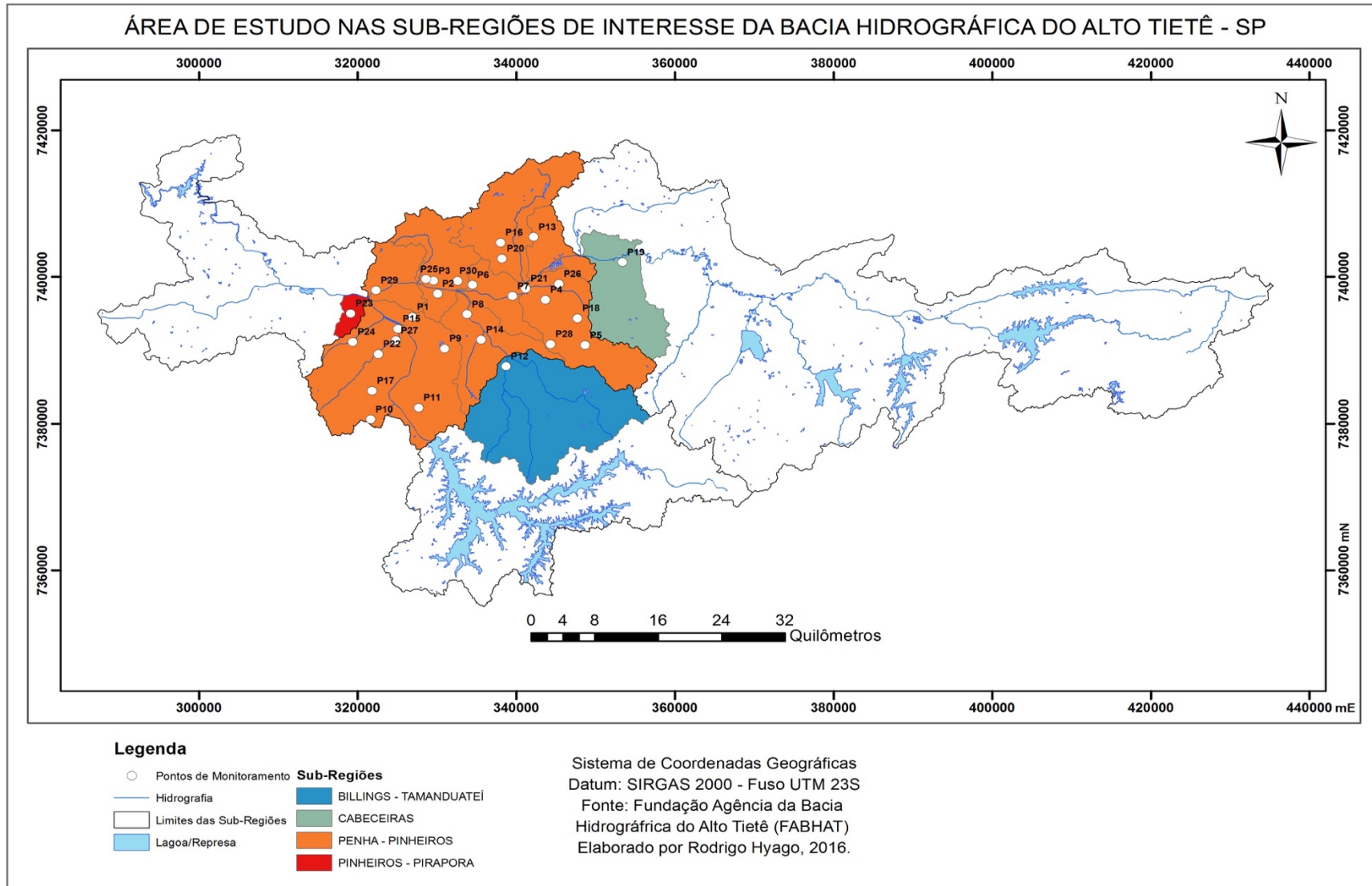


Figura 4. Sub-regiões da BHAT que contém pontos de monitoramento

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.



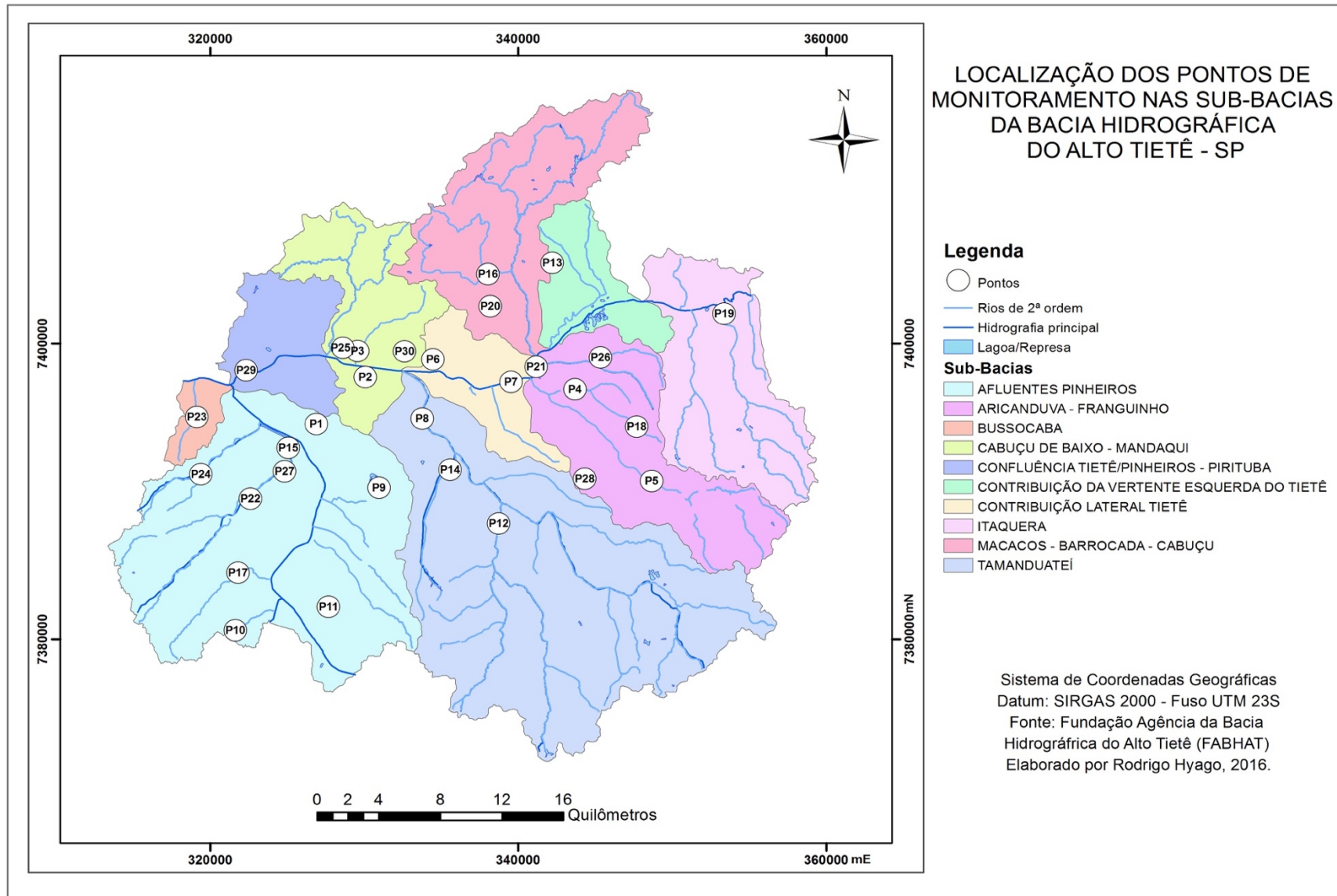


Figura 5. Delimitação das sub-bacias de interesse e seus respectivos pontos de monitoramento

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

Cada um dos pontos de monitoramento corresponde à uma localização exata e pontual em um rio ou córrego urbano da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê. A tabela 2 exibe a nomenclatura de cada rio ou córrego respectivo ao ponto, sua coordenada geográfica, a sub-região a qual pertence, e a sub-bacia no qual está inserido.

Tabela 2. Pontos de monitoramento e suas denominações, localizações geográficas, sub-regiões e sub-bacias respectivas

<b>Ponto</b>	<b>Nomenclatura</b>	<b>mE (UTM)</b>	<b>mN (UTM)</b>	<b>Sub-Região</b>	<b>Sub-Bacia</b>
P1	Córrego das Corujas	326.926	7.394.571	Penha - Pinheiros	Afluentes Pinheiros
P2	Córrego da Rua Quirino dos Santos	330.104	7.397.752	Penha - Pinheiros	Cabuçu de Baixo - Mandaqui
P3	Córrego do Mandaqui	329.605	7.399.530	Penha - Pinheiros	Cabuçu de Baixo - Mandaqui
P4	Córrego do Rincão	343.722	7.396.930	Penha - Pinheiros	Aricanduva - Franguinho
P5	Córrego Aricanduva	348.699	7.390.723	Penha - Pinheiros	Aricanduva - Franguinho
P6	Córrego Carandiru	334.495	7.398.949	Penha - Pinheiros	Contribuição Lateral Tietê
P7	Córrego Novo Mundo	339.575	7.397.428	Penha - Pinheiros	Contribuição Lateral Tietê
P8	Rio Tamanduateí	333.811	7.394.955	Penha - Pinheiros	Tamanduateí
P9	Córrego do Sapateiro	330.999	7.390.263	Penha - Pinheiros	Afluentes Pinheiros
P10	Córrego Ponte Baixa	321.668	7.380.621	Penha - Pinheiros	Afluentes Pinheiros
P11	Córrego Cemitério Congonhas	327.712	7.382.222	Penha - Pinheiros	Afluentes Pinheiros
P12	Ribeirão dos Meninos	338.760	7.387.852	Billings - Tamanduateí	Tamanduateí
P13	Córrego da Rapadura	342.236	7.405.484	Penha - Pinheiros	Contribuição da Vertente Esquerda do Tietê
P14	Rio Ipiranga	335.596	7.391.494	Penha - Pinheiros	Tamanduateí
P15	Córrego Pirajussara	325.098	7.392.962	Penha - Pinheiros	Afluentes Pinheiros
P16	Córrego Tremembé	338.055	7.404.718	Penha - Pinheiros	Macacos - Barrocada - Cabuçu
P17	Córrego Água dos Brancos	321.834	7.384.524	Penha - Pinheiros	Afluentes Pinheiros
P18	Córrego Guaiaúna	347.732	7.394.417	Penha - Pinheiros	Aricanduva - Franguinho
P19	Ribeirão Itaquera	353.401	7.402.042	Cabeceiras	Itaquera

P20	Córrego da Paciência	338.209	7.402.538	Penha - Pinheiros	Macacos - Barrocada - Cabuçu
P21	Tiquatira	341.210	7.398.455	Penha - Pinheiros	Aricanduva - Franguinho
P22	Córrego Itararé	322.634	7.389.540	Penha - Pinheiros	Afluentes Pinheiros
P23	Córrego Bussocaba	319.156	7.395.066	Pinheiros - Pirapora	Bussocaba
P24	Córrego Jaguaré	319.421	7.391.182	Penha - Pinheiros	Afluentes Pinheiros
P25	Córrego da Rua Papaterra	328.637	7.399.745	Penha - Pinheiros	Cabuçu de Baixo - Mandaqui
P26	Córrego Ponte Rasa	345.381	7.399.086	Penha - Pinheiros	Aricanduva - Franguinho
P27	Córrego Caxingui	324.859	7.391.371	Penha - Pinheiros	Afluentes Pinheiros
P28	Córrego Taboão	344.360	7.390.881	Penha - Pinheiros	Aricanduva - Franguinho
P29	Córrego Cintra	322.347	7.398.210	Penha - Pinheiros	Confluência Tietê/Pinheiros - Pirituba
P30	Córrego Tenente Rocha	332.643	7.399.505	Penha - Pinheiros	Cabuçu de Baixo - Mandaqui

**Fonte:** Elaborado pelo autor, 2016.

### 3.3.3. Uso e Ocupação do Solo

A BHAT possui alto índice de urbanização, o que gera inúmeros usos do solo ao longo da bacia. Tais usos podem ser divididos em três grandes grupos: Uso Urbano, Vegetação e Recursos hídricos, e Uso Não-urbano (FUSP, 2009). Inseridos nos três grupos, há uma totalidade de 20 classes de usos e ocupação do solo, cujas denominações são:

1) Uso Urbano:

Área Urbanizada, Favela, Loteamento desocupado, Chácara, Indústria, Rodovia, Equipamento Urbano, Reservatório de retenção, Aterro sanitário, Lixão e Mineração;

2) Vegetação e Recursos hídricos:

Mata, Capoeira, Campo, Vegetação de várzea e Espelho d'água;

3) Uso Não-urbano:

Hortifrutigranjeiro, Reflorestamento, Movimento de Terra/Solo exposto e Outro uso.

Segundo FUSP (2009), as definições para cada uma das 20 classes são:

**Área urbanizada:** Áreas arruadas e efetivamente ocupadas por usos residencial, comercial e de serviços, caracterizadas por ruas e edificações. Foram mapeados como área urbanizada as quadras parcial e completamente ocupadas, condomínios de prédios construídos e em construção, garagens de ônibus, supermercados, postos de gasolina, shopping centers, etc.

**Favela:** Conjunto de unidades habitacionais e sub-habitacionais (barracos, casas de madeira ou alvenaria), sem identificação de lotes, dispostas, via de regra, de forma desordenada e densa. O sistema viário é constituído por vias de circulação estreitas e de alinhamento irregular. As favelas que passaram por processo de urbanização foram incluídas como área urbanizada.

**Indústria:** Edificações ou aglomerados de instalações caracterizados pela presença de grandes edificações e pátios de estacionamento localizados dentro ou fora de área urbanizada, especialmente ao longo de grandes eixos viários. Também foram mapeadas como indústria as olarias.

**Equipamento urbano:** Área ocupada por estabelecimentos, espaços ou instalações destinados à educação, saúde, lazer, cultura, assistência social, culto religioso ou administração pública, além de outras atividades que tenham ligação direta, funcional ou espacial com uso residencial. A vegetação foi identificada conforme o tipo, não sendo quantificada como área na classe Equipamento Urbano.

**Aterro sanitário:** Área de disposição final de resíduos sólidos urbanos no solo, através do confinamento em camadas cobertas com material inerte, geralmente solo, segundo normas específicas, de modo a evitar danos ou riscos à saúde e à segurança, minimizando os impactos ambientais.

**Lixão:** Áreas de depósitos de resíduos sólidos a céu aberto, sem nenhum tratamento.

**Reservatório de retenção:** Reservatório de controle de cheias com saídas não reguláveis.

**Chácara:** Chácaras isoladas e loteamentos de chácaras de lazer ou de uso residencial e sedes de sítios que se encontram, notadamente, ao longo das estradas vicinais. Formam um conjunto de propriedades menores, com certa regularidade no terreno, e são identificadas pela presença de pomares, hortas, solo preparado para plantio, lagoas, bosques, quadras de esportes, piscinas etc. As áreas de horta e pomar foram englobadas nesta categoria quando apresentavam características de produção de subsistência.

**Loteamento desocupado:** Áreas arruadas com até 10% de ocupação, podendo estar localizadas dentro de área urbanizada, na periferia ou isoladas. É

caracterizado necessariamente por um conjunto de arruamentos, podendo ser geométrico ou irregular, sobre solo ou sem cobertura vegetal.

**Rodovia:** Áreas de rodovias com faixa de domínio de largura superior a 25m.

**Mineração:** Áreas de extração mineral e seu entorno (movimento de terra, cavas e edificações) que sofrem ou sofreram efeito dessa atividade, sendo na RMSP realizada a céu aberto para praticamente todos os minérios explorados. Caracteriza-se pela remoção da cobertura vegetal e corte de relevo. Foram incluídas nesta classe áreas de mineração desativadas que ainda apresentam características de área de exploração mineral.

**Movimento de terra:** Áreas que sofreram terraplenagem, apresentando solo exposto pela remoção da cobertura vegetal e movimentação de solo.

**Hortifrutigranjeiro:** Áreas de cultura perene ou anual, horticultura, granja e piscicultura, definidas a seguir:

- Culturas – Áreas ocupadas por espécies frutíferas (árvores ou arbustos) e culturas como arroz, trigo, milho, forrageiras, cana-de-açúcar, etc.
- Horticultura – Áreas de cultivo intensivo de hortaliças e flores, plantadas continuamente nos mesmos terrenos.
- Granjas – Instalações para criação de aves e produção de ovos.
- Piscicultura/Pesqueiro – Instalações para criação de peixes.

**Reflorestamento:** Formações arbóreas e homogêneas, cultivadas pelo homem com fim basicamente econômico, havendo, na RMSP, predominância do eucalipto e pinus.

**Solo exposto:** Solo preparado para cultivo e áreas que se encontram sem cobertura vegetal, devido à ação de processos erosivos.

**Mata:** Vegetação constituída por árvores de porte superior a 5 metros, cujas copas se toquem (no tipo mais denso) ou propiciem uma cobertura de pelo menos 40% (nos tipos mais abertos). No caso de formações secundárias, não completamente evoluídas, o porte das árvores pode ser inferior a 5 metros, tendo estes elementos, porém, apenas um tronco (árvores e não arbustos).

**Capoeira:** Vegetação secundária que sucede à derrubada das florestas, constituída sobretudo por indivíduos lenhosos de segundo crescimento, na maioria, da floresta anterior, e por espécies espontâneas que invadem as áreas devastadas, apresentando porte desde arbustivo até arbóreo, porém com árvores finas e compactamente dispostas.

**Campo:** Vegetação caracterizada, principalmente, pela presença de gramíneas, cuja altura, geralmente de 10 a 15 cm, aproximadamente, constituindo uma cobertura que pode ser quase contínua ou se apresentar sob a forma de tufos,

deixando, nesse caso, alguns trechos de solo a descoberto. Espaços podem ocorrer pequenos subarbustos e raramente arbustos. Áreas de pastagens são incluídas nesta classe.

**Vegetação de várzea:** Vegetação de composição variável que sofre influência dos rios, estando sujeita a inundações periódicas, na época das chuvas. As vegetações arbóreas localizadas nas áreas de várzea foram classificadas como Mata e Capoeira.

**Outro uso:** Áreas que não se enquadram nos padrões acima definidos, tais como: comércio e serviço ao longo das estradas ou isolados (Ex.: restaurante, posto de gasolina, revenda de automóvel, motel, hotel, haras, sede de cooperativa, estação experimental, etc.). Foram também incluídos os movimentos de terra, com construções em andamento sem identificação de uso, localizados dentro ou fora da área urbanizada.

A tabela 3 apresenta a constituição do tipo de uso e cobertura vegetal das diferentes classes em área de extensão e em percentual em relação à área total da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê.

Tabela 3. Tipo de uso e cobertura vegetal na BHAT

<b>Tipo de uso/Cobertura</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Percentual em relação à área total da Bacia do Alto Tietê</b>
Área Urbanizada	1.187,20	20,56
Aterro Sanitário	6,26	0,11
Campo	623,06	10,79
Capoeira	418,44	7,25
Chácara	347,52	6,02
Equipamento urbano	131,57	2,28
Espelho d'água	200,27	3,47
Favela	60,65	1,05
Hortifrutigranjeiro	196,92	3,41
Indústria	188,86	3,27
Lixão	0,66	0,01

Loteamento desocupado	16,43	0,28
Mata	1.611,53	27,90
Mineração	26,05	0,45
Movimento de terra / Solo exposto	57,57	1,00
Outro uso	2,26	0,04
Reflorestamento	553,40	9,58
Reservatório de retenção	1,22	0,02
Rodovia	38,60	0,67
Vegetação de várzea	106,63	1,85
<b>TOTAL</b>	<b>5.775,11</b>	<b>100</b>

**Fonte:** FUSP, 2009.

Como já citado anteriormente, este estudo irá focar em 10 sub-bacias de segunda ordem que concentram os pontos de monitoramento de qualidade de água. Então, a Figura 6 exibe com maior detalhe o Uso e Ocupação do solo nas áreas de interesse.

A cartografia e o mapeamento de informações são recursos muito utilizados para tornar mais evidentes os padrões de uso e ocupação dos espaços. A visualização da distribuição espacial das informações melhora a compreensão das interações existentes e aponta as ações necessárias (SOUZA, 1996).

Segundo Souza (1996), através da utilização de um SIG é possível elaborar um diagnóstico socioambiental de uma determinada área de estudo, através da criação e monitoramento de um banco de dados (SOUZA, 1996).

### **3.4. Qualidade da água**

#### **3.4.1. Nutrientes**

Nutrientes como fósforo e nitrogênio (e suas variações) são comumente encontrados em rios e córregos urbanos.

O fósforo nos corpos d'água decorre principalmente das descargas de esgotos sanitários e de efluentes industriais. O fósforo total compreende três formas diferentes na água: o fósforo orgânico dissolvido, os fosfatos e o fósforo total particulado. Sua alta concentração no corpo d'água gera, como uma das possíveis consequências, a eutrofização

de águas naturais, por ser um dos principais nutrientes para os processos biológicos (VON SPERLING, 2007). As concentrações de fósforo total encontradas nos esgotos sanitários brutos do Brasil variam entre 6 a 10 mg/L (CETESB, 2014), o que torna necessário seu tratamento para evitar eutrofização causada pelo lançamento de efluentes, já que em águas com baixa movimentação, concentrações maiores que 0,05 mg/L já podem gerar aumento do estado trófico (SANTOS, MUNIZ, *et al.*, 2007).

A presença do nitrogênio nos corpos d'água também tem como principal fonte despejos domésticos e industriais, principalmente na forma de nitrogênio orgânico e amoniacal, nitrato e nitrito (VON SPERLING, 2007). Além disso, outra contribuição para o aumento das concentrações de nitrogênio total, mas principalmente de nitrato, são os excrementos de animais e fertilizantes, característicos de áreas agropecuárias (LASSALETA, GARCÍA-GÓMEZ, *et al.*, 2009). Assim como o fósforo, o nitrogênio também é responsável pelo processo de eutrofização dos corpos hídricos quando se encontram em concentrações elevadas. Em termos de saúde pública, os nitratos são causadores da doença metahemoglobinemia infantil, devido à redução a nitrito e competição com o oxigênio livre no sangue (CETESB, 2014).

Em relação a normas e limites, a CONAMA, através da Resolução CONAMA 357/2005, estabelece limites de 10 mg/L para o nitrato em cursos de água doce de Classe 2, onde se enquadram os rios e córregos deste estudo (BRASIL, 2005). Para o fósforo, a mesma resolução 357/2005 estabelece que para rios de Classe 2, o limite para fósforo total, é de 0,1 mg/L (BRASIL, 2005).



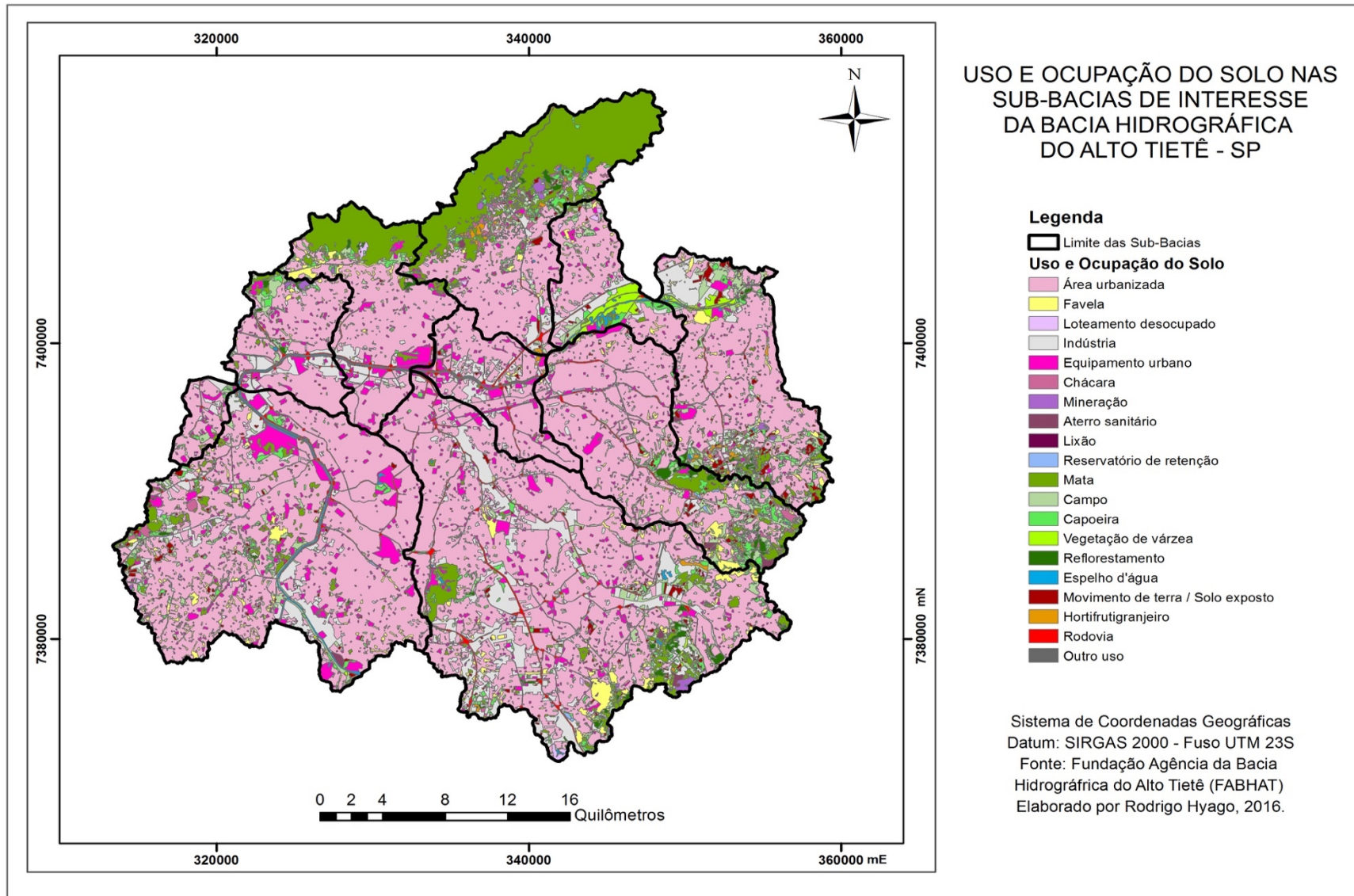


Figura 6. Uso e ocupação do solo nas sub-bacias de interesse

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016

### 3.4.2. Turbidez

A turbidez é uma medida da turvação da água. Dessa forma, quanto maior a turbidez, maior é a dificuldade de um feixe de luz atravessar a água.

A medição da turbidez é em unidades nefelométricas de turbidez (UNT) ou unidades de turvação Jackson (JTU). A utilização da unidade difere de acordo com o método escolhido para medir a turbidez (MYRE e SHAW, 2006). Para a confecção do Tubo de Turbidez que foi utilizado neste trabalho, a UNT foi a escolhida.

A olho nu, uma pessoa normal consegue ver os níveis de turbidez a partir de 5 UNT ou valores maiores (MYRE e SHAW, 2006). A turbidez é composta por um aglomerado de substâncias: lama, lodo, areia, pequenos pedaços de plantas mortas, bactérias, organismos aquáticos, algas, além de químicos precipitados. Outros fatores que podem adicionar sólidos em suspensão a um corpo d'água são erosões, resíduos e escoamentos urbanos, escoamentos agrícolas, etc. Por isso, é comum que após chuvas fortes, tempestades ou inundações, a turbidez das águas aumente rapidamente devido ao aumento do escoamento.

A turbidez é um indicador-chave para a avaliação da adequação da água para o consumo humano. O material suspenso em água turva pode conter um grande número de agentes patógenos e a alta turbidez também implica em uma variedade de efeitos negativos sobre vários métodos de tratamento de água.

Em relação a normas e limites, a CONAMA, através da Resolução CONAMA 357/2005, estabelece limites de 100 UNT para cursos de água doce de Classe 2 (BRASIL, 2005).

Vários métodos estão disponíveis para a medição de turbidez, alguns deles foram resumidos na Tabela 4 (MYRE e SHAW, 2006).

Tabela 4. Métodos de medição de turbidez

Método	Vantagens	Desvantagens
<b>Turbidímetro com vela de Jackson</b> - A água é inserida em um tubo - A medição é realizada quando a luz da chama da vela acesa	- Método antiquado	- Não é mais considerado um método padrão - Não pode medir < 25 JTU (25 UNT)

abaixo do tubo não pode ser mais vista		
<b>Turbidímetro (Nefelômetro)</b> - Um feixe de luz é atravessado em uma amostra de água	- Extremamente preciso - Alguns são portáteis - Pode medir baixíssimos valores	- Alto custo - Frágil - Necessidade de energia - Requer calibração
<b>Disco de Secchi</b> - Um disco preto e branco é disposto dentro da água até a máxima distância onde o disco ainda pode ser visto	- Baixo custo - Portátil - Não necessita de insumos - Fácil aprendizagem	- Menor precisão - Não pode ser usado em águas rasas ou em rápidas correntes d'água
<b>Tubo de Turbidez (Tubo de Transparência)</b> - Combinação do Tubo de Jackson e o disco de Secchi	- Baixo custo - Portátil - Não necessita de insumos - Fácil aprendizagem - Adequado para todos recursos hídricos	- Menor precisão - Não pode medir < 5 UNT

**Fonte:** Adaptado pelo autor com base em MYRE e SHAW, 2006.

Das abordagens disponíveis para testes de turbidez, o tubo de turbidez é o método mais adequado para testar a turbidez da água quando os recursos para a realização de uma pesquisa são limitados, ou para o monitoramento da qualidade da água em pequenas comunidades. O tubo de turbidez é barato, fácil de usar, e não precisa ser reabastecido com baterias ou fontes de energia (MYRE e SHAW, 2006). Além disso, o tubo de turbidez pode ser compreendido intuitivamente, mesmo por pessoas que não possuem conhecimentos técnicos.

Outra função do uso desse método é a oportunidade de educar os membros da comunidade sobre muitas questões de qualidade da água, incluindo a proteção das nascentes e opções de tratamento (MYRE e SHAW, 2006). Uma última vantagem a ser destacada dos tubos de turbidez é o fato de serem portáteis e concebidos para utilização no campo, o que torna a medição mais precisa, uma vez que os valores podem alterar rapidamente durante o transporte ou armazenamento (OMS, 2004).

Por causa das suas muitas vantagens, o tubo de turbidez pode ser utilizado em uma grande variedade de situações. Várias ONGs internacionais, incluindo a Oxfam e os Médicos Sem Fronteiras, usam tubos de turbidez como parte de seus kits de testes de qualidade da água para situações de emergência (MYRE e SHAW, 2006). Muitos países, incluindo Austrália, Canadá e Estados Unidos têm redes de milhares de voluntários que utilizam os tubos para monitorar a qualidade dos rios, lagos e córregos (MYRE e SHAW, 2006)

### **3.5. Concentração basal**

Uma das questões centrais do controle de poluição é o estabelecimento de condições de referência (DODDS e OAKES, 2004). Isto porque, certa quantidade de nutrientes dos sistemas aquáticos é parte natural dos ecossistemas, antes mesmo de sofrerem ações antrópicas (DODDS e OAKES, 2004). Identificar valores de referência torna-se uma questão especialmente difícil quando tratamos de rios e córregos, já que os efeitos ocasionados na bacia à montante refletem nos corpos d'água à jusante da bacia, sem contar no agravante dos impactos antrópicos, onde dificilmente encontramos situações de bacias que foram minimamente afetadas por seres humanos (LEWIS, 2002).

As condições de referência, ou seja, concentrações basais de nutrientes, podem fornecer uma indicação da qualidade de água máxima obtida. Em outras palavras, fornecem um cenário onde os impactos humanos são controlados e pode aproximar os valores de nutrientes ao estado trófico natural de um ecossistema (DODDS e OAKES, 2004).

O estabelecimento de critérios de referência basal para parâmetros de qualidade de água vem recentemente assumindo uma maior importância (DODDS e WELCH, 2000). Essa mudança pode ser observada em diferentes agências reguladoras em vários países desenvolvidos, onde têm estendido esforços para o controle de efeitos como a eutrofização (DODDS e OAKES, 2004).

Originalmente, os esforços eram voltados para controlar valores de nutrientes em lagos e reservatórios, mas atualmente os esforços têm sido ampliados para rios, córregos e áreas úmidas (DODDS e OAKES, 2004). Dessa forma, várias abordagens têm sido utilizadas para estabelecer condições de referência. A maioria das abordagens apoia-se no conceito de que as concentrações de nutrientes em águas podem ser baseadas em características específicas do local em que estão (DODDS e OAKES, 2004).

A Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA) sugere o uso de uma entre três estratégias possíveis para determinar as concentrações basais (BUCK, 2000). A primeira abordagem caracteriza a utilização das concentrações de referência de uma região conhecida que possua valores ótimos, de acordo com um julgamento profissional. Este método possui uma falha a ser considerada pois exige o conhecimento de valores de referências que podem não estar disponíveis, como é o caso de alguns estudos já realizados (DODDS e OAKES, 2004). A segunda abordagem identifica o 75º percentil da distribuição de concentrações registradas em um corpo d'água, e usa esse percentual para desenvolver os critérios. Uma das falhas dessa abordagem encontra-se no fato de apenas descartar o último quarto de valores de concentração, que correspondem a parcela dos valores de mais alta concentração (DODDS e OAKES, 2004). A terceira e última abordagem, chamada de Método da Trisecção, calcula a mediana do terço inferior da distribuição crescente de concentrações registradas e a utiliza para desenvolver os critérios. Embora recomendados pela EPA, em regiões amplamente afetadas pela carga de nutrientes humana, os métodos podem levar a valores que não condizem fielmente a situação de referência de ação antrópica inexistente (SMITH, ALEXANDER e SCHWARZ, 2003), contudo, as concentrações basais podem ser utilizadas apenas como um referencial em prol da normatização de variáveis para o estudo de comparação de diferentes corpos hídricos.

### **3.5.1. Método da Trisecção**

O método da Trisecção, como já foi mencionado, corresponde a utilização do terço inferior da distribuição de todo o banco de dados, e por vezes tem sido equacionado com a condição de referência em diferentes estudos (GIBSON, CARLSON, *et al.*, 2000). Alguns estados americanos, recentemente adotaram o método da Trisecção como recomendação para índices de integridade biótica como uma melhor alternativa (DODDS, CARNEY e ANGELO, 2006). Utilizando o método Trisecção, valores medianos derivados do melhor terço dos dados são considerados como indicativos da condição de referência. O problema com esta abordagem, como também já mencionado, é a sua sensibilidade em relação a locais altamente impactados.

Por fim, as relações obtidas são utilizadas para estimar as concentrações de nutrientes que ocorrem na “ausência” de impacto antrópico mensurável sobre a paisagem, e servem

como referência para a normatização de parâmetros de qualidade de diferentes corpos hídricos.

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1. Turbidez

O método utilizado para a medição da turbidez no Programa HSBC pela Água foi o tubo de turbidez. O tubo de turbidez utiliza a correlação entre visibilidade e turbidez para aproximar à uma unidade. Um marcador é colocado na parte inferior do tubo, e a água é inserida até que já não seja mais possível enxergar o disco devido à turvação da água, no qual a visão deve ser perpendicularmente à base do tubo. A altura da coluna d'água, a partir da qual o disco não pode ser visto se correlaciona com um valor de turbidez conhecido. Embora essa correlação seja menos precisa do que a obtida por um turbidímetro digital, ela é precisa o suficiente para a maioria das aplicações. Geralmente, as economias de custos do uso de um tubo de turbidez superam esta perda de precisão (MYRE e SHAW, 2006).

Um tubo de turbidez é constituído por quatro componentes principais: um tubo transparente, tampa inferior, disco de visualização, ferramenta de medição (régua), e pode ser observado na Figura 7.

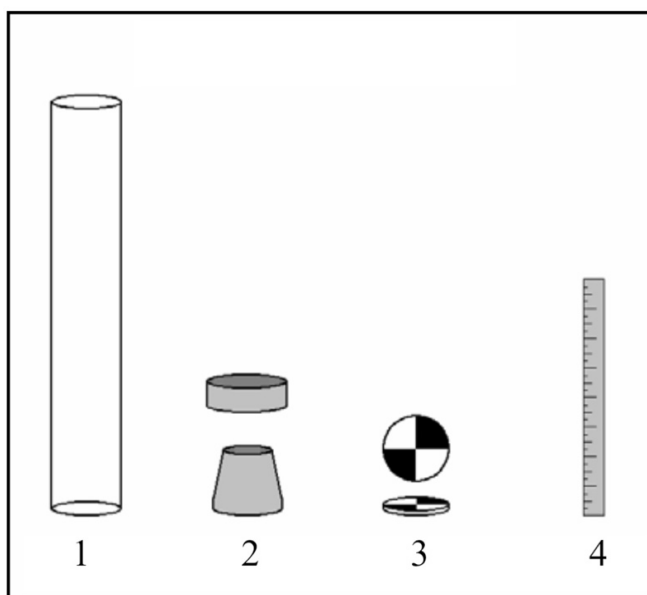


Figura 7. Componentes do Tubo de Turbidez

**Fonte:** Adaptado pelo autor com base em MYRE e SHAW, 2006.

1) Tubo transparente: O tubo transparente irá comportar a amostra de água a ser testada. O tubo deve ser claro para permitir a máxima refletância da luz sobre o disco. Mesmo tubos plásticos ligeiramente coloridos não permitirão a entrada suficiente de luz para que o tubo funcione de maneira correta. O material mais adequado para a confecção do tubo seria o plástico, por fornecer durabilidade e reduzir a probabilidade de danos durante o transporte. Contudo, um tubo de vidro pode ser utilizado se manuseado com cuidado (MYRE e SHAW, 2006).

2) Tampa: A tampa do tubo impede a saída da amostra de água. Uma vedação para a extremidade do tubo pode ser utilizada, mas uma tampa do tubo removível é preferível para a limpeza do tubo. É necessário apenas se certificar que a tampa impede a fuga da amostra d'água, por isso uma boa vedação é mais importante do que a possibilidade de remoção. O tamanho da tampa varia de acordo com o tamanho do tubo (MYRE e SHAW, 2006).

3) Disco de visualização: O disco estará submerso na amostra de água. É recomendada a utilização de um fundo branco e preto como mostrado na figura (padrão disco de Secchi). O contraste do disco faz com que a visão seja mais clara, o que melhora a precisão da leitura. Dessa forma, um disco de plástico branco, com marcador permanente preto funciona perfeitamente. O disco deve ser dimensionado para se ajustar no interior do tubo de plástico (MYRE e SHAW, 2006).

4) Ferramenta de medição (régua): O nível da água no ponto de não visibilidade precisa ser medido. A melhor maneira é marcar o tubo de turbidez com os níveis de turbidez correspondentes antes do início dos testes, de modo que não sejam necessárias conversões (MYRE e SHAW, 2006).

A relação entre a profundidade do disco de visualização e a unidade turbidez é exponencial. Essa relação é representada pela seguinte equação:

$$\text{Profundidade em centímetros} = 244,13 * (\text{turbidez em UNT})^{-0,662}$$

Um valor de  $R^2$  de 0,996 foi calculado para a equação de cima. Em seguida, utilizou-se a equação para calcular as profundezas dos valores desejados, sendo o menor deles 5 UNT. A Tabela 5 mostra a relação do intervalo utilizado para a confecção do tubo de turbidez.

Tabela 5. Relação dos centímetros do Tubo de Turbidez e suas respectivas unidades nefelométricas.

Centímetros	UNT
6,7	240
7,3	200
8,9	150
11,5	100
17,9	50
20,4	40
25,5	30
33,1	21
35,6	19
38,2	17
40,7	15
43,3	14
45,8	13
48,3	12
50,9	11
53,4	10
85,4	5

**Fonte:** Adaptado pelo autor com base em MYRE e SHAW, 2006.

#### 4.2. Nitrato e Fosfato

As medições das concentrações de fosfato (P-PO<sub>4</sub>) e nitrato (N-NO<sub>3</sub>) dissolvidos foram realizadas a partir de amostras não-filtradas, utilizando métodos colorimétricos. O método permitiu estimativas *in situ* de nutrientes dissolvidos a partir da exposição a reagentes que ocorre dentro de tubos de amostras fechados, um método adequado para um programa de ciência cidadã em massa como o Programa HSBC pela Água.

As concentrações de fosfato foram estimadas utilizando-se reações enzimáticas de inosina em sete intervalos específicos, variando de 0,02 mg L<sup>-1</sup> a 1,0 mg L<sup>-1</sup> P-PO<sub>4</sub>



(STRICKLAN e PARSONS, 1972). As concentrações de nitrato foram medidas utilizando N-(1-naftil)Etilenodiamina (AL LAW e ADELOJU, 2013) em sete intervalos específicos, de  $0,2 \text{ mg L}^{-1}$  a  $10 \text{ mg L}^{-1} \text{ N-NO}_3$ .

### **4.3. Banco de Dados**

Uma vez realizadas as coletas individuais de cada voluntário, o mesmo insere os dados qualitativos e quantitativos na plataforma Observatório da Água Doce (Freshwater Watch). Nessa plataforma, os membros da equipe de pesquisa têm acesso aos dados completos das análises das coletas e dessa forma foi possível obter os dados completos tabelados em uma planilha no Excel®.

Contudo, por se tratar de um projeto de ciência cidadã, o qual é passível de erros por parte dos voluntários na hora de submeter os dados na plataforma, foi necessária uma leitura minuciosa para excluir dados inconsistentes, incongruências, erros do sistema e etc.

Após a edição dos dados, foi necessário filtrar e separar todos os dados por pontos de coletas (30 pontos), uma vez que a plataforma exporta os dados de forma desordenada. Além disso, as concentrações foram divididas de acordo com a data de suas coletas, sendo separadas em época úmida e seca de acordo com a metodologia descrita no item 4.6. Somente após essa análise inicial sistemática foi possível começar as análises estatísticas de cada ponto.

Foram avaliados valores mínimos e máximos, a média e a mediana de cada um dos trinta pontos individualmente, e posteriormente o destaque das maiores e menores médias encontradas no grupo dos trinta pontos monitorados.

### **4.4. ANOVA**

No primeiro momento foi utilizada a análise de variância (ANOVA) fator único nas três variáveis de estudo: nitrato, fosfato e turbidez.

Uma análise de variância fator único é um caso especial de análise de variância (ANOVA), por um fator de interesse e uma generalização do teste t de duas ou mais amostras. O nível de confiança utilizado foi de 95% ( $p < 0,05$ ), por meio do software Excel®, para

verificar se os dados das variáveis eram relevantes do ponto de vista estatístico, ou seja, os valores de nitrato fosfato e turbidez eram estatisticamente distintos.

#### 4.5. Método da Trisecção

O Método da Trisecção foi utilizado para a determinação das concentrações basais de cada corpo hídrico individualmente, de cada um dos trinta pontos. O método foi seguido conforme os procedimentos descritos por Dodds *et al.* (2006).

Uma vez com as concentrações basais definidas para cada ponto de monitoramento, foi realizada a relação entre cada uma das concentrações de nitrato, fosfato e turbidez com a concentração basal de cada ponto, ou seja, foi estabelecido o quociente  $C_{(N, P \text{ ou } UNT)}/C_{b(Px)}$ , onde:

$C_{(N, P \text{ ou } UNT)}$ : Concentração de nitrato, fosfato ou turbidez em determinado tempo

$C_{b(Px)}$ : Concentração basal de determinado ponto de monitoramento

Essa relação teve como objetivo a normatização das unidades de concentração entre os diferentes corpos hídricos, os quais possuem portes e condições distintas, e assim seria possível realizar correlações e comparações entre os diferentes pontos monitorados.

A partir da obtenção das relações  $C_{(N, P \text{ ou } UNT)}/C_{b(Px)}$ , foram elaborados *boxplots* para estudar a distribuição de medidas estatísticas de  $C_{(N, P \text{ ou } UNT)}/C_{b(Px)}$  nos 30 pontos de monitoramento. Por fim, foram separadas as concentrações parametrizadas em grupos, de acordo com as sub-bacias que os pontos de monitoramento se encontram, e assim, novamente foram elaborados *boxplots* para estudar a distribuição de medidas estatísticas destas concentrações, porém dessa vez por sub-bacias.

#### 4.6. Atribuição dos meses de período úmido e seco

Para que a análise temporal entre época úmida e seca fosse realizada, foi necessário atribuir os meses onde as chuvas tiveram seus maiores e menores índices na Bacia Hidrográfica do Alto Tietê. Por consequência, foram extraídos hietogramas representativos de postos na região das sub-bacias de interesse. Foram escolhidos, no portal SigRH, postos dentro da região de interesse que possuíssem monitoramentos pluviométricos de longa data,

incluindo valores dos últimos anos. Assim sendo os postos escolhidos foram E3-006, E3-036 e E3-071. Os hietogramas são apresentados no Anexo A.

Após a análise dos três gráficos, foi possível assumir que o período úmido da área de estudo de interesse se dá pelos meses de Outubro, Novembro, Dezembro, Janeiro, Fevereiro e Março (destacados em verde), e conseqüentemente o período seco encontra-se durante os meses de Abril, Maio, Junho, Julho, Agosto e Setembro (destacados em vermelho).

#### **4.7. Mapas e Áreas de uso e ocupação do solo**

O software utilizado para a confecção dos mapas temáticos da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê foi o ArcMap® 10.3.1. Parte do banco de dados (Uso e Ocupação do Solo) e determinados *shapes* (Hidrografia Principal, Lagoa/Represa, Limite da Bacia Hidrográfica, Rio Margem Dupla e Sub-bacia de 2ª ordem) foram obtidos através da Fundação Agência da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê, que gentilmente os cederam após a apresentação da proposta do presente trabalho. Os demais foram obtidos através do site do Instituto Brasileiro de Geografia Estatística (IBGE).

Para cada mapa temático foram utilizados diferentes recursos e ferramentas do software ArcMap®, sendo elas *Clip, Merge, Edition, Projections and Transformations*.

Por fim, foi criado o *layout* dos mapas seguindo referências de mapas já confeccionados, normas e procedimentos sugeridos pelo IBGE.

Em relação a obtenção das áreas individuais de cada classe de uso e ocupação do solo em cada um das 10 sub-bacias de estudo, foram utilizadas as ferramentas de edição do software ArcMap® de corte (*Clip*) para que fosse possível recortar a distribuição espacial do uso do solo nas áreas de cada sub-bacia, calcular a área das classes existentes na tabela de atributos (*Calculate Geometry*) e assim obter a porcentagem relativa de determinada classe em uma sub-bacia em questão. Dessa forma foi possível utilizar o percentual dos usos do solo na matriz de correlação com os parâmetros de qualidade de água.

#### **4.8. Correlação das variáveis e regressão linear das mais expressivas**

Para utilizar a análise de dados de correlação, foram elaboradas seis matrizes, uma para cada parâmetro (nitrato, fosfato e turbidez) nos dois diferentes períodos (úmido e seco).

Para isso foram organizados em linhas as 10 sub-bacias e em colunas as porcentagens das 20 classes de uso e ocupação do solo e as medidas estatísticas do parâmetro de qualidade. Dessa forma uma matriz de correlação foi gerada e dela extraída somente as correlações válidas, ou seja, as que correlacionam os usos do solo com medidas estatística do parâmetro de qualidade de água, e excluindo as células que correlacionam classes de uso do solo entre si, ou medidas estatísticas do parâmetro em si.

A regressão linear simples foi realizada através da análise de dados do software Excel®, com nível de confiança de 95%. Foram obtidos além dos gráficos de dispersão, as estatísticas de regressão tais como  $R^2$  e Erro padrão.

## **5. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **5.1. Avaliação por pontos de monitoramento (individual)**

#### **5.1.1. Análise Estatística Inicial**

Como já reportado anteriormente, as coletas de amostras d'água e suas análises são de inteira responsabilidade dos voluntários que foram capacitados a partir do dia de treinamento do Programa HSBC pela Água. Além disso, a escolha do ponto de monitoramento que cada voluntário individualmente “adota” também fica a critério do próprio, que varia por motivos de proximidade com sua residência, interesse na área, etc. Dessa forma, por mais que exista um controle da equipe em manter a distribuição de voluntários nos pontos de monitoramento equilibrada, é inevitável que hajam pontos onde há mais voluntários responsáveis, e conseqüentemente um maior número de amostras. Um outro fator a ser levado em conta é o fato do comprometimento de cada voluntário. Todos são treinados para que entendam sua importância dentro do projeto e que os resultados dependem exclusivamente do compromisso deles em coletar e analisar as amostras regularmente. Contudo, não há nenhuma forma de penalização em casos de abstenção ou não cumprimento das análises.

Ambas as questões exploradas acima resultam em um quadro de número de análises heterogêneo, o que não invalida os estudos dos resultados em nenhum grau. Assim sendo, dentre os trinta pontos de monitoramento, todos possuem pelo menos uma amostra de água analisada, exceto pelo ponto P17. A somatória do número de amostras coletadas e analisadas

nos trinta pontos é de 305 análises durante período de duração do programa. A Tabela 6 apresenta o número de amostras coletadas e analisadas para cada ponto de monitoramento durante o desenvolvimento do projeto “Adote um Rio”.

Tabela 6. Número de amostras d'água analisadas por ponto

<b>Pontos</b>	<b>Número de amostras analisadas</b>
<b>P1</b>	11
<b>P2</b>	20
<b>P3</b>	8
<b>P4</b>	10
<b>P5</b>	4
<b>P6</b>	5
<b>P7</b>	9
<b>P8</b>	1
<b>P9</b>	15
<b>P10</b>	13
<b>P11</b>	13
<b>P12</b>	16
<b>P13</b>	8
<b>P14</b>	13
<b>P15</b>	18
<b>P16</b>	5
<b>P17</b>	0
<b>P18</b>	4
<b>P19</b>	10
<b>P20</b>	17
<b>P21</b>	8
<b>P22</b>	8
<b>P23</b>	12
<b>P24</b>	6
<b>P25</b>	19
<b>P26</b>	11
<b>P27</b>	10
<b>P28</b>	6
<b>P29</b>	20
<b>P30</b>	5
<b>TOTAL</b>	<b>305</b>

**Fonte:** Elaborado pelo autor, 2016.

Devido ao grande número de amostras, e conseqüentemente de valores, a tabela completa com todos os valores de nitrato, fosfato e turbidez, e seus respectivos dias da realização da coleta, se encontra no Apêndice A, ao fim deste trabalho.

Como descrito nos materiais e métodos, um teste de variância significativa (ANOVA) foi aplicado no conjunto de dados obtidos através das análises realizadas pelos voluntários. Os conjuntos de dados de nitrato, fosfato e turbidez mostraram que estatisticamente existe uma diferença significativa entre os conjuntos, no qual o valor de F obtido com o teste foi de 372,46, que é muito maior que o valor de F crítico de 3,01, provando que a hipótese  $H_0$ , ou seja, a hipótese de que os valores são estatisticamente iguais, pode ser descartada.

Primeiramente, foram analisadas as médias de nitrato, fosfato e turbidez para cada um dos 30 pontos, e destacados os pontos de monitoramento que apresentam os valores máximos (vermelho) e mínimos (verde) dentro de cada parâmetro. Os resultados podem ser observados na Tabela 7.

Tabela 7. Médias das concentrações dos parâmetros nos 30 pontos

PONTOS	MÉDIAS		
	Nitrato (mg/L)	Fosfato (mg/L)	Turbidez (UNT)
P1	6,86	0,03	52,80
P2	0,66	0,27	41,74
P3	5,83	0,31	21,50
P4	1,06	0,17	136,50
P5	0,35	0,06	108,75
P6	0,20	0,24	24,00
P7	2,94	0,32	49,89
P8	0,1	0,01	75
P9	3,54	0,02	30,00
P10	5,13	0,24	166,92
P11	3,06	0,10	12,46
P12	2,63	0,30	63,56
P13	1,25	0,36	105,00
P14	1,02	0,23	31,92
P15	0,98	0,37	102,39
P16	0,15	0,61	165,00
P17			
P18	0,78	0,37	147,50

P19	0,33	0,24	128,00
P20	0,86	0,27	75,76
P21	1,45	0,36	73,13
P22	1,13	0,77	83,13
P23	1,77	0,38	135,83
P24	2,08	0,13	150,00
P25	0,78	0,06	83,11
P26	1,95	0,30	109,36
P27	1,91	0,09	27,10
P28	1,88	0,19	176,67
P29	0,74	0,28	93,65
P30	5,72	0,47	194,40

**Fonte:** Elaborado pelo autor, 2016.

As piores concentrações, ou seja, os valores mais elevados das médias das concentrações de nitrato, fosfato e turbidez, foram encontrados respectivamente nos pontos P1 (6,86 mg/L), P22 (0,77 mg/L) e P30 (194,40 UNT). O valor máximo das médias de nitrato obtido se encontra dentro do limite estabelecido pela CONAMA 357/2005, que é 10 mg/L. Já as máximas médias de fosfato e turbidez se encontram acima dos limites legais estabelecidos pela CONAMA 357/2005, que são 0,1 mg/L para fósforo total e 100 UNT para a turbidez.

Posteriormente, as medianas dos três parâmetros também foram calculadas, e novamente foram destacadas em vermelho os piores valores (mais elevados). Em relação às medianas, não foram destacados os melhores valores devido ao fato de, se tratando de medianas, as mesmas faixas se repetirem em muitos pontos de monitoramento, o que atrapalharia a leitura dos dados. Os resultados podem ser observados na Tabela 8.

Tabela 8. Medianas das concentrações dos parâmetros nos 30 pontos

PONTOS	MEDIANAS		
	Nitrato (mg/L)	Fosfato (mg/L)	Turbidez (UNT)
P1	7,50	0,01	12,00
P2	0,35	0,04	40,00
P3	7,50	0,01	21,50
P4	0,75	0,02	150,00

P5	0,35	0,04	77,50
P6	0,10	0,08	25,00
P7	3,50	0,04	50,00
P8	0,10	0,01	75,00
P9	3,50	0,04	12,00
P10	3,50	0,04	150,00
P11	0,75	0,01	12,00
P12	1,50	0,11	47,50
P13	0,35	0,06	70,00
P14	0,35	0,08	25,00
P15	0,35	0,11	90,00
P16	0,10	0,75	240,00
P17			
P18	0,75	0,11	140,00
P19	0,10	0,06	99,50
P20	0,35	0,04	50,00
P21	0,10	0,04	62,50
P22	0,35	0,75	75,00
P23	1,50	0,15	100,00
P24	0,10	0,01	140,00
P25	0,35	0,01	35,00
P26	0,35	0,01	75,00
P27	1,50	0,11	12,00
P28	0,75	0,08	175,00
P29	0,10	0,01	62,50
P30	3,50	0,35	240,00

**Fonte:** Elaborado pelo autor, 2016.

A concentração mediana mais elevada de nitrato ocorreu no P1 (7,5 mg/L), a de fosfato deu-se no P16 e P22 (0,75 mg/L), e em relação a turbidez nos pontos P16 e P30 (240 UNT). Quando analisados pelo viés legal, a pior concentração de nitrato encontra-se dentro dos limites toleráveis, o que não acontece com as piores concentrações de fosfato e turbidez que estão acima das toleradas pela CONAMA 357/2005.

Para uma melhor visualização e entendimento da distribuição das melhores e piores concentrações dos parâmetros de qualidade de água nos pontos de monitoramento, um mapa foi elaborado sinalizando esses pontos espacialmente e pode ser observado na Figura 9. Além



disso, também em prol de expandir a análise e propiciar uma melhor avaliação, foram criados *boxplots* para ilustrar a distribuição dos valores máximos, mínimos, medianas e quartis dos parâmetros de nitrato, fosfato e turbidez nos 30 pontos de monitoramento (Figura 8).

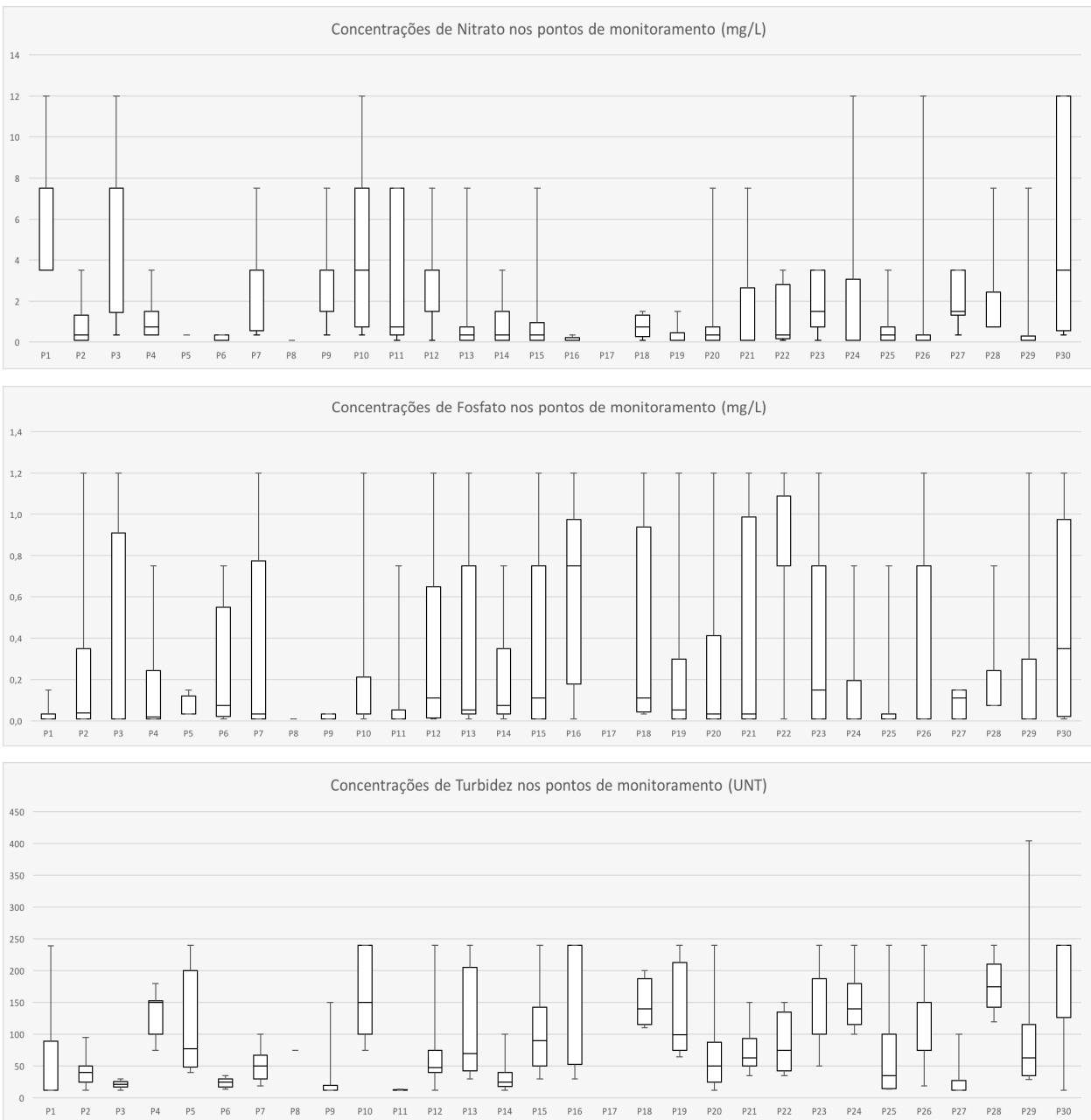


Figura 8. *Boxplots* da distribuição das concentrações brutas de nitrato, fosfato e turbidez nos 30 pontos

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

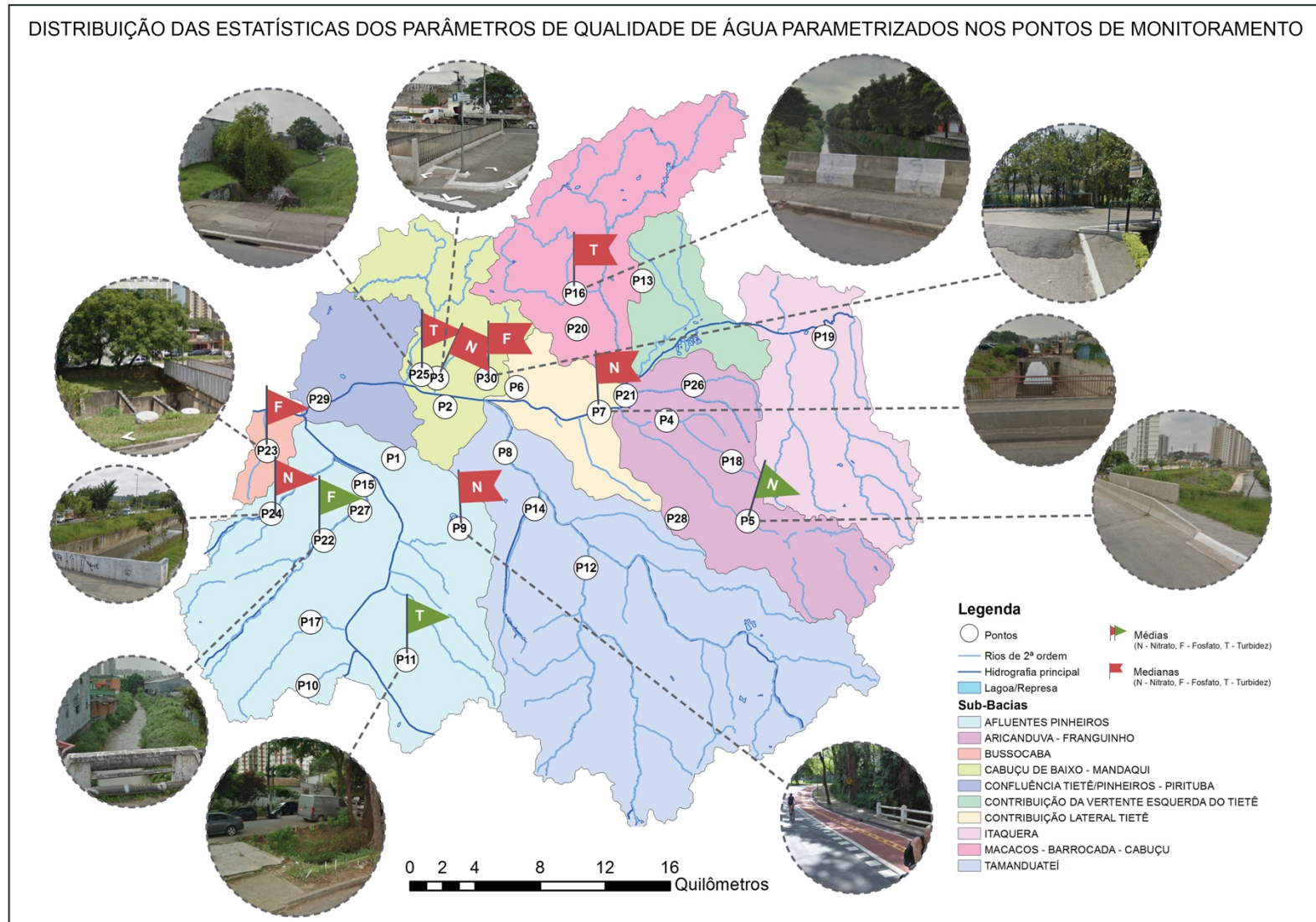


Figura 9. Distribuição das melhores e piores estatísticas dos parâmetros de qualidade de água nos pontos

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016

### 5.1.2. Análise das concentrações parametrizadas nos pontos de monitoramento

Com o propósito de normatizar as concentrações dos parâmetros de qualidade de água, e assim ser possível comparar os valores obtidos nos diferentes corpos hídricos, foi utilizado o método da Trisecção para a obtenção das concentrações basais de nitrato, fosfato e turbidez nos diferentes pontos de monitoramento. Os valores das concentrações basais podem ser observados na Tabela 9.

Tabela 9. Concentrações basais de Nitrato, Fosfato e Turbidez nos pontos de monitoramento

PONTOS	CONCENTRAÇÕES BASAIS		
	Nitrato (mg/L)	Fosfato (mg/L)	Turbidez (mg/L)
P1	3,5	0,01	12
P2	0,1	0,01	12
P3	0,75	0,01	17
P4	0,35	0,01	100
P5	0,35	0,035	80
P6	0,1	0,0225	17,5
P7	0,35	0,01	30
P8	0,1	0,01	75
P9	0,35	0,01	12
P10	0,55	0,0225	87,5
P11	0,225	0,01	12
P12	0,35	0,01	30
P13	0,1	0,035	40
P14	0,1	0,0225	14,5
P15	0,1	0,01	47,5
P16	0,1	0,18	52,5
P17			
P18	0,1	0,035	110
P19	0,1	0,01	75
P20	0,1	0,01	14
P21	0,1	0,01	50
P22	0,1	0,75	40
P23	0,55	0,01	100
P24	0,1	0,01	110
P25	0,1	0,01	15

P26	0,1	0,01	75
P27	0,75	0,01	12
P28	0,75	0,075	135
P29	0,1	0,01	35
P30	0,55	0,0225	126

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

Os maiores valores obtidos de concentrações basais seguindo a metodologia citada foram de 3,5 mg/L de nitrato no ponto P1; 0,75 mg/L de fosfato no ponto P22 e 135 UNT no ponto P28. Isso revela que nesses pontos, a mediana do terço inferior das concentrações obtidas, foram as mais altas encontradas dentre os 30 pontos.

Após a obtenção dos mesmos, uma relação entre as concentrações de nitrato, fosfato e turbidez, e a concentração basal de cada ponto foi estabelecida ( $C_{(N, P \text{ ou } UNT)}/C_{b(Px)}$ ). Em seguida, foi realizada a análise das medidas estatísticas de média, que podem ser observadas na Tabela 10.

Tabela 10. Médias da relação entre as concentrações das amostras e as concentrações basais dos pontos de monitoramento

PONTOS	MÉDIAS		
	Nitrato ( $C_{(N)}/C_{b(Px)}$ )	Fosfato ( $C_{(F)}/C_{b(Px)}$ )	Turbidez ( $C_{(T)}/C_{b(Px)}$ )
P1	1,96	2,95	4,00
P2	6,58	26,98	3,48
P3	7,77	31,06	1,26
P4	3,01	17,35	1,37
P5	1,00	1,82	1,36
P6	2,00	10,84	1,37
P7	8,40	32,22	1,66
P8	1,00	1,00	1,00
P9	10,10	2,33	2,50
P10	9,33	10,56	1,91
P11	13,59	10,19	1,04
P12	7,51	30,44	2,12
P13	12,50	10,32	2,63
P14	10,23	10,05	2,20

P15	9,83	36,69	2,16
P16	1,50	3,40	3,14
P17			
P18	7,75	10,43	1,34
P19	3,30	24,00	1,37
P20	8,59	27,32	5,41
P21	14,50	35,63	1,46
P22	11,25	1,03	2,08
P23	3,21	38,46	1,36
P24	20,83	13,33	1,36
P25	7,84	5,84	5,54
P26	19,45	29,82	1,46
P27	2,55	8,65	2,26
P28	2,50	2,50	1,31
P29	7,35	27,65	2,68
P30	10,40	20,84	1,54

**Fonte:** Elaborado pelo autor, 2016.

É importante ressaltar que para fins de comparação entre as relações de  $C_{(N, P \text{ ou } UNT)}/C_{b(Px)}$ , o ponto P8 foi descartado (destacado em amarelo), pelo fato de só possuir uma amostra analisada. Dessa forma, sua relação entre as concentrações obtidas e basais é 1, o que seria ideal, porém por possuir apenas uma amostra, sua concentração basal é numericamente igual a obtida e por isso não caracteriza a realidade das relações dos parâmetros de qualidade de água naquele ponto.

Descartando esses valores, os melhores resultados das médias, ou seja, as concentrações obtidas que se mantêm mais próximas das concentrações basais (valores próximos a 1) são no ponto P5 para o nitrato (1,00), no ponto P22 para o fosfato (1,03) e no ponto P11 para a turbidez (1,04). Os piores resultados, aqueles que as concentrações obtidas são n vezes maiores que os valores das concentrações basais são no ponto P24, onde a concentração de nitrato obtida é 20,83 vezes maior que a basal; no ponto P23, onde a concentração de fosfato obtida é 38,46 vezes maior que a basal; e no ponto P25, onde o valor de turbidez é 5,54 vezes maiores que o basal.

Tabela 11. Medianas da relação entre as concentrações das amostras e as concentrações basais dos pontos de monitoramento

PONTOS	MEDIANAS		
	Nitrato ( $C_{(N)}/C_{b(Px)}$ )	Fosfato ( $C_{(F)}/C_{b(Px)}$ )	Turbidez ( $C_{(T)}/C_{b(Px)}$ )
P1	2,14	1,00	1,00
P2	3,50	3,50	3,33
P3	10,00	1,00	1,26
P4	2,14	2,25	1,50
P5	1,00	1,00	0,97
P6	1,00	3,33	1,43
P7	10,00	3,50	1,67
P8	1,00	1,00	1,00
P9	10,00	3,50	1,00
P10	6,36	1,56	1,71
P11	3,33	1,00	1,00
P12	4,29	11,25	1,58
P13	3,50	1,57	1,75
P14	3,50	3,33	1,72
P15	3,50	11,25	1,89
P16	1,00	4,17	4,57
P17			
P18	7,50	3,21	1,27
P19	1,00	5,50	1,16
P20	3,50	3,50	3,57
P21	1,00	3,50	1,25
P22	3,50	1,00	1,88
P23	2,73	15,00	1,00
P24	1,00	1,00	1,27
P25	3,50	1,00	2,33
P26	3,50	1,00	1,00
P27	2,00	11,25	1,00
P28	1,00	1,00	1,30
P29	1,00	1,00	1,79
P30	6,36	15,56	1,90

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

Em relação as medianas é possível constatar que, para o caso do nitrato, os pontos P3, P7 e P9 possuem 50% das relações de  $C_{(N)}/C_{b(Px)}$  acima de 10, o que nos mostra que metade das amostras analisadas possuíam concentrações 10 vezes acima da concentração basal. Para o fosfato, a maior mediana encontra-se no ponto P30, a qual indica que metade das amostras nesse ponto possuem concentrações 15,56 vezes acima da concentração basal. Por fim, para o parâmetro de turbidez, a mediana mais alta ocorre no ponto P16, o qual revela que 50% dos valores de turbidez obtidos nesse ponto são 4,57 vezes maiores do que o valor basal do mesmo.

Após a obtenção destas medidas estatísticas foram realizados os cálculos de máximo, mínimo e quartis e, conseqüentemente, a criação de *boxplots* para ilustrar a distribuição das mesmas. Além disso, para uma melhor visualização da distribuição das melhores e piores concentrações parametrizadas dos parâmetros de qualidade de água nos pontos de monitoramento, um mapa foi elaborado para sinalizar esses pontos espacialmente (Figura 10). Por fim, para facilitar as comparações entre os pontos de monitoramento, desta vez os *boxplots* foram dispostos agrupados em relação às sub-bacias as quais pertencem. Isso permite uma melhor análise dos gráficos e também já introduz as próximas análises deste trabalho, que foram realizadas por agrupamento em sub-bacias (Figura 11).



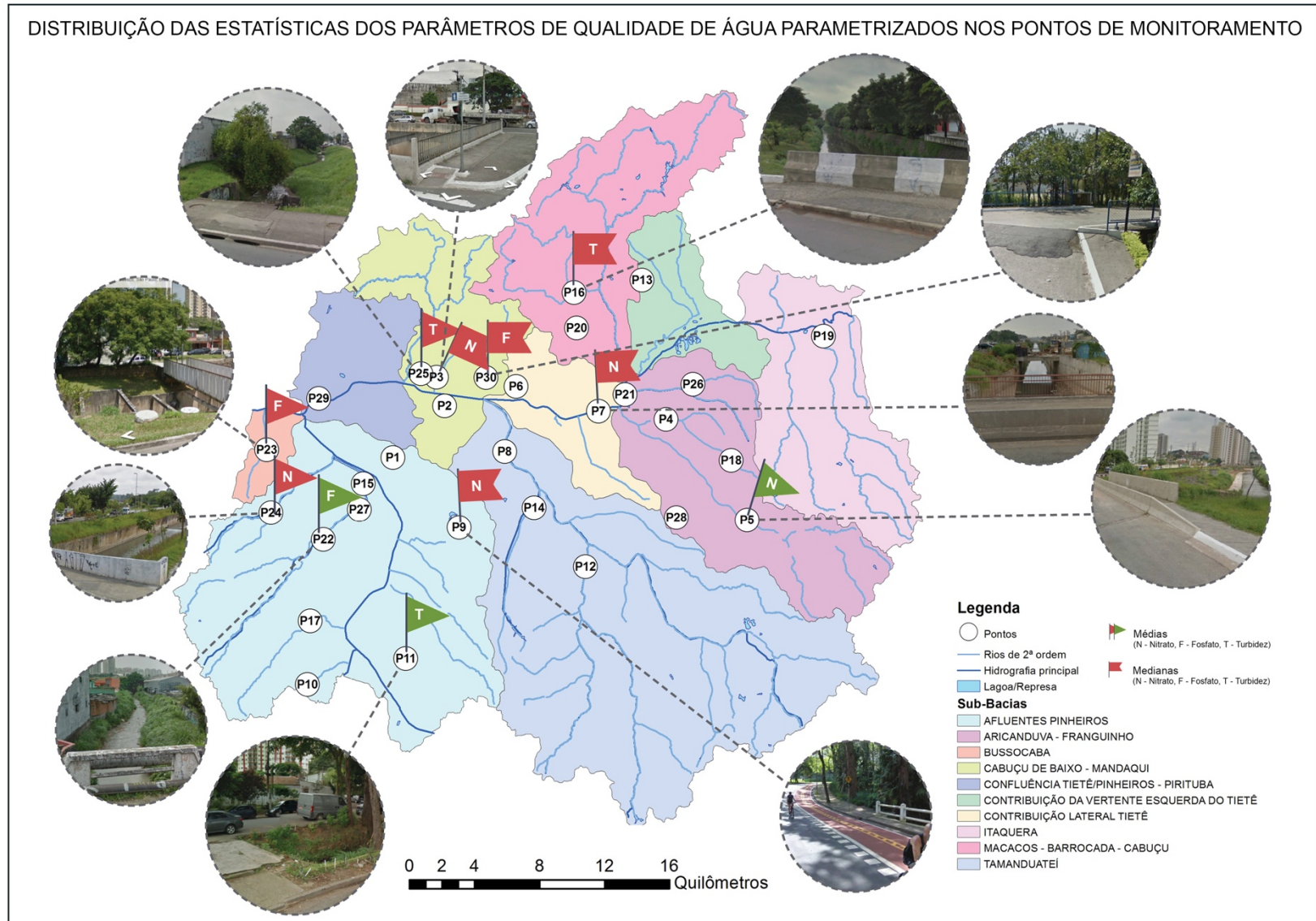


Figura 10. Distribuição das melhores e piores estatísticas dos parâmetros de qualidade de água parametrizados nos pontos

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.



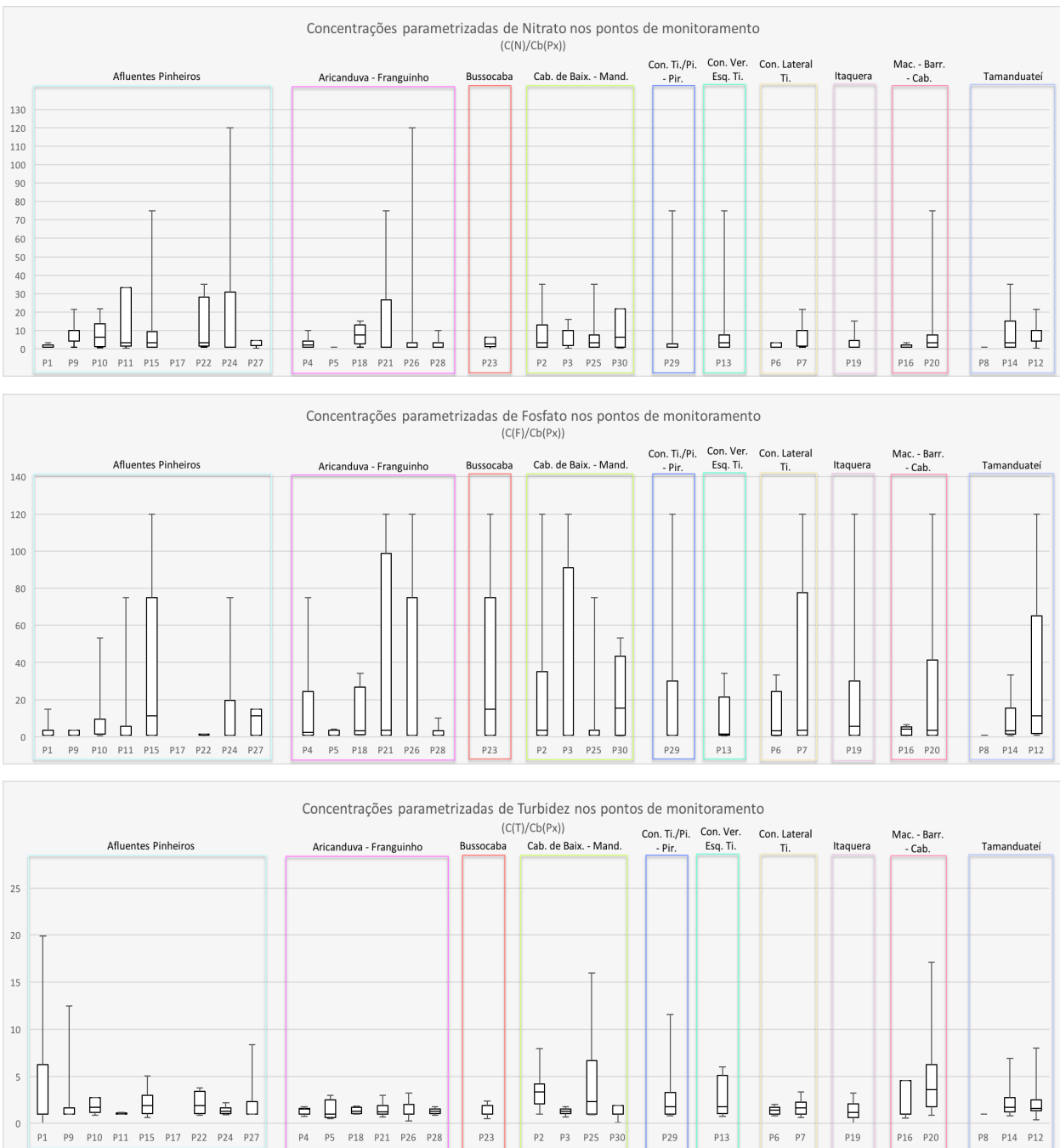


Figura 11. *Boxplots* da distribuição das concentrações parametrizadas de nitrato, fosfato e turbidez nos 30 pontos

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

## 5.2. Avaliação por sub-bacias (agrupamento)

Com o objetivo de comparar os resultados obtidos dos parâmetros de qualidade e estudar as relações com uso e ocupação do solo, agrupamentos foram realizados de acordo

com as sub-bacias já mencionadas na revisão bibliográfica. Além disso, uma segunda divisão foi realizada em relação ao tempo, dividindo os resultados das amostras analisadas não mais por dias, e sim por períodos úmido e seco. Dessa forma, foi possível comparar os resultados com maior eficácia, e analisar suas correlações não só espacialmente (sub-bacias), mas também temporalmente (épocas seca e úmida).

### 5.2.1. Análise estatística por sub-bacias em período úmido

Seguindo a ordem de análises de medidas estatísticas já realizadas, foram estudadas primeiramente as médias e medianas das relações normatizadas de concentrações de nitrato, fosfato e turbidez, dessa vez por sub-bacias.

Tabela 12. Médias da relação entre as concentrações das amostras e as concentrações basais das sub-bacias no período úmido

SUB-BACIAS	MÉDIAS		
	Nitrato ( $C_{(N)}/C_{b(Px)}$ )	Fosfato ( $C_{(F)}/C_{b(Px)}$ )	Turbidez ( $C_{(T)}/C_{b(Px)}$ )
Afluentes Pinheiros	9,10	9,56	1,57
Aricanduva - Franguinho	10,14	17,68	1,28
Bussocaba	2,71	26,75	1,08
Cabuçu de Baixo - Mandaqui	7,21	24,75	2,81
Confluência Tietê/Pinheiros - Pirituba	10,77	23,69	2,96
Contribuição da Vertente Esquerda do Tietê	21,75	11,21	3,56
Contribuição Lateral Tietê	6,57	8,56	1,40
Itaquera	6,13	24,63	1,70
Macacos - Barrocada - Cabuçu	11,00	24,51	4,32
Tamanduateí	8,05	20,94	2,74

**Fonte:** Elaborado pelo autor, 2016.

Dentre as sub-bacias desta análise, destacam-se a Bussocaba por possuir os melhores valores de nitrato (2,71) e turbidez (1,08), e o pior valor para o fosfato (26,75). O outro melhor valor restante, o de fosfato, encontra-se na sub-bacia Contribuição Lateral Tietê (8,56). Os piores valores de nitrato e turbidez foram encontrados na sub-bacia Contribuição

da Vertente Esquerda do Tietê (21,75) e na Macacos - Barrocada - Cabuçu (4,32), respectivamente.

Tabela 13. Medianas da relação entre as concentrações das amostras e as concentrações basais das sub-bacias no período úmido

SUB-BACIAS	MEDIANAS		
	Nitrato ( $C_{(N)}/C_{b(Px)}$ )	Fosfato ( $C_{(F)}/C_{b(Px)}$ )	Turbidez ( $C_{(T)}/C_{b(Px)}$ )
Afluentes Pinheiros	4,48	1,00	1,00
Aricanduva - Franguinho	1,57	1,00	1,00
Bussocaba	1,36	4,25	1,00
Cabuçu de Baixo - Mandaqui	3,50	2,53	1,83
Confluência Tietê/Pinheiros - Pirituba	1,00	1,00	2,14
Contribuição da Vertente Esquerda do Tietê	5,50	11,21	3,63
Contribuição Lateral Tietê	3,50	3,42	1,31
Itaquera	4,25	11,25	1,37
Macacos - Barrocada - Cabuçu	3,50	3,50	3,57
Tamanduateí	4,29	7,50	2,07

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

Em relação às medianas, houve melhores valores em diferentes bacias para os mesmos parâmetros. Em relação ao nitrato, o melhor valor obtido está na sub-bacia Confluência Tietê/Pinheiros - Pirituba (1,0) e o pior valor na Contribuição da Vertente Esquerda do Tietê (5,50). Para o fosfato, os melhores valores obtidos foram nas sub-bacias Afluentes Pinheiros, Aricanduva - Franguinho e Confluência Tietê/Pinheiros - Pirituba (1,0), e o pior na sub-bacia Itaquera (11,25). Por fim, os melhores valores de turbidez foram encontrados nas sub-bacias Afluentes Pinheiros, Aricanduva - Franguinho e Bussocaba (1,0), e o pior valor na sub-bacia Contribuição da Vertente Esquerda do Tietê (3,63).

Para uma melhor visualização e entendimento da distribuição das melhores e piores concentrações normatizadas dos parâmetros de qualidade de água nas sub-bacias, um mapa foi elaborado sinalizando essas áreas espacialmente (Figura 12).

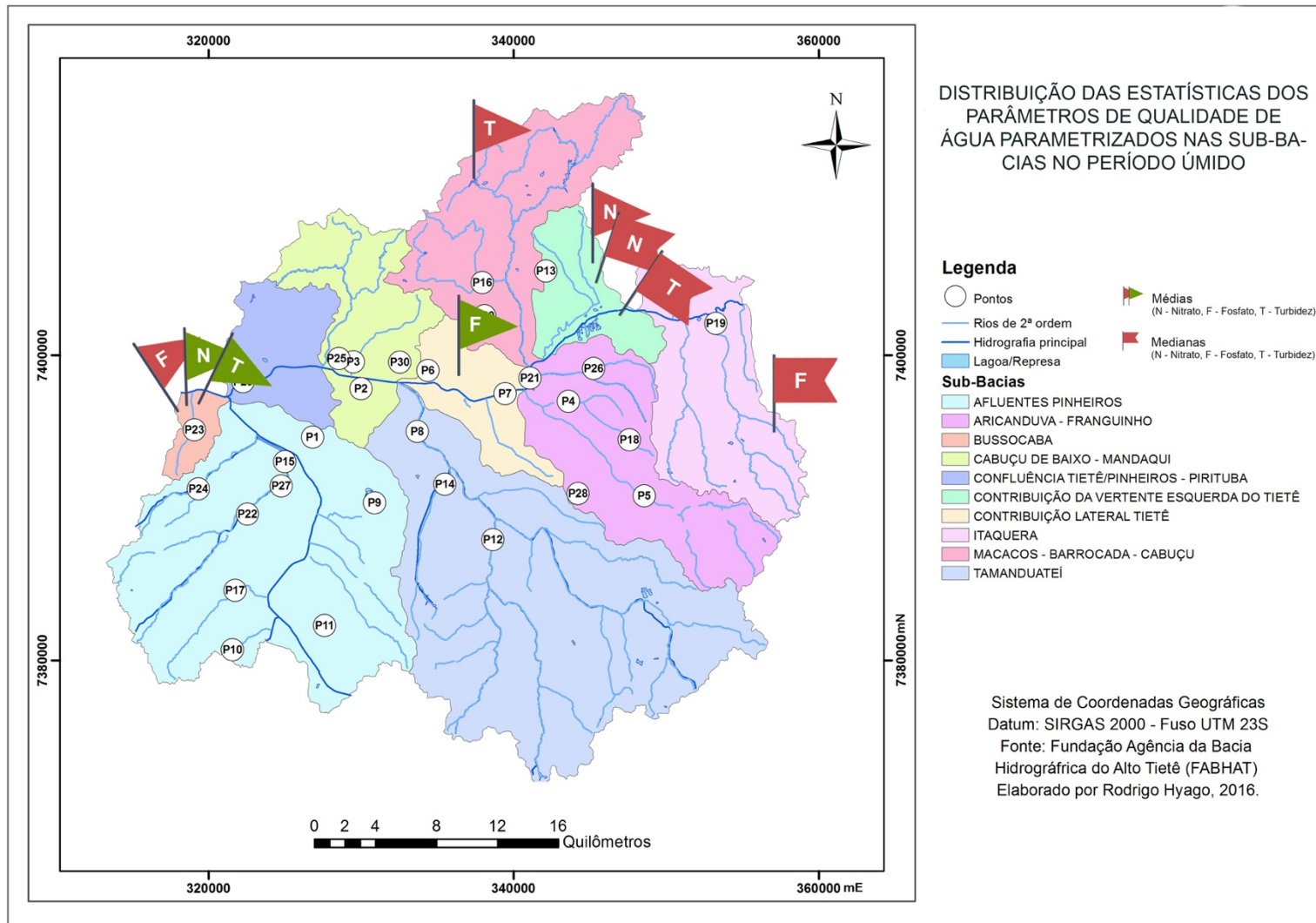


Figura 12. Distribuição das melhores e piores estatísticas dos parâmetros de qualidade de água parametrizados nas sub-bacias no período úmido

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

Além disso foram estudados os valores máximos e mínimos, e os quartis. Os resultados podem ser observados nos *boxplots* obtidos (Figura 13).

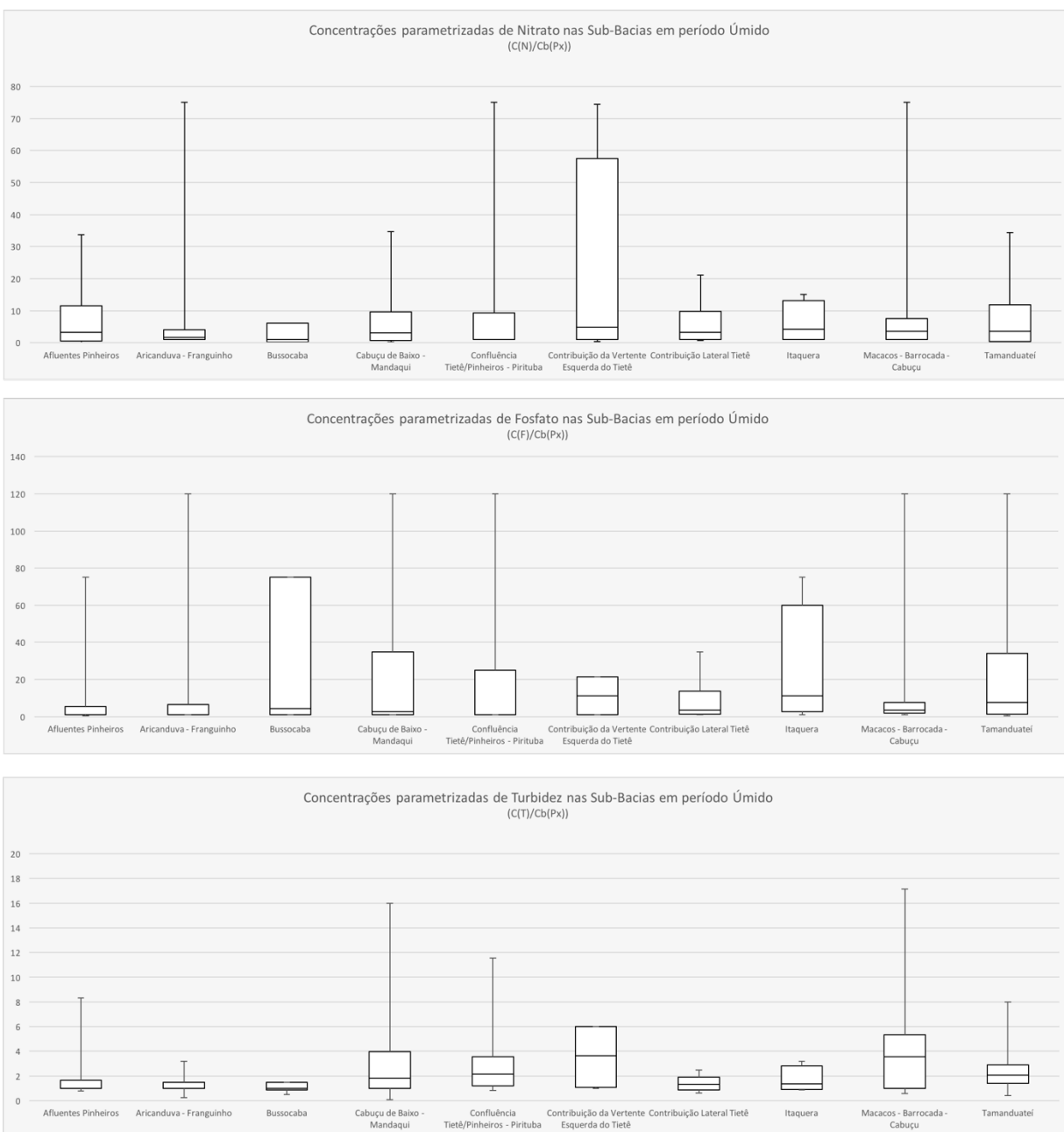


Figura 13. *Boxplots* da distribuição das concentrações parametrizadas de nitrato, fosfato e turbidez nas sub-bacias no período úmido

**Fonte:** Elaborado pelo autor, 2016.

### 5.2.2. Análise estatística por sub-bacias em período seco

As mesmas análises estatísticas foram realizadas para o período de seca. Foram apresentados os valores de médias e medianas das relações de concentração de nitrato, fosfato e turbidez obtidas, pela concentração basal de cada parâmetro para cada sub-bacia.

Tabela 14. Médias da relação entre as concentrações das amostras e as concentrações basais das sub-bacias no período seco

SUB-BACIAS	MÉDIAS		
	Nitrato ( $C_{(N)}/C_{b(Px)}$ )	Fosfato ( $C_{(F)}/C_{b(Px)}$ )	Turbidez ( $C_{(T)}/C_{b(Px)}$ )
Afluentes Pinheiros	9,54	15,33	2,83
Aricanduva - Franguinho	9,02	21,60	1,50
Bussocaba	3,71	50,17	1,63
Cabuçu de Baixo - Mandaqui	8,23	13,45	4,83
Confluência Tietê/Pinheiros - Pirituba	1,00	35,00	2,14
Contribuição da Vertente Esquerda do Tietê	3,25	9,43	1,69
Contribuição Lateral Tietê	5,50	45,96	1,77
Itaquera	1,42	23,58	1,14
Macacos - Barrocada - Cabuçu	2,95	19,26	5,47
Tamanduateí	8,79	20,38	1,64

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

No período seco, o melhor valor obtido para nitrato foi na sub-bacia Confluência Tietê/Pinheiros - Pirituba (1,0) e o pior na Afluentes Pinheiros (9,54). Para o fosfato a pior concentração encontra-se na sub-bacia Bussocaba (50,17) e a melhor na Contribuição da Vertente Esquerda do Tietê (9,43). Por último, o melhor valor obtido em relação à turbidez foi na sub-bacia Itaquera (1,14), e o pior na Macacos - Barrocada - Cabuçu (5,47).

Tabela 15. Medianas da relação entre as concentrações das amostras e as concentrações basais das sub-bacias no período seco

SUB-BACIAS	MEDIANAS		
	Nitrato ( $C_{(N)}/C_{b(Px)}$ )	Fosfato ( $C_{(F)}/C_{b(Px)}$ )	Turbidez ( $C_{(T)}/C_{b(Px)}$ )
Afluentes Pinheiros	2,00	1,56	1,39
Aricanduva - Franguinho	1,00	3,50	1,50
Bussocaba	2,73	45,00	1,50
Cabuçu de Baixo - Mandaqui	3,50	1,00	3,33
Confluência Tietê/Pinheiros - Pirituba	1,00	1,00	1,14
Contribuição da Vertente Esquerda do Tietê	2,25	1,57	1,75
Contribuição Lateral Tietê	5,50	17,17	1,55
Itaquera	1,00	2,25	1,16
Macacos - Barrocada - Cabuçu	3,50	1,00	4,57
Tamanduateí	4,29	3,50	1,33

**Fonte:** Elaborado pelo autor, 2016.

No que tange as medianas obtidas, o destaque encontra-se na sub-bacia Confluência Tietê/Pinheiros - Pirituba, a qual possui os melhores valores em todos os parâmetros de qualidade (nitrato – 1,0, fosfato – 1,0, turbidez – 1,14). Além dessa sub-bacia, a Aricanduva - Franguinho e Itaquera também obtiveram o mesmo valor para nitrato (1,0); e a Cabuçu de Baixo - Mandaqui e Macacos - Barrocada - Cabuçu para o fosfato (1,0). Por fim, os piores valores encontrados foram na sub-bacia Contribuição Lateral Tietê para nitrato (5,50), na Bussocaba para o fosfato (45,0) e na Macacos - Barrocada - Cabuçu para a turbidez (4,57).

Um mapa foi elaborado sinalizando espacialmente as melhores e piores concentrações normatizadas dos parâmetros de qualidade de água nas sub-bacias, com o objetivo de facilitar o entendimento dos dados (Figura 14). Por fim, uma vez analisadas as médias e medianas, foi realizada a criação dos *boxplots* de nitrato, fosfato e turbidez em época seca, com os valores máximos, mínimos e quartis (Figura 15).

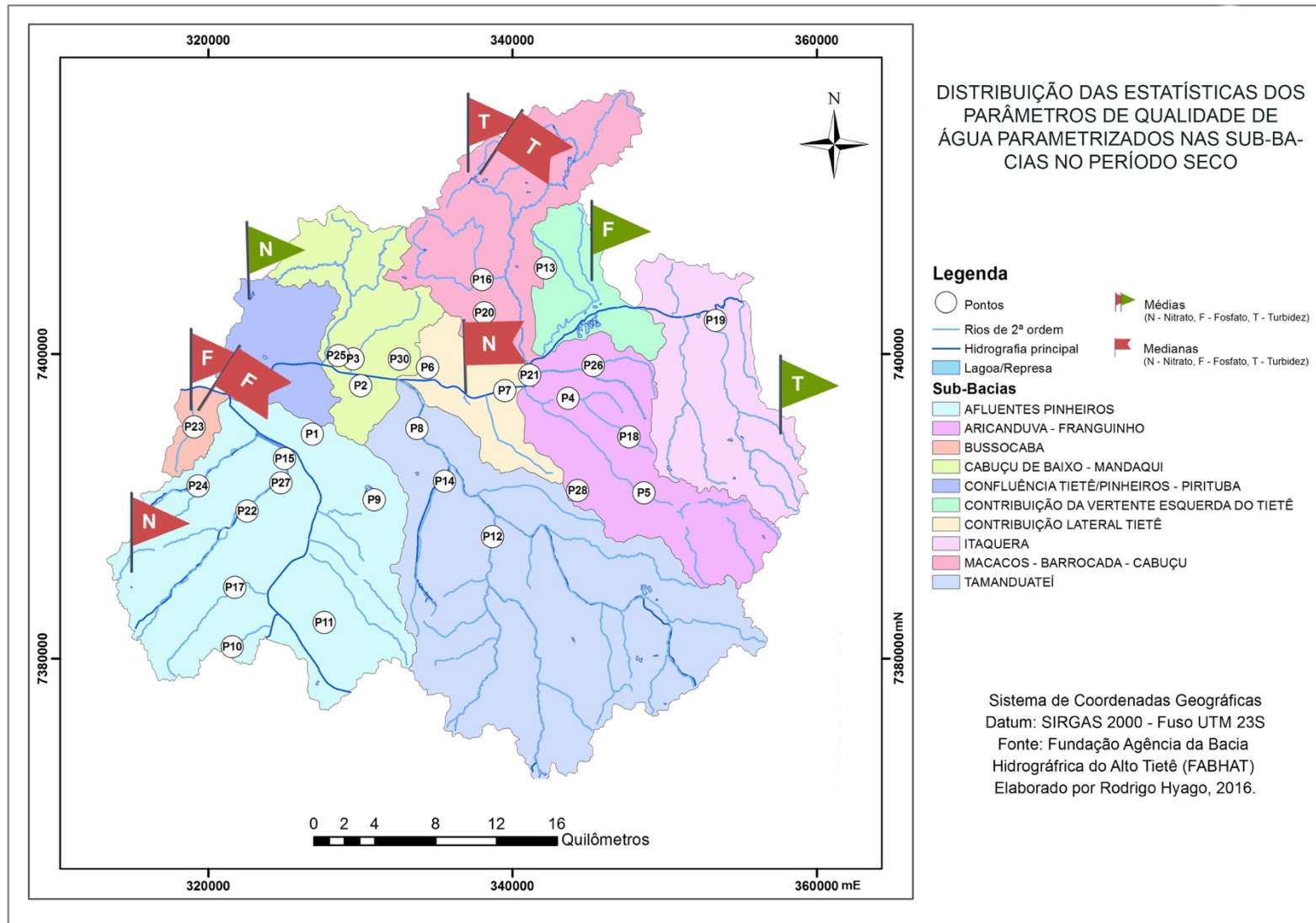


Figura 14. Distribuição das melhores e piores estatísticas dos parâmetros de qualidade de água parametrizados nas sub-bacias no período seco

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.



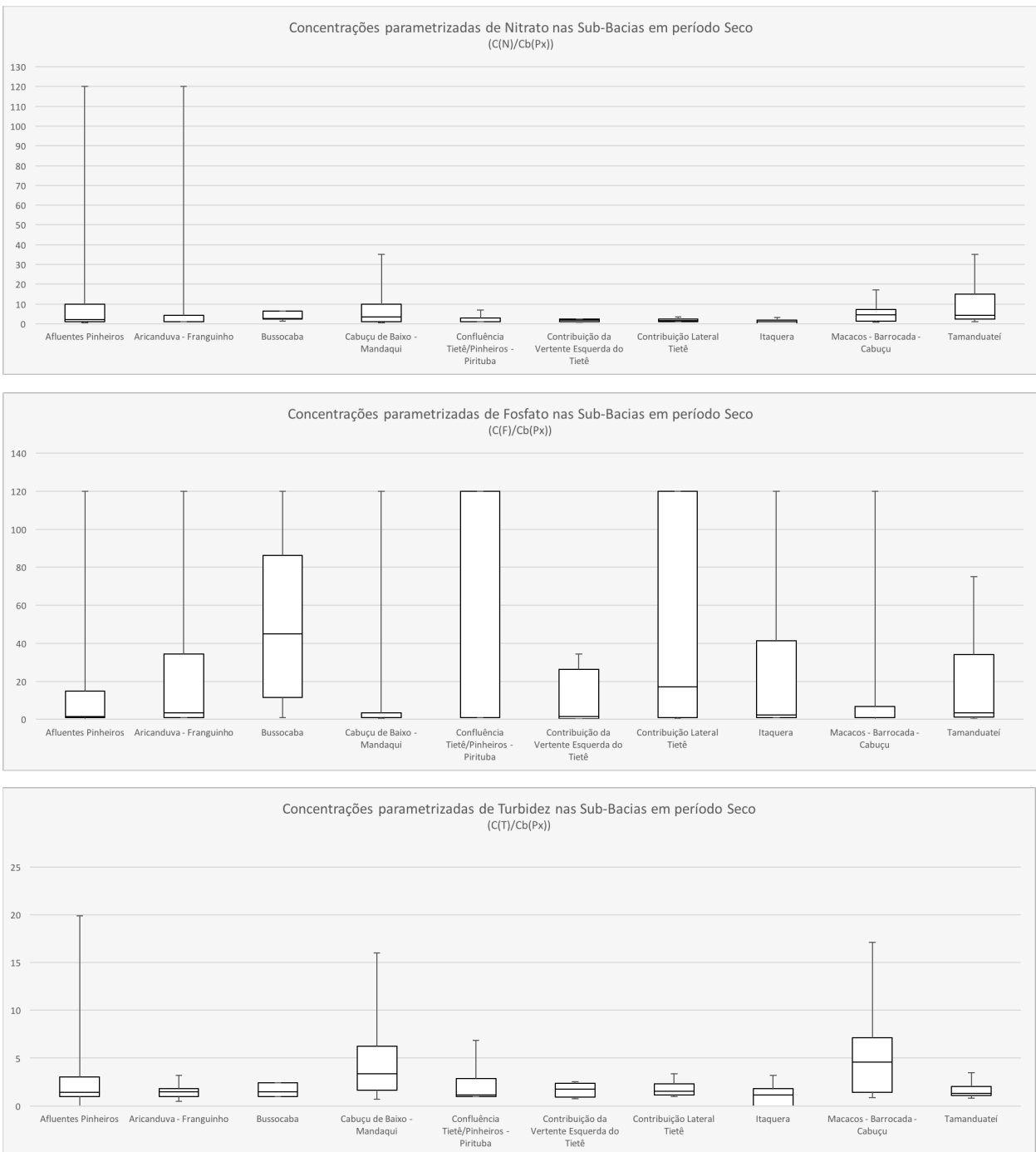


Figura 15. *Boxplots* da distribuição das concentrações parametrizadas de nitrato, fosfato e turbidez nas sub-bacias no período seco

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

### 5.2.3. Correlação entre Uso e Ocupação do solo e nitrato, fosfato e turbidez

A partir da obtenção das várias medidas estatísticas das concentrações parametrizadas de nitrato, fosfato e turbidez, em dois períodos distintos (época úmida e seca), um estudo para avaliar a correlação destes valores com o uso e ocupação das sub-bacias foi realizado. Para isso, foi obtido o percentual existente de cada uma das vinte classes de Uso e Ocupação do solo nas diferentes sub-bacias, seguindo a metodologia descrita anteriormente. O percentual da distribuição dos usos do solo nas sub-bacias pode ser observada na Figura 16.

Como pôde ser observado, a classe Área urbanizada é predominante em todas as sub-bacias, com exceção da sub-bacia Macacos - Barrocada - Cabuçu, onde o que predomina é Mata. A prevalência da Área urbanizada é esperada, já que a área de estudo se trata da Região Metropolitana de São Paulo, caracterizada pela alta taxa de urbanização. Contudo, a distribuição dos demais usos nas sub-bacias é heterogêneo, e um estudo para buscar correlações entre as concentrações dos nutrientes e turbidez obtidas, e o percentual existente das classes de uso do solo nas sub-bacias, é interessante pois pode trazer resultados sobre a influência dos tipos de uso de solo na qualidade de águas urbanas.

Dessa forma, seis matrizes foram elaboradas de acordo com a metodologia para testar a correlação dos parâmetros de qualidade de água com os usos do solo, são elas: Usos do Solo X Nitrato (úmido), Usos do Solo X Fosfato (úmido), Usos do Solo X Turbidez (úmido), que estão apresentados na Figura 17; Usos do Solo X Nitrato (seco), Usos do Solo X Fosfato (seco), e Usos do Solo X Turbidez (seco), que estão apresentados na Figura 18. Em cada uma das tabelas, uma escala de cor foi utilizada onde as correlações são representadas por cores azuis e vermelhas com variações de intensidade, sendo azuis intensos cruzamentos de alta correlação positiva, e vermelhos intensos de alta correlação negativa.

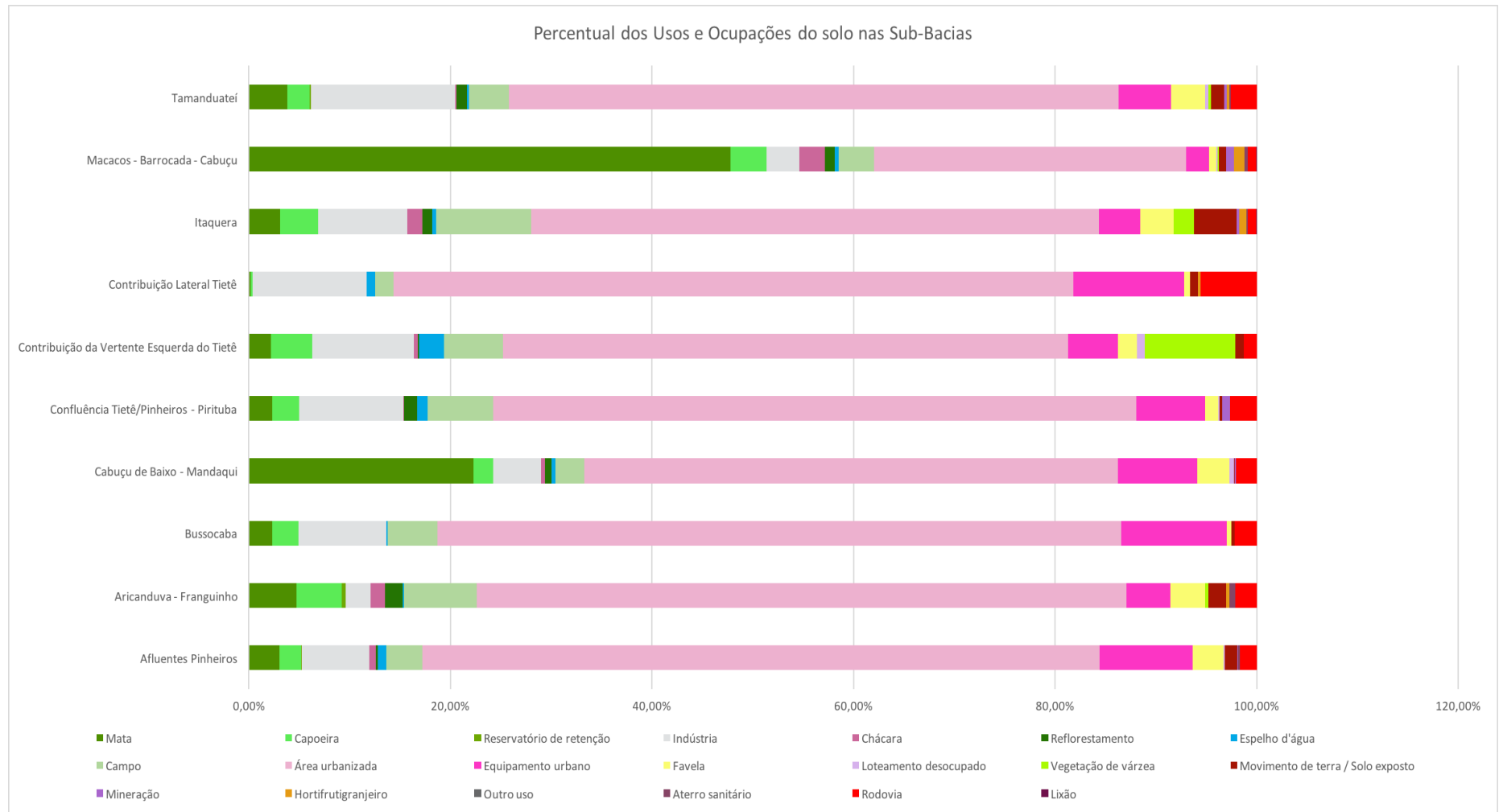


Figura 16. Percentual dos usos e ocupações do solo nas Sub-bacias de interesse

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

<b>Nitrato</b>	<b>Área Urb.</b>	<b>Favela</b>	<b>Lot. Des.</b>	<b>Indus.</b>	<b>Equi. Urb.</b>	<b>Chac.</b>	<b>Miner.</b>	<b>Aterr. San.</b>	<b>Lixão</b>	<b>Reser. Ret.</b>	<b>Mata</b>	<b>Campo</b>	<b>Capoeira</b>	<b>Veg. Várze.</b>	<b>Reflores.</b>	<b>Esp. D'água</b>	<b>MT/Sol. Ex.</b>	<b>Hortifrutg.</b>	<b>Rodovia</b>	<b>Outro uso</b>
Nmax	-0,407	-0,005	0,378	-0,347	-0,363	0,359	0,434	0,406	-0,053	0,324	0,337	0,146	0,546	0,318	0,525	0,401	-0,247	0,125	-0,273	0,375
Nq3	-0,070	0,000	0,816	0,283	-0,117	-0,166	-0,244	-0,323	-0,126	-0,249	-0,202	0,114	0,295	0,976	-0,356	0,903	-0,021	-0,255	-0,241	-0,189
Nmed	-0,270	0,036	0,753	-0,006	-0,245	0,108	0,056	0,030	-0,107	0,024	0,051	0,122	0,470	0,827	0,035	0,847	-0,122	-0,084	-0,296	0,089
Nmediana	-0,269	0,319	0,589	0,234	0,012	0,106	-0,240	-0,202	0,216	-0,284	0,058	-0,177	-0,024	0,568	-0,390	0,490	0,285	0,140	-0,221	0,088
Nq1	0,063	0,217	0,448	0,082	0,168	-0,050	-0,244	-0,070	-0,171	-0,055	-0,171	-0,190	-0,060	0,512	-0,297	0,736	0,037	-0,179	0,019	-0,164
Nmin	-0,335	-0,099	0,023	-0,265	0,165	0,435	0,315	0,186	0,381	0,048	0,179	0,326	0,313	0,310	0,364	0,386	0,255	0,424	0,018	0,109
Np0	-0,335	-0,099	0,023	-0,265	0,165	0,435	0,315	0,186	0,381	0,048	0,179	0,326	0,313	0,310	0,364	0,386	0,255	0,424	0,018	0,109
Np10	-0,227	0,030	0,559	-0,199	-0,006	0,171	-0,070	-0,075	0,059	-0,114	0,038	0,157	0,344	0,758	-0,074	0,836	0,044	-0,017	-0,200	-0,132
Np20	-0,041	-0,053	0,719	0,234	0,162	-0,143	-0,277	-0,235	-0,180	-0,161	-0,190	-0,036	0,138	0,894	-0,343	0,925	-0,061	-0,196	0,016	-0,173
Np30	0,216	0,051	0,587	0,561	0,263	-0,387	-0,401	-0,245	-0,385	-0,102	-0,374	-0,306	-0,201	0,617	-0,501	0,686	-0,097	-0,333	0,212	-0,157
Np40	0,270	0,179	0,430	0,663	0,237	-0,354	-0,397	-0,245	-0,214	-0,126	-0,459	-0,179	-0,224	0,520	-0,479	0,529	0,163	-0,235	0,163	-0,191
Np50	-0,269	0,319	0,589	0,234	0,012	0,106	-0,240	-0,202	0,216	-0,284	0,058	-0,177	-0,024	0,568	-0,390	0,490	0,285	0,140	-0,221	0,088
Np60	-0,490	0,111	0,293	-0,071	-0,016	0,481	0,040	-0,027	0,491	-0,294	0,342	-0,162	0,078	0,370	-0,301	0,389	0,316	0,469	-0,335	0,381
Np70	-0,207	0,100	0,678	0,134	0,161	-0,030	-0,332	-0,385	0,046	-0,415	0,035	-0,265	-0,088	0,689	-0,560	0,716	0,043	-0,052	-0,104	-0,090
Np80	-0,034	0,093	0,870	0,313	-0,114	-0,253	-0,253	-0,380	-0,213	-0,280	-0,208	0,006	0,179	0,914	-0,379	0,902	-0,085	-0,351	-0,210	-0,233
Np90	0,001	0,113	0,765	0,170	-0,235	-0,180	-0,037	-0,127	-0,310	-0,017	-0,210	0,149	0,349	0,813	-0,034	0,894	-0,161	-0,375	-0,216	-0,190
Np100	-0,407	-0,005	0,378	-0,347	-0,363	0,359	0,434	0,406	-0,053	0,324	0,337	0,146	0,546	0,318	0,525	0,401	-0,247	0,125	-0,273	0,375

<b>Fosfato</b>	<b>Área Urb.</b>	<b>Favela</b>	<b>Lot. Des.</b>	<b>Indus.</b>	<b>Equi. Urb.</b>	<b>Chac.</b>	<b>Miner.</b>	<b>Aterr. San.</b>	<b>Lixão</b>	<b>Reser. Ret.</b>	<b>Mata</b>	<b>Campo</b>	<b>Capoeira</b>	<b>Veg. Várze.</b>	<b>Reflores.</b>	<b>Esp. D'água</b>	<b>MT/Sol. Ex.</b>	<b>Hortifrutg.</b>	<b>Rodovia</b>	<b>Outro uso</b>
Fmax	-0,306	0,309	-0,212	-0,365	-0,508	0,303	0,544	0,453	0,098	0,368	0,454	0,062	0,182	-0,632	0,754	-0,668	-0,104	0,218	-0,251	0,424
Fq3	0,193	-0,080	-0,136	0,317	-0,171	-0,274	-0,109	-0,430	0,179	-0,354	-0,259	0,348	0,011	-0,014	-0,204	-0,288	0,230	-0,125	-0,167	-0,310
Fmed	-0,372	-0,032	-0,175	-0,179	-0,535	0,239	0,509	-0,013	0,400	-0,129	0,393	0,324	0,283	-0,346	0,417	-0,572	0,046	0,278	-0,425	0,284
Fmediana	-0,172	0,143	0,437	0,456	-0,156	0,050	-0,114	-0,266	0,409	-0,297	-0,179	0,404	0,305	0,707	-0,186	0,378	0,536	0,194	-0,328	-0,047
Fq1	-0,517	0,115	-0,260	-0,062	-0,176	0,662	0,401	0,091	0,969	-0,225	0,322	0,448	0,293	-0,008	0,227	-0,227	0,770	0,824	-0,415	0,383
Fmin	-0,243	-0,442	-0,062	-0,343	0,137	0,199	0,114	-0,097	0,248	-0,153	0,203	0,278	0,252	0,188	0,100	0,105	-0,044	0,204	0,022	-0,049
Fp0	-0,243	-0,442	-0,062	-0,343	0,137	0,199	0,114	-0,097	0,248	-0,153	0,203	0,278	0,252	0,188	0,100	0,105	-0,044	0,204	0,022	-0,049
Fp10	-0,077	0,326	-0,270	0,070	-0,147	0,325	0,089	-0,028	0,746	-0,164	-0,142	0,678	0,272	0,100	0,172	-0,130	0,904	0,434	-0,343	-0,159
Fp20	-0,274	0,230	-0,285	0,011	-0,143	0,488	0,227	0,018	0,877	-0,204	0,059	0,594	0,280	0,054	0,193	-0,174	0,878	0,629	-0,372	0,073
Fp30	-0,394	0,197	-0,259	0,076	-0,132	0,543	0,327	0,061	0,907	-0,198	0,180	0,470	0,229	-0,006	0,220	-0,240	0,827	0,744	-0,341	0,278
Fp40	-0,301	0,167	0,114	0,271	-0,063	0,349	0,101	-0,110	0,731	-0,274	-0,033	0,495	0,297	0,474	0,005	0,217	0,781	0,528	-0,314	0,081
Fp50	-0,172	0,143	0,437	0,456	-0,156	0,050	-0,114	-0,266	0,409	-0,297	-0,179	0,404	0,305	0,707	-0,186	0,378	0,536	0,194	-0,328	-0,047
Fp60	-0,077	0,206	0,619	0,592	-0,225	-0,214	-0,120	-0,372	0,127	-0,289	-0,240	0,277	0,197	0,675	-0,167	0,376	0,292	-0,074	-0,260	-0,126
Fp70	0,225	-0,181	0,130	0,442	-0,177	-0,411	-0,241	-0,457	-0,068	-0,320	-0,311	0,197	0,036	0,220	-0,368	-0,066	0,003	-0,292	-0,139	-0,269
Fp80	0,215	-0,123	-0,016	0,260	-0,179	-0,419	-0,157	-0,478	-0,072	-0,340	-0,196	0,135	-0,091	-0,078	-0,253	-0,298	-0,080	-0,320	-0,097	-0,320
Fp90	-0,542	-0,224	-0,218	-0,556	-0,413	0,465	0,668	0,212	0,333	0,019	0,654	0,161	0,331	-0,402	0,555	-0,433	-0,212	0,385	-0,322	0,476
Fp100	-0,306	0,309	-0,212	-0,365	-0,508	0,303	0,544	0,453	0,098	0,368	0,454	0,062	0,182	-0,632	0,754	-0,668	-0,104	0,218	-0,251	0,424

<b>Turbidez</b>	<b>Área Urb.</b>	<b>Favela</b>	<b>Lot. Des.</b>	<b>Indus.</b>	<b>Equi. Urb.</b>	<b>Chac.</b>	<b>Miner.</b>	<b>Aterr. San.</b>	<b>Lixão</b>	<b>Reser. Ret.</b>	<b>Mata</b>	<b>Campo</b>	<b>Capoeira</b>	<b>Veg. Várze.</b>	<b>Reflores.</b>	<b>Esp. D'água</b>	<b>MT/Sol. Ex.</b>	<b>Hortifrutg.</b>	<b>Rodovia</b>	<b>Outro uso</b>
Tmax	-0,709	0,010	0,362	-0,345	-0,353	0,316	0,621	-0,078	0,161	-0,273	0,784	-0,362	0,001	-0,174	0,231	-0,010	-0,421	0,231	-0,315	0,560
Tq3	-0,741	-0,155	0,766	-0,040	-0,327	0,284	0,435	-0,258	0,276	-0,421	0,534	-0,026	0,342	0,615	0,015	0,581	-0,197	0,250	-0,430	0,433
Tmed	-0,802	-0,157	0,647	-0,055	-0,367	0,338	0,634	-0,140	0,256	-0,340	0,666	-0,155	0,259	0,351	0,157	0,386	-0,299	0,326	-0,389	0,638
Tmediana	-0,742	-0,271	0,700	0,017	-0,275	0,315	0,479	-0,164	0,245	-0,345	0,548	-0,094	0,330	0,575	0,013	0,555	-0,250	0,314	-0,358	0,576
Tq1	-0,032	0,319	0,392	0,449	-0,394	-0,221	0,391	0,071	-0,267	0,174	-0,058	0,000	0,064	0,024	0,414	0,048	-0,164	-0,184	-0,086	0,202
Tmin	0,066	-0,267	0,111	0,384	0,034	-0,015	0,181	-0,371	0,252	-0,448	-0,307	0,333	0,151	0,552	-0,304	0,701	0,291	0,030	-0,154	-0,151
Tp0	0,066	-0,267	0,111	0,384	0,034	-0,015	0,181	-0,371	0,252	-0,448	-0,307	0,333	0,151	0,552	-0,304	0,701	0,291	0,030	-0,154	-0,151
Tp10	-0,557	0,245	0,769	-0,037	-0,474	0,204	0,245	-0,257	0,200	-0,397	0,397	-0,099	0,231	0,506	-0,106	0,528	-0,060	0,065	-0,585	0,262
Tp20	0,017	0,245	0,482	0,550	-0,422	-0,303	0,264	-0,026	-0,296	0,107	-0,148	0,045	0,120	0,189	0,259	0,127	-0,163	-0,257	-0,137	0,141
Tp30	-0,803	-0,326	0,138	-0,109	-0,262	0,559	0,757	0,152	0,419	-0,154	0,767	-0,209	0,190	-0,075	0,248	-0,056	-0,204	0,642	-0,274	0,945
Tp40	-0,768	-0,290	0,519	0,050	-0,301	0,346	0,697	-0,084	0,271	-0,294	0,629	-0,144	0,245	0,292	0,173	0,320	-0,289	0,403	-0,301	0,733
Tp50	-0,742	-0,271	0,700	0,017	-0,275	0,315	0,479	-0,164	0,245	-0,345	0,548	-0,094	0,330	0,575	0,013	0,555	-0,250	0,314	-0,358	0,576
Tp60	-0,556	-0,203	0,800	0,158	-0,264	0,125	0,368	-0,249	0,098	-0,337	0,317	-0,005	0,335	0,725	-0,025	0,718	-0,234	0,107	-0,316	0,351
Tp70	-0,624	-0,229	0,772	0,032	-0,282	0,229	0,354	-0,188	0,159	-0,312	0,397	0,008	0,401	0,727	-0,019	0,695	-0,222	0,179	-0,370	0,400
Tp80	-0,722	-0,154	0,800	-0,058	-0,328	0,239	0,413	-0,257	0,182	-0,402	0,548	-0,114	0,299	0,586	-0,009	0,585	-0,297	0,181	-0,407	0,436
Tp90	-0,578	0,141	0,816	0,209	-0,363	0,043	0,390	-0,226	0,037	-0,283	0,418	-0,216	0,105	0,388	0,094	0,364	-0,260	0,067	-0,304	0,416
Tp100	-0,709	0,010	0,362	-0,345	-0,353	0,316	0,621	-0,078	0,161	-0,273	0,784	-0,362	0,001	-0,174	0,231	-0,010	-0,421	0,231	-0,315	0,560

Figura 17. Matrizes de correlação entre uso do solo e medidas estatísticas dos parâmetros de qualidade de água no período úmido

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

### *A) Período úmido*

#### 1) Usos do Solo X Nitrato

As classes de uso do solo que, de modo geral, mais se correlacionaram com as medidas estatísticas do nitrato no período úmido foram a de Vegetação de Várzea e Espelho D'água, nas quais foram obtidos valores de altíssima correlação com variações entre 0,72 e 0,93. Dentre as medidas estatísticas, o '3º quartil' do nitrato teve sua maior correlação com o uso de Vegetação de Várzea (0,98), e o 'percentil 20%' do nitrato com o de Espelho D'água (0,93).

#### 2) Usos do Solo X Fosfato

Em relação ao fosfato, os usos de solo que possuem as maiores correlações, de modo geral, são Lixão e Movimento de Terra/Solo Exposto, que contam com altíssimas correlações variando de 0,73 a 0,97. Dentre as medidas estatísticas, o '1º quartil' do fosfato possui a maior correlação com o uso Lixão (0,97), e o 'percentil 10%' com o uso de Movimento de Terra/Solo Exposto (0,90).

#### 3) Usos do Solo X Turbidez

Por fim, em relação ao parâmetro da turbidez, os usos de solo que, de modo geral, possuem as maiores correlações no período úmido são Área Urbanizada e Loteamento Desocupado, os quais possuem altas correlações variando entre -0,71 e -0,80, e entre 0,70 e 0,82, respectivamente. Dentre as medidas estatísticas, o 'percentil 30%' da turbidez possui a maior correlação com o uso de Área Urbanizada (-0,80), e o 'percentil 90%' com o de Loteamento Desocupado (0,82). Além disso, é necessário destacar uma única, porém significativa correlação de Outro uso com o 'percentil 30%' da turbidez (0,95).

Nitrato	Área Urb.	Favela	Lot. Des.	Indus.	Equi. Urb.	Chac.	Miner.	Aterr. San.	Lixão	Reser. Ret.	Mata	Campo	Capoeira	Veg. Várze.	Reflores.	Esp. D'água	MT/Sol. Ex.	Hortfrutg.	Rodovia	Outro uso
Nmax	0,315	0,592	-0,179	-0,452	-0,164	0,120	-0,412	0,680	-0,329	0,747	-0,148	-0,025	0,142	-0,236	0,247	-0,212	0,087	-0,203	-0,079	-0,138
Nq3	0,246	0,246	0,292	0,395	0,288	-0,472	-0,477	-0,137	-0,517	0,045	-0,152	-0,685	-0,589	-0,106	-0,400	-0,085	-0,292	-0,359	0,385	-0,057
Nmed	0,278	0,570	0,050	-0,179	0,047	-0,152	-0,540	0,427	-0,512	0,577	-0,084	-0,438	-0,241	-0,294	0,027	-0,302	-0,154	-0,306	0,181	-0,086
Nmediana	-0,119	-0,341	0,120	0,330	0,646	-0,242	-0,157	-0,311	-0,190	-0,293	0,217	-0,844	-0,735	-0,184	-0,495	-0,093	-0,414	0,069	0,607	0,277
Nq1	0,266	-0,130	-0,082	0,462	-0,115	-0,381	-0,153	-0,128	-0,248	0,003	-0,216	-0,107	-0,155	-0,195	-0,205	-0,404	-0,160	-0,225	0,064	0,034
Nmin	0,062	-0,542	-0,259	0,298	0,071	-0,002	0,121	0,019	0,139	0,021	-0,165	0,340	0,229	0,118	0,026	-0,096	0,082	0,192	0,101	0,133
Np0	0,062	-0,542	-0,259	0,298	0,071	-0,002	0,121	0,019	0,139	0,021	-0,165	0,340	0,229	0,118	0,026	-0,096	0,082	0,192	0,101	0,133
Np10	0,287	-0,467	-0,277	0,057	-0,031	-0,274	-0,258	-0,240	-0,166	-0,164	-0,161	0,000	-0,046	-0,146	-0,412	-0,291	-0,238	-0,253	-0,005	-0,159
Np20	0,300	-0,367	-0,219	0,225	-0,068	-0,338	-0,235	-0,213	-0,211	-0,109	-0,196	-0,043	-0,094	-0,177	-0,360	-0,359	-0,225	-0,261	0,022	-0,093
Np30	0,120	0,156	0,172	0,366	-0,163	-0,424	-0,158	-0,185	-0,314	-0,021	-0,044	-0,285	-0,277	-0,249	-0,101	-0,447	-0,262	-0,293	0,059	0,016
Np40	-0,527	-0,033	0,321	-0,014	-0,291	0,094	0,203	-0,084	0,051	-0,170	0,599	-0,444	-0,093	-0,199	-0,020	-0,381	-0,377	0,181	-0,202	0,573
Np50	-0,119	-0,341	0,120	0,330	0,646	-0,242	-0,157	-0,311	-0,190	-0,293	0,217	-0,844	-0,735	-0,184	-0,495	-0,093	-0,414	0,069	0,607	0,277
Np60	0,011	-0,285	0,103	0,223	0,800	-0,329	-0,292	-0,367	-0,261	-0,285	0,099	-0,787	-0,788	-0,145	-0,488	0,006	-0,390	-0,059	0,734	-0,002
Np70	0,156	0,036	0,176	0,414	0,522	-0,433	-0,369	-0,141	-0,439	0,025	-0,059	-0,728	-0,684	-0,194	-0,322	-0,176	-0,333	-0,190	0,617	0,045
Np80	0,225	0,325	0,241	0,217	0,250	-0,431	-0,480	-0,040	-0,546	0,150	-0,072	-0,691	-0,573	-0,236	-0,271	-0,222	-0,339	-0,368	0,382	-0,069
Np90	0,232	0,540	0,233	0,072	0,037	-0,327	-0,451	0,048	-0,483	0,202	-0,078	-0,558	-0,434	-0,238	-0,185	-0,192	-0,212	-0,392	0,153	-0,125
Np100	0,315	0,592	-0,179	-0,452	-0,164	0,120	-0,412	0,680	-0,329	0,747	-0,148	-0,025	0,142	-0,236	0,247	-0,212	0,087	-0,203	-0,079	-0,138

Fosfato	Área Urb.	Favela	Lot. Des.	Indus.	Equi. Urb.	Chac.	Miner.	Aterr. San.	Lixão	Reser. Ret.	Mata	Campo	Capoeira	Veg. Várze.	Reflores.	Esp. D'água	MT/Sol. Ex.	Hortfrutg.	Rodovia	Outro uso
Fmax	0,051	-0,101	-0,833	-0,457	0,184	0,233	0,205	0,181	0,235	0,061	0,214	-0,046	-0,263	-0,853	0,207	-0,699	0,065	0,253	0,177	0,038
Fq3	0,552	-0,583	-0,450	0,505	0,600	-0,540	0,094	-0,370	-0,273	-0,195	-0,215	0,023	-0,450	-0,208	-0,146	0,037	-0,172	-0,274	0,705	-0,383
Fmed	0,452	-0,661	-0,655	0,308	0,570	-0,377	-0,020	-0,276	-0,143	-0,179	-0,316	-0,092	-0,469	-0,433	-0,264	-0,316	-0,169	-0,107	0,621	-0,209
Fmediana	0,400	-0,567	-0,381	0,174	0,310	-0,368	-0,366	-0,276	-0,227	-0,166	-0,259	-0,146	-0,280	-0,198	-0,520	-0,280	-0,241	-0,240	0,309	-0,215
Fq1	0,287	-0,446	-0,307	0,059	-0,041	-0,268	-0,238	-0,221	-0,158	-0,147	-0,153	-0,004	-0,060	-0,196	-0,384	-0,342	-0,229	-0,240	-0,002	-0,142
Fmin	0,430	0,035	-0,455	0,079	-0,093	-0,185	0,011	0,106	0,009	0,263	-0,460	0,683	0,240	-0,168	0,421	-0,340	0,302	-0,145	0,069	-0,446
Fp0	0,430	0,035	-0,455	0,079	-0,093	-0,185	0,011	0,106	0,009	0,263	-0,460	0,683	0,240	-0,168	0,421	-0,340	0,302	-0,145	0,069	-0,446
Fp10	0,278	-0,439	-0,318	0,031	-0,060	-0,250	-0,226	-0,210	-0,145	-0,143	-0,139	0,010	-0,044	-0,207	-0,368	-0,352	-0,224	-0,233	-0,023	-0,139
Fp20	0,289	-0,462	-0,291	0,058	-0,030	-0,273	-0,252	-0,234	-0,163	-0,159	-0,159	-0,003	-0,055	-0,167	-0,404	-0,311	-0,235	-0,248	0,001	-0,154
Fp30	0,297	-0,421	-0,255	0,140	-0,049	-0,308	-0,248	-0,228	-0,189	-0,137	-0,179	-0,022	-0,072	-0,168	-0,389	-0,332	-0,233	-0,259	0,010	-0,127
Fp40	0,297	-0,415	-0,234	0,159	-0,055	-0,317	-0,252	-0,231	-0,127	-0,136	-0,186	-0,023	-0,068	-0,150	-0,392	-0,320	-0,235	-0,265	0,007	-0,125
Fp50	0,400	-0,567	-0,381	0,174	0,310	-0,368	-0,366	-0,276	-0,227	-0,166	-0,259	-0,146	-0,280	-0,198	-0,520	-0,280	-0,241	-0,240	0,309	-0,215
Fp60	0,420	-0,565	-0,380	0,244	0,366	-0,406	-0,373	-0,300	-0,244	-0,181	-0,281	-0,196	-0,350	-0,214	-0,548	-0,283	-0,242	-0,242	0,369	-0,210
Fp70	0,483	-0,674	-0,436	0,429	0,708	-0,519	-0,251	-0,406	-0,285	-0,259	-0,363	-0,303	-0,605	-0,262	-0,522	-0,161	-0,271	-0,221	0,719	-0,258
Fp80	0,564	-0,600	-0,456	0,470	0,706	-0,561	0,011	-0,303	-0,387	-0,114	-0,468	-0,166	-0,562	-0,290	-0,191	-0,018	-0,292	-0,292	0,827	-0,322
Fp90	0,356	-0,544	-0,744	0,297	0,504	-0,196	0,314	-0,038	-0,062	-0,014	-0,233	-0,049	-0,415	-0,566	0,060	-0,317	-0,093	0,067	0,614	0,005
Fp100	0,051	-0,101	-0,833	-0,457	0,184	0,233	0,205	0,181	0,235	0,061	0,214	-0,046	-0,263	-0,853	0,207	-0,699	0,065	0,253	0,177	0,038

Turbidez	Área Urb.	Favela	Lot. Des.	Indus.	Equi. Urb.	Chac.	Miner.	Aterr. San.	Lixão	Reser. Ret.	Mata	Campo	Capoeira	Veg. Várze.	Reflores.	Esp. D'água	MT/Sol. Ex.	Hortfrutg.	Rodovia	Outro uso
Tmax	-0,438	0,099	0,067	-0,526	-0,207	0,341	0,253	0,013	0,125	-0,200	0,623	-0,463	-0,136	-0,324	-0,065	-0,086	-0,280	0,153	-0,292	0,366
Tq3	-0,791	-0,194	0,222	-0,546	-0,181	0,448	0,431	-0,075	0,276	-0,332	0,925	-0,477	-0,043	-0,217	0,014	-0,131	-0,432	0,380	-0,269	0,622
Tmed	-0,746	-0,134	0,208	-0,567	-0,180	0,438	0,398	-0,025	0,220	-0,274	0,904	-0,523	-0,072	-0,256	0,015	-0,136	-0,445	0,342	-0,257	0,611
Tmediana	-0,877	-0,223	0,235	-0,583	-0,162	0,587	0,361	0,073	0,359	-0,217	0,970	-0,432	0,085	-0,107	0,034	-0,130	-0,346	0,531	-0,293	0,742
Tq1	-0,279	-0,233	0,310	-0,289	0,102	-0,105	0,050	-0,032	-0,468	-0,007	0,524	-0,790	-0,334	-0,253	-0,102	-0,072	-0,869	-0,178	0,228	0,343
Tmin	-0,074	-0,692	0,152	0,272	0,311	-0,354	0,223	-0,304	-0,381	-0,202	0,150	-0,424	-0,306	-0,057	-0,121	0,044	-0,732	-0,155	0,479	0,212
Tp0	-0,074	-0,692	0,152	0,272	0,311	-0,354	0,223	-0,304	-0,381	-0,202	0,150	-0,424	-0,306	-0,057	-0,121	0,044	-0,732	-0,155	0,479	0,212
Tp10	0,171	-0,248	0,303	-0,022	0,238	-0,479	-0,197	-0,108	-0,825	0,091	0,066	-0,739	-0,425	-0,136	-0,239	0,110	-0,924	-0,563	0,442	-0,015
Tp20	-0,283	-0,307	0,433	-0,248	0,123	-0,121	0,001	-0,070	-0,501	-0,038	0,480	-0,772	-0,268	-0,052	-0,187	0,129	-0,894	-0,212	0,216	0,324
Tp30	-0,868	-0,360	0,238	-0,432	-0,099	0,573	0,459	0,117	0,303	-0,179	0,937	-0,484	0,073	-0,065	0,033	-0,037	-0,411	0,565	-0,201	0,872
Tp40	-0,923	-0,265	0,226	-0,508	-0,135	0,662	0,455	0,143	0,421	-0,181	0,970	-0,399	0,131	-0,051	0,085	-0,060	-0,285	0,641	-0,275	0,853
Tp50	-0,877	-0,223	0,235	-0,583	-0,162	0,587	0,361	0,073	0,359	-0,217	0,970	-0,432	0,085	-0,107	0,034	-0,130	-0,346	0,531	-0,293	0,742
Tp60	-0,838	-0,254	0,223	-0,583	-0,160	0,546	0,290	0,015	0,339	-0,269	0,948	-0,461	0,055	-0,111	-0,070	-0,143	-0,367	0,482	-0,309	0,700
Tp70	-0,761	-0,148	0,262	-0,579	-0,173	0,434	0,258	-0,043	0,230	-0,279	0,905	-0,517	-0,035	-0,174	-0,068	-0,155	-0,428	0,343	-0,281	0,590
Tp80	-0,732	-0,116	0,233	-0,558	-0,216	0,414	0,356	-0,036	0,195	-0,275	0,895	-0,532	-0,066	-0,249	-0,017	-0,154	-0,458	0,307	-0,287	0,601
Tp90	-0,602	0,045	0,249	-0,522	-0,190	0,270	0,286	-0,125	0,128	-0,291	0,766	-0,482	-0,150	-0,280	0,020	-0,162	-0,410	0,161	-0,231	0,374
Tp100	-0,438	0,099	0,067	-0,526	-0,207	0,341	0,253	0,013	0,125	-0,200	0,623	-0,463	-0,136	-0,324	-0,065	-0,086	-0,280	0,153	-0,292	0,366

Figura 18. Matrizes de correlação entre uso do solo e medidas estatísticas dos parâmetros de qualidade de água no período seco

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

## B) *Período seco*

### 1) Usos do Solo X Nitrato

As classes de uso do solo que, de modo geral, mais se correlacionaram com as medidas estatísticas do nitrato no período seco foram a de Campo e Capoeira, nas quais foram obtidos valores de alta correlação com variações entre -0,73 e -0,84. Dentre as medidas estatísticas, a mediana do nitrato teve sua maior correlação com o uso de Campo (-0,84), e o ‘percentil 60%’ do nitrato com o uso Capoeira (-0,79).

### 2) Usos do Solo X Fosfato

Em relação ao fosfato, os usos de solo que possuem as maiores correlações no período seco, de modo geral, são Loteamento Desocupado e Rodovia, que contam com altas correlações variando de -0,74 a -0,83 e 0,71 a 0,83, respectivamente. Dentre as medidas estatísticas, o ‘valor máximo’ do fosfato possui a maior correlação com o uso Loteamento Desocupado (-0,83), e o ‘percentil 80%’ com o uso de Rodovia (0,83). Além disso, é necessário destacar uma única, porém significativa correlação de Vegetação de Várzea com o ‘valor máximo’ do fosfato (-0,85).

### 3) Usos do Solo X Turbidez

Por fim, em relação ao parâmetro da turbidez, os usos de solo que, de modo geral, possuem as maiores correlações no período seco são Área Urbanizada e Mata, os quais possuem altas correlações variando entre -0,73 e -0,92, e entre 0,77 e 0,97, respectivamente. Dentre as medidas estatísticas, o ‘percentil 40%’ da turbidez possui a maior correlação com o uso de Área Urbanizada (-0,92), e a ‘mediana’ da turbidez com o de Mata (0,97). Além disso, é necessário destacar uma significativa correlação geral da classe de Movimento de Terra/Solo Exposto, porém ainda assim inferior aos outros dois usos (-0,92).

### 5.2.4. Regressão linear simples entre variáveis de alta correlação

Após a realização dos estudos de correlação entre os usos do solo e os parâmetros de qualidade, foram destacadas as mais altas correlações entre as variáveis. Uma vez definidas, foi executada a regressão linear simples, com o objetivo de alisar o  $R^2$  e obter modelos empíricos que representem a influência de determinado uso de solo em um parâmetro de qualidade de água específico deste estudo.

#### A) Período úmido

#### 1) Nitrato

##### 1.1) '3º quartil' e Vegetação de Várzea

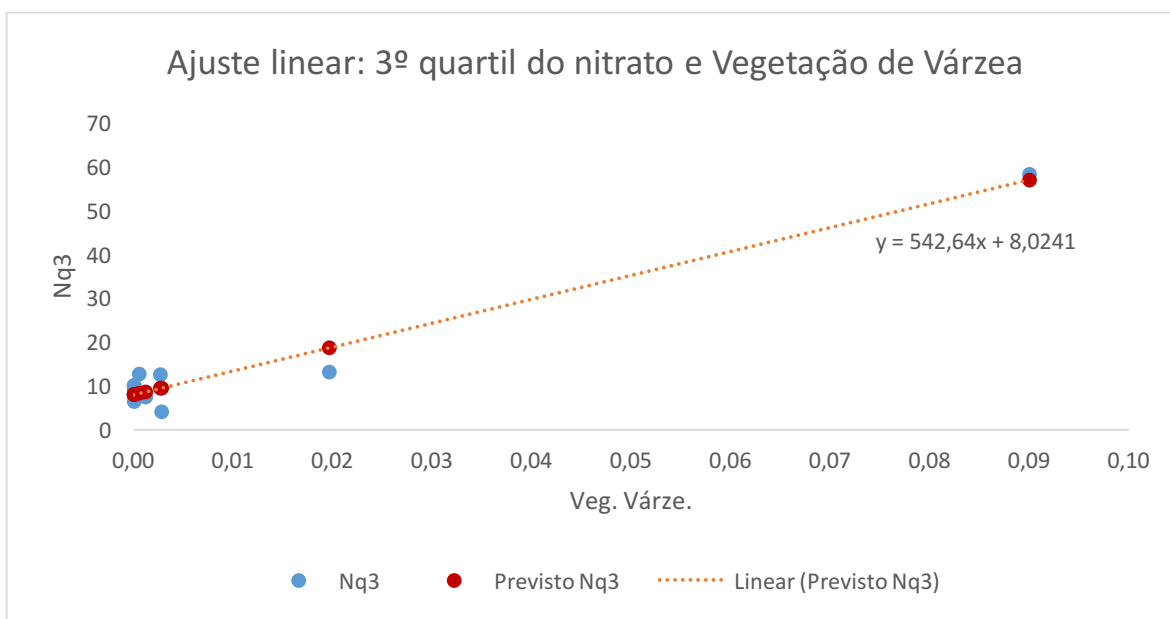


Figura 19. Ajuste linear da variável dependente '3º quartil do nitrato' e da variável independente Vegetação de Várzea no período úmido

**Fonte:** Elaborado pelo autor, 2016.

O ajuste linear entre as variáveis acima foi realizado e foram obtidas as estatísticas de regressão. O valor de  $R^2$  foi de 0,95 e o Erro padrão 3,61. O valor de  $R^2$  revela a porcentagem da variação da variável dependente explicada pela variável independente. Dessa forma, neste ajuste linear empírico, 95% das variações de nitrato (3º quartil) podem ser explicadas pelo



uso do solo de Vegetação de Várzea, e por se tratar de uma altíssima correlação, nos permite definir o modelo empírico para as variáveis em questão como:

$$y = 542,64x + 8,0241$$

Sendo  $y = 3^{\circ}$  quartil do nitrato

$x =$  Vegetação de Várzea

### 1.2) 'Percentil 20%' e Espelho D'água

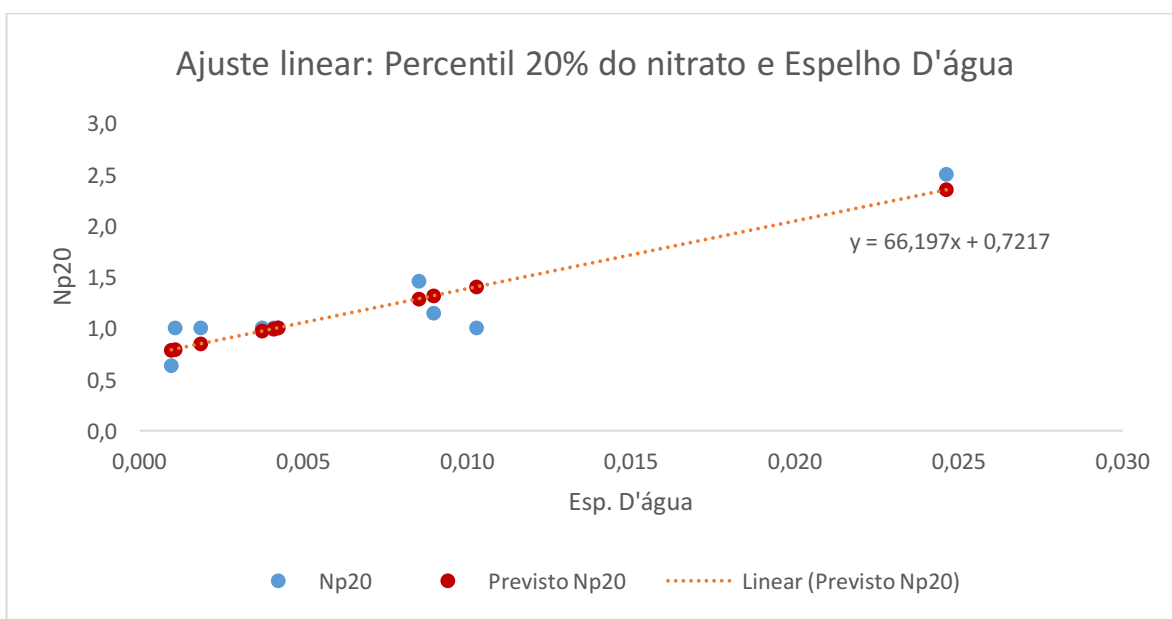


Figura 20. Ajuste linear da variável dependente 'Percentil 20% do nitrato' e da variável independente Espelho D'água no período úmido

**Fonte:** Elaborado pelo autor, 2016.

O ajuste linear entre as variáveis acima foi realizado e foram obtidas as estatísticas de regressão. O valor de  $R^2$  foi de 0,86 e o Erro padrão 0,20. Neste ajuste linear empírico, 86% das variações de nitrato (Percentil 20%) podem ser explicadas pelo uso do solo de Espelho D'água, e por se tratar de uma alta correlação, nos permite definir o modelo empírico para as variáveis em questão como:

$$y = 66,197x + 0,7217$$

Sendo  $y$  = Percentil 20% do nitrato

$x$  = Espelho D'água

## 2) Fosfato

### 2.1) '1º quartil' e Lixão

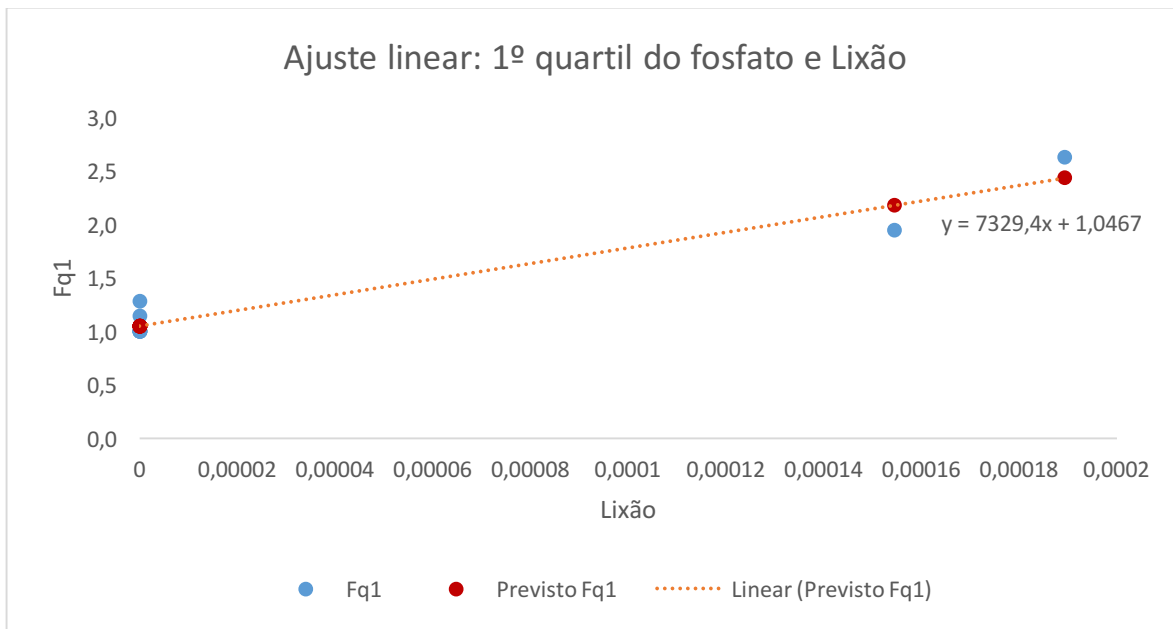


Figura 21. Ajuste linear da variável dependente '1º quartil do fosfato' e da variável independente Lixão no período úmido

**Fonte:** Elaborado pelo autor, 2016.

O ajuste linear entre as variáveis acima foi realizado e foram obtidas as estatísticas de regressão. O valor de  $R^2$  foi de 0,94 e o Erro padrão 0,14. Neste ajuste linear empírico, 94% das variações de fosfato (1º quartil) podem ser explicadas pelo uso do solo de Lixão, e por se tratar de uma altíssima correlação, nos permite definir o modelo empírico para as variáveis em questão como:

$$y = 7329,4x + 1,0467$$

Sendo  $y$  = 1º quartil do fosfato

$x$  = Lixão

## 2.2) 'Percentil 10%' e Movimento de Terra/Solo Exposto

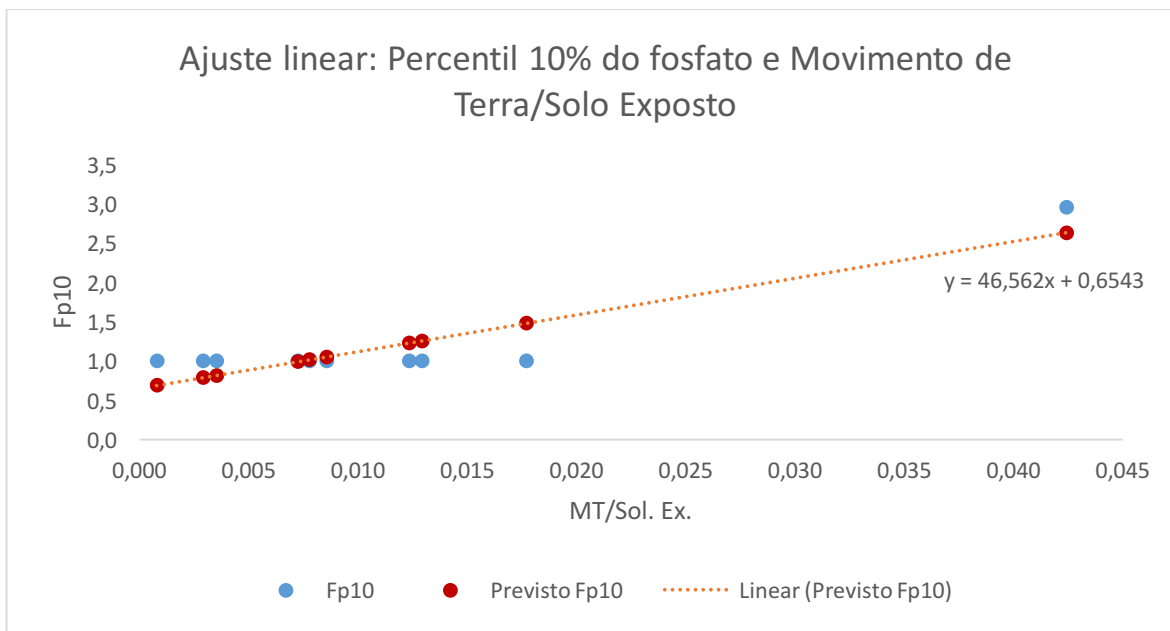


Figura 22. Ajuste linear da variável dependente 'Percentil 10% do fosfato' e da variável independente Movimento de Terra/Solo Exposto no período úmido

**Fonte:** Elaborado pelo autor, 2016.

O ajuste linear entre as variáveis acima foi realizado e foram obtidas as estatísticas de regressão. O valor de  $R^2$  foi de 0,82 e o Erro padrão 0,28. Em relação a este ajuste linear empírico, 82% das variações de fosfato (Percentil 10%) podem ser explicadas pelo uso do solo de Movimento de Terra/Solo Exposto, e por se tratar de uma alta correlação, nos permite definir o modelo empírico para as variáveis em questão como:

$$y = 46,562x + 0,6543$$

Sendo  $y$  = Percentil 10% do fosfato

$x$  = Movimento de Terra/Solo Exposto

### 3) Turbidez

#### 3.1) 'Percentil 30%' e Área Urbanizada

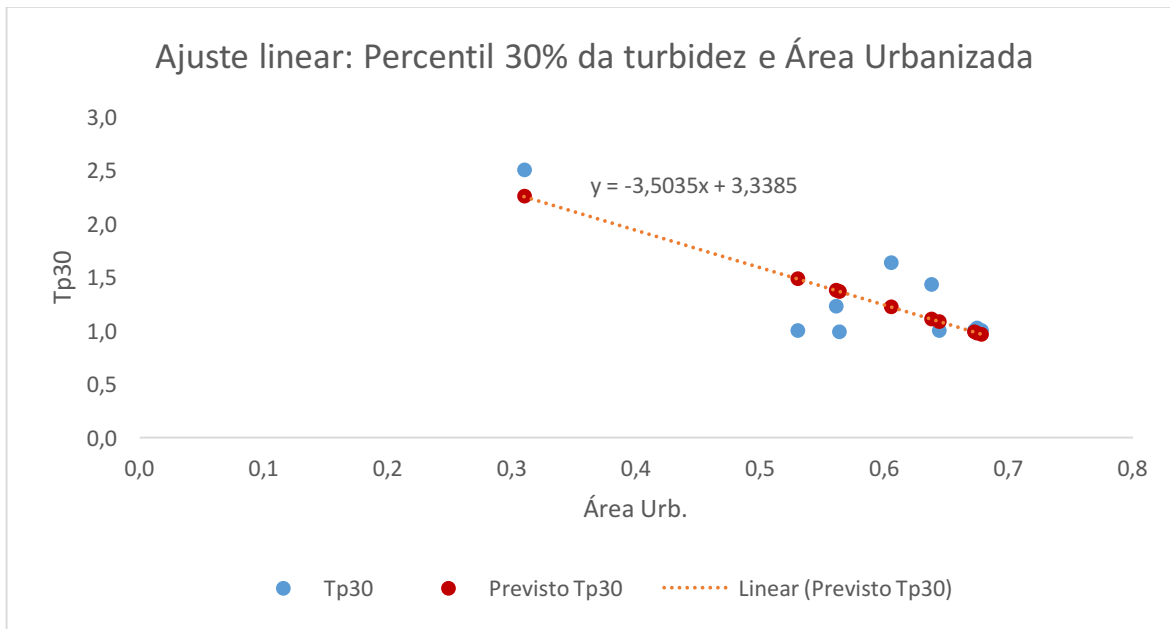


Figura 23. Ajuste linear da variável dependente 'Percentil 30% da turbidez' e da variável independente Área Urbanizada no período úmido

**Fonte:** Elaborado pelo autor, 2016.

O ajuste linear entre as variáveis acima foi realizado e foram obtidas as estatísticas de regressão. O valor de  $R^2$  foi de 0,65 e o Erro padrão 0,31. Neste ajuste linear empírico, 65% das variações da turbidez (Percentil 30%) podem ser explicadas pelo uso do solo de Área Urbanizada, e por se tratar de uma considerável correlação, nos permite definir o modelo empírico para as variáveis em questão como:

$$y = -3,5035x + 3,3385$$

Sendo  $y$  = Percentil 30% da turbidez

$x$  = Área Urbanizada

## 3.2) 'Percentil 90%' e Loteamento Desocupado

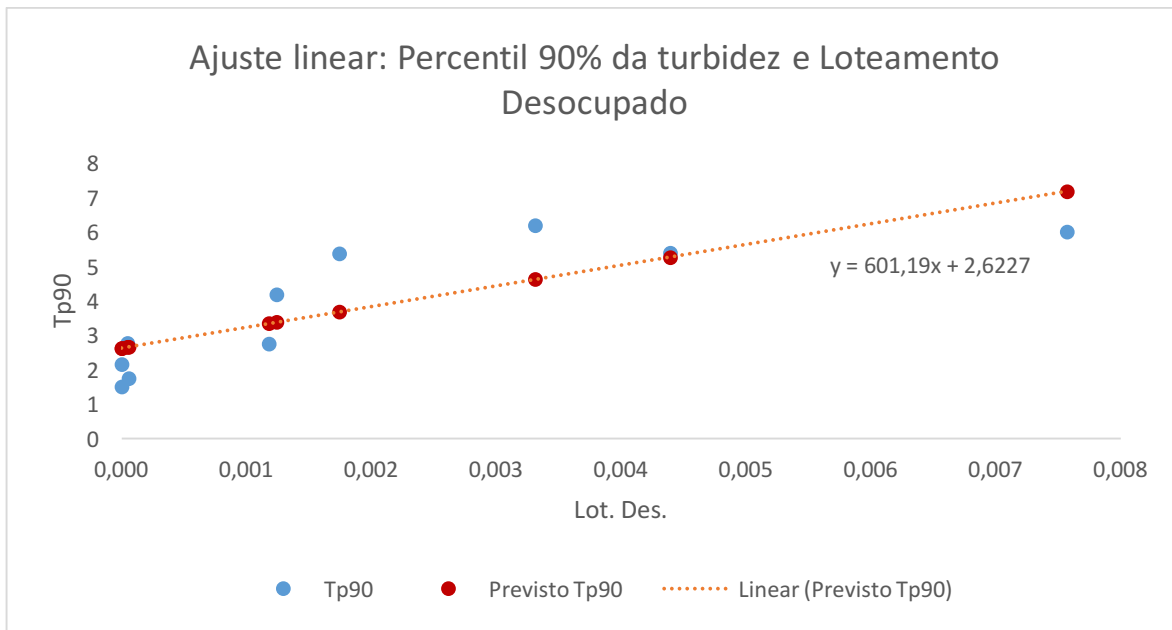


Figura 24. Ajuste linear da variável dependente 'Percentil 90% da turbidez' e da variável independente Loteamento Desocupado no período úmido

**Fonte:** Elaborado pelo autor, 2016.

O ajuste linear entre as variáveis acima foi realizado e foram obtidas as estatísticas de regressão. O valor de  $R^2$  foi de 0,67 e o Erro padrão 1,11. Analisando esse ajuste linear empírico, 67% das variações da turbidez (Percentil 90%) podem ser explicadas pelo uso do solo de Loteamento Desocupado, e por se tratar de uma considerável correlação, nos permite definir o modelo empírico para as variáveis em questão como:

$$y = 601,19x + 2,6227$$

Sendo  $y$  = Percentil 90% da turbidez

$x$  = Loteamento Desocupado

B) *Período seco*

1) **Nitrato**

1.1) Mediana e Campo

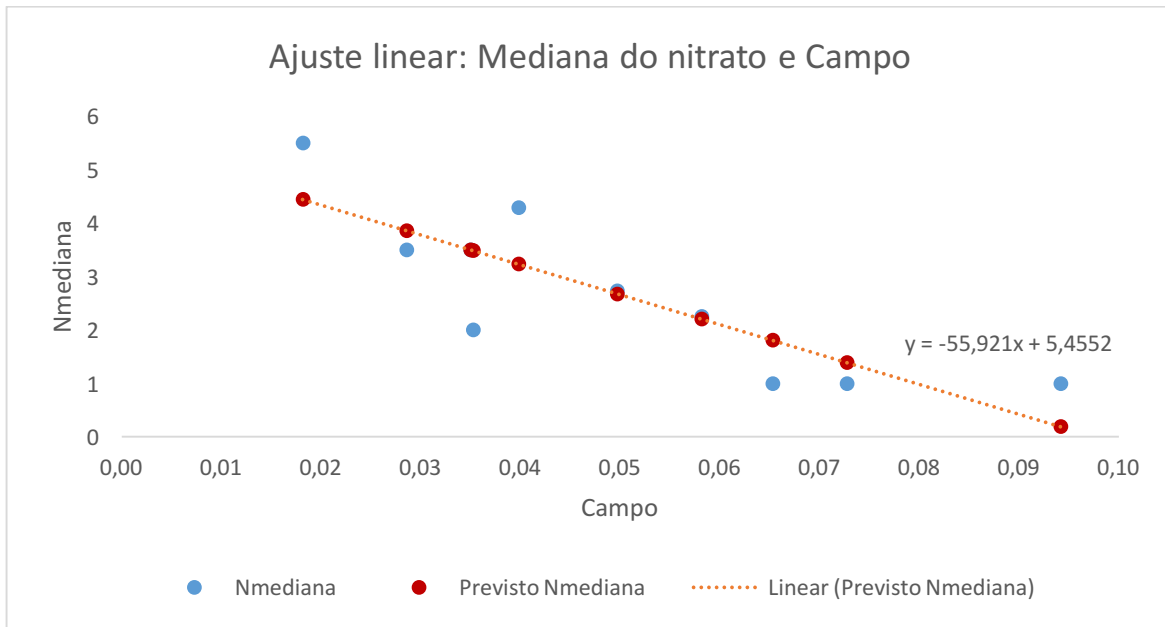


Figura 25. Ajuste linear da variável dependente 'Mediana do nitrato' e da variável independente Campo no período seco

**Fonte:** Elaborado pelo autor, 2016.

O ajuste linear entre as variáveis acima foi realizado e foram obtidas as estatísticas de regressão. O valor de  $R^2$  foi de 0,71 e o Erro padrão 0,87. O valor de  $R^2$  revela a porcentagem da variação da variável dependente explicada pela variável independente. Dessa forma, neste ajuste linear empírico, 71% das variações de nitrato (mediana) podem ser explicadas pelo uso do solo de Campo, e por se tratar de uma significativa correlação, nos permite definir o modelo empírico para as variáveis em questão como:

$$y = -55,921x + 5,4552$$

Sendo  $y$  = Mediana do nitrato

$x$  = Campo

## 1.2) 'Percentil 60%' e Capoeira

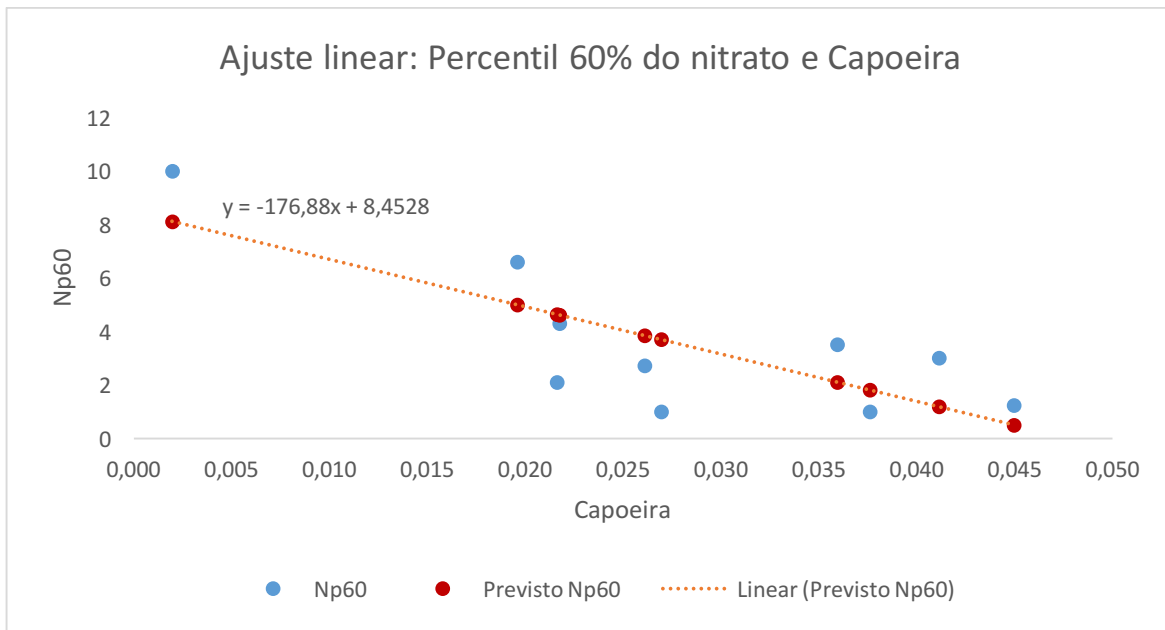


Figura 26. Ajuste linear da variável dependente 'Percentil 60% do nitrato' e da variável independente Capoeira no período seco

**Fonte:** Elaborado pelo autor, 2016.

O ajuste linear entre as variáveis acima foi realizado e foram obtidas as estatísticas de regressão. O valor de  $R^2$  foi de 0,62 e o Erro padrão 1,86. Neste ajuste linear empírico, 62% das variações de nitrato (Percentil 60%) podem ser explicadas pelo uso do solo de Capoeira, e por se tratar de uma considerável correlação, nos permite definir o modelo empírico para as variáveis em questão como:

$$y = -176,88x + 8,4528$$

Sendo  $y$  = Percentil 60% do nitrato

$x$  = Capoeira

## 2) Fosfato

### 2.1) 'Valor máximo' e Loteamento Desocupado

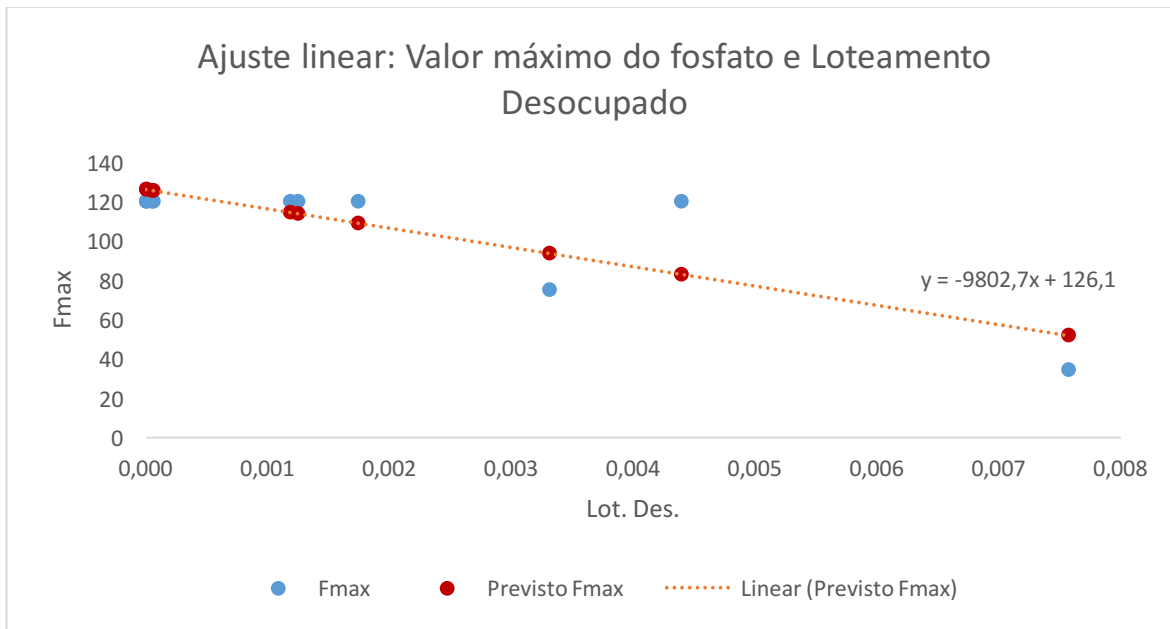


Figura 27. Ajuste linear da variável dependente 'Valor máximo do fosfato' e da variável independente Loteamento Desocupado no período seco

**Fonte:** Elaborado pelo autor, 2016.

O ajuste linear entre as variáveis acima foi realizado e foram obtidas as estatísticas de regressão. O valor de  $R^2$  foi de 0,69 e o Erro padrão 17,13. Neste ajuste linear empírico, 69% das variações de fosfato (Valor máximo) podem ser explicadas pelo uso do solo de Loteamento Desocupado, e por se tratar de uma significativa correlação, nos permite definir o modelo empírico para as variáveis em questão como:

$$y = -9802,7x + 126,1$$

Sendo  $y$  = Valor máximo do fosfato

$x$  = Loteamento Desocupado



## 2.2) 'Percentil 80%' e Rodovia

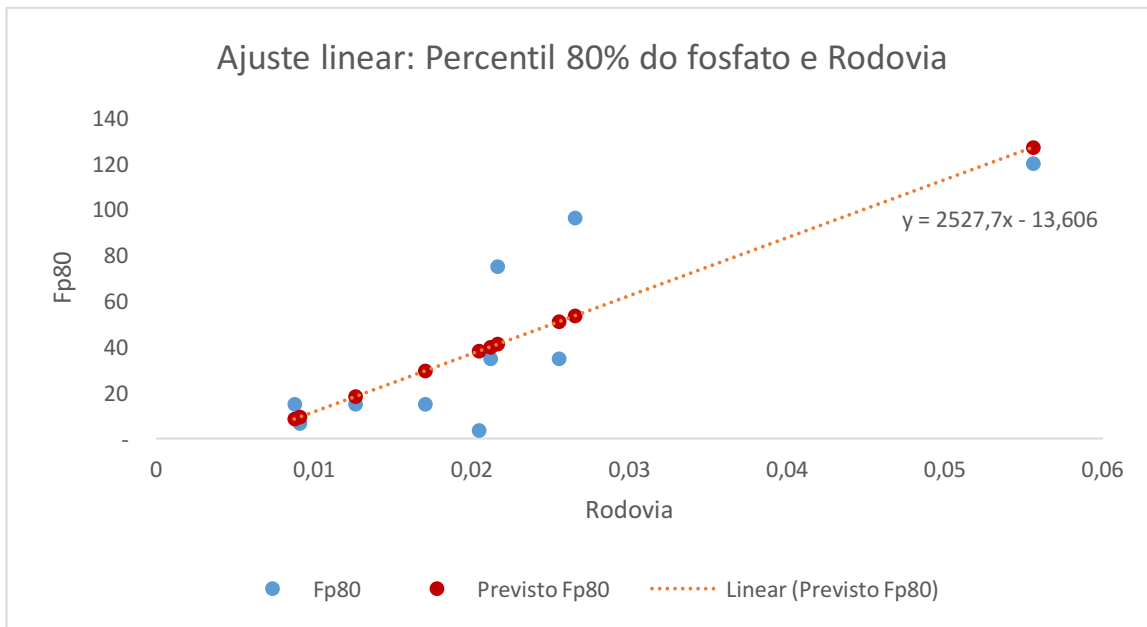


Figura 28. Ajuste linear da variável dependente 'Percentil 80% do fosfato' e da variável independente Rodovia no período seco

**Fonte:** Elaborado pelo autor, 2016.

O ajuste linear entre as variáveis acima foi realizado e foram obtidas as estatísticas de regressão. O valor de  $R^2$  foi de 0,68 e o Erro padrão 24,44. Neste ajuste linear empírico, 68% das variações do fosfato (Percentil 80%) podem ser explicadas pelo uso do solo de Rodovia, e por se tratar de uma considerável correlação, nos permite definir o modelo empírico para as variáveis em questão como:

$$y = 2527,7x - 13,606$$

Sendo  $y$  = Percentil 80% da turbidez

$x$  = Rodovia

### 3) Turbidez

#### 3.1) 'Percentil 40%' e Área Urbanizada

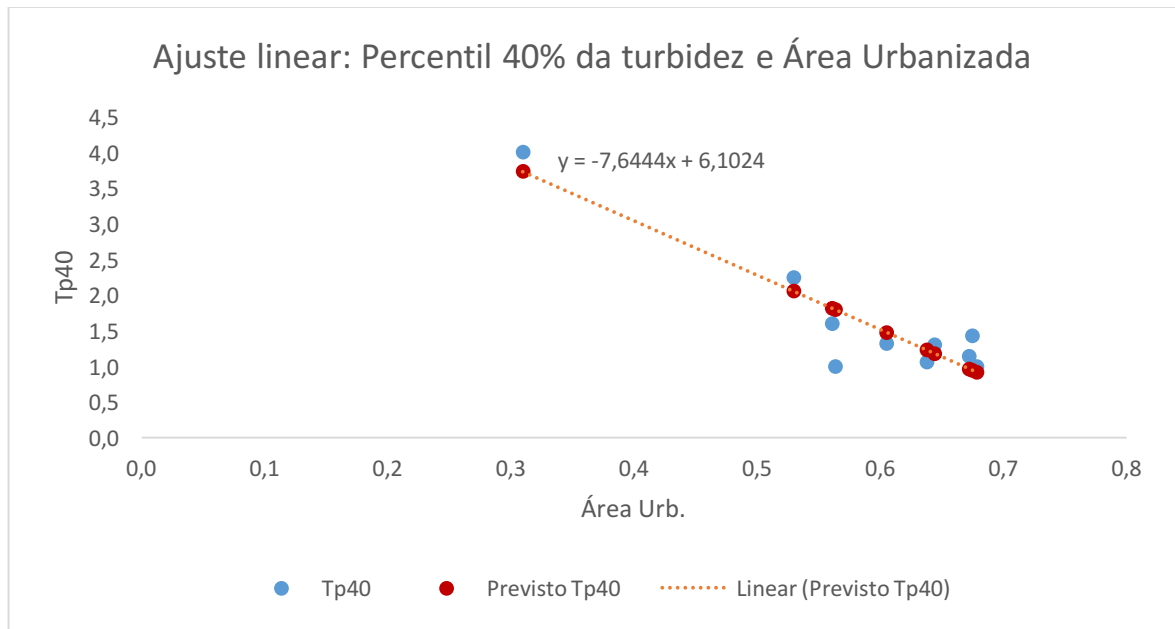


Figura 29. Ajuste linear da variável dependente 'Percentil 40% da turbidez' e da variável independente Área Urbanizada no período seco

**Fonte:** Elaborado pelo autor, 2016.

O ajuste linear entre as variáveis acima foi realizado e foram obtidas as estatísticas de regressão. O valor de  $R^2$  foi de 0,85 e o Erro padrão 0,38. Analisando esse ajuste linear empírico, 85% das variações da turbidez (Percentil 40%) podem ser explicadas pelo uso do solo de Área Urbanizada, e por se tratar de uma alta correlação, nos permite definir o modelo empírico para as variáveis em questão como:

$$y = -7,6444x + 6,1024$$

Sendo  $y$  = Percentil 40% da turbidez

$x$  = Área Urbanizada

## 3.2) Mediana e Mata

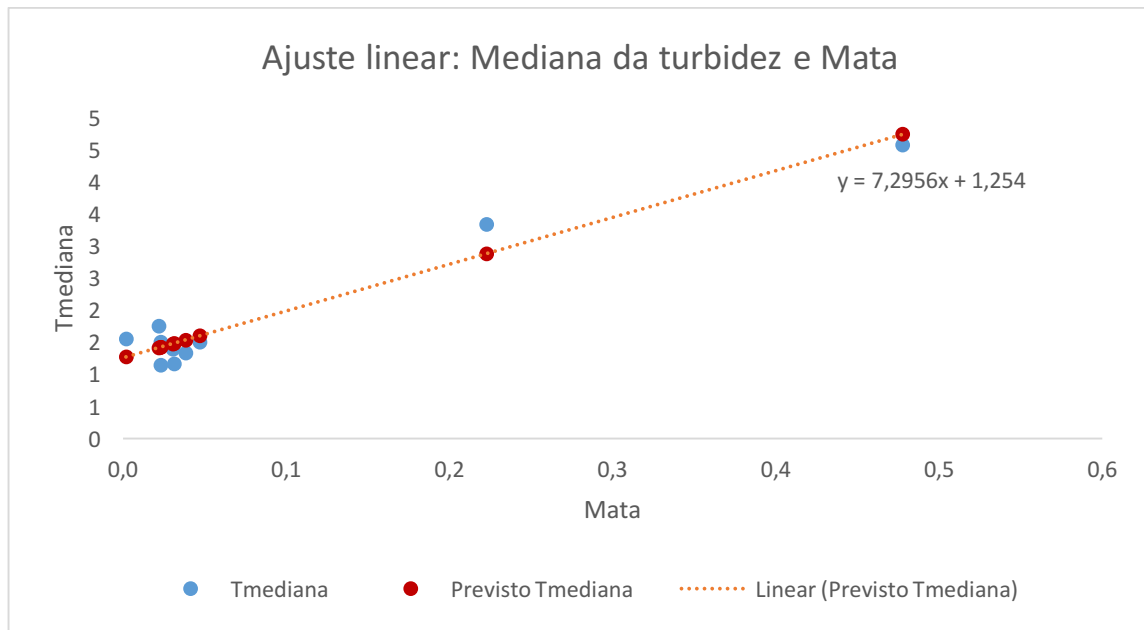


Figura 30. Ajuste linear da variável dependente 'Mediana da turbidez' e da variável independente Mata no período seco

**Fonte:** Elaborado pelo autor, 2016.

O ajuste linear entre as variáveis acima foi realizado e foram obtidas as estatísticas de regressão. O valor de  $R^2$  foi de 0,94 e o Erro padrão 0,29. Estudando esse ajuste linear empírico, temos que 94% das variações da turbidez (Mediana) podem ser explicadas pelo uso do solo de Mata, e por se tratar de uma altíssima correlação, nos permite definir o modelo empírico para as variáveis em questão como:

$$y = 7,2956x + 1,254$$

Sendo  $y$  = Mediana da turbidez

$x$  = Mata

Após as análises individuais de cada regressão linear entre variáveis de alta correlação apresentadas, os resultados foram resumidos e apresentados na Tabela 16.

Tabela 16. Resumo dos resultados das regressões lineares entre variáveis de forte correlação

Período	Parâmetro	Variáveis	R <sup>2</sup>	Erro padrão	Modelo empírico
Úmido	Nitrato	'3º quartil' e Vegetação de Várzea	0,95	3,61	$y = 542,64x + 8,0241$
		'Percentil 20%' e Espelho D'água	0,86	0,20	$y = 66,197x + 0,7217$
	Fosfato	'1º quartil' e Lixão	0,94	0,14	$y = 7329,4x + 1,0467$
		'Percentil 10%' e Movimento de Terra/Solo Exposto	0,82	0,28	$y = 46,562x + 0,6543$
	Turbidez	'Percentil 30%' e Área Urbanizada	0,65	0,31	$y = -3,5035x + 3,3385$
		'Percentil 90%' e Loteamento Desocupado	0,67	1,11	$y = 601,19x + 2,6227$
Seco	Nitrato	Mediana e Campo	0,71	0,87	$y = -55,921x + 5,4552$
		'Percentil 60%' e Capoeira	0,62	1,86	$y = -176,88x + 8,4528$
	Fosfato	'Valor máximo' e Loteamento Desocupado	0,69	17,13	$y = -9802,7x + 126,1$
		'Percentil 80%' e Rodovia	0,68	24,44	$y = 2527,7x - 13,606$
	Turbidez	'Percentil 40%' e Área Urbanizada	0,85	0,38	$y = -7,6444x + 6,1024$
		Mediana e Mata	0,94	0,29	$y = 7,2956x + 1,254$

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

## 6. CONCLUSÕES

A partir das análises estatísticas foi possível identificar que há, de fato, uma correlação entre as concentrações dos parâmetros de qualidade de água com os usos e ocupações do solo no entorno.

Primeiramente, analisando-se as concentrações parametrizadas nos 30 pontos, foi observado que os melhores resultados foram obtidos à montante da BHAT, para o fosfato e turbidez, e à jusante para o nitrato. Isso nos mostra que os piores índices dos nutrientes e da turbidez se encontram na porção média da Bacia, que coincide com o centro da Região Metropolitana de São Paulo.

Em relação às sub-bacias exploradas neste trabalho, concentrações mais baixas de fosfato e turbidez foram observadas no período úmido, enquanto que para o nitrato as mais baixas foram na época seca. No período úmido, as melhores concentrações de nitrato e turbidez foram obtidas na porção à montante-central da BHAT (Bussocaba), e para o fosfato na porção central da Bacia (Contribuição Lateral Tietê). Já no período seco, as melhores concentrações de fosfato e turbidez foram obtidas à jusante (Contribuição da Vertente Esquerda do Tietê e Itaquera), e para o nitrato na porção montante-central da BHAT (Confluência Tietê/Pinheiros - Pirituba). Contudo, é necessário destacar que as sub-bacias citadas (com exceção da Contribuição Lateral Tietê) foram representadas apenas por um ponto de monitoramento, enquanto outras possuíam mais pontos de monitoramento representativos, o que pode ter gerado um favorecimento aos resultados positivos destas.

Em referência às correlações entre os parâmetros de qualidade e uso do solo, altíssimas correlações foram encontradas em ambos os períodos. De modo geral, dentre os 20 tipos de uso do solo existentes na área de estudo, os que obtiveram as maiores correlações com os valores de nitrato, fosfato e turbidez nos dois períodos foram: Área Urbanizada, Loteamento Desocupado, Movimento de Terra/Solo Exposto, Rodovia, Lixão, Vegetação de Várzea, Mata, Campo, Capoeira e Espelho D'água; com destaque para Área Urbanizada e Loteamento Desocupado, por possuírem mais de uma correlação alta. As porcentagens das correlações mais altas dentre as variáveis oscilaram entre 80% e 98% no período úmido, e entre 83% e 97% no período seco.

A partir das regressões lineares, foram obtidas retas que modelam empiricamente a influência dos usos do solo na qualidade da água da área de estudo. Os valores de  $R^2$  mais expressivos variaram de 0,62 a 0,95.

O nitrato, no período úmido, mostrou-se em um ajuste linear positivo com usos do solo da grande classe de Vegetação e Recursos hídricos (Vegetação de Várzea e Espelho D'água). Já no período seco, o modelo é inversamente proporcional com outros dois usos da grande classe de Vegetação e Recursos hídricos (Campo e Capoeira).

O fosfato, no período úmido, mostrou um ajuste linear positivo para os usos Lixão e Movimento de Terra/Solo Exposto, revelando que os índices do fosfato são maiores quando existem maiores áreas destes dois usos no entorno. Já no período seco, as maiores correlações foram com usos da grande classe de Uso Urbano: com Loteamento Desocupado houve um ajuste linear negativo, e com o uso de Rodovia um ajuste linear positivo.

A turbidez mostrou um ajuste linear negativo em relação ao uso Área urbanizada em ambos os períodos, revelando que as maiores concentrações de turbidez se encontram em áreas de menor urbanização. Por fim, no período úmido há uma relação linear positiva com Loteamento Desocupado, e no seco com Mata, indicando que maiores áreas verdes ou desocupadas acarretam em maiores concentrações de turbidez.

De modo geral, os usos do solo na Bacia Hidrográfica do Alto Tietê, mais especificamente nas proximidades da Região Metropolitana de São Paulo, se mostraram altamente correlacionados com as concentrações dos nutrientes e turbidez, o que evidencia a importância do uso e ocupação do solo na qualidade de corpos hídricos. Além disso, os resultados das avaliações de correlações devem ser avaliados em trabalhos futuros à luz dos fenômenos envolvidos, uma vez que esse objetivo não fazia parte do escopo desta pesquisa. Entretanto, as altas correlações encontradas neste estudo podem ser utilizadas para explicar alguns dos parâmetros de qualidade de água monitorados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAHAM, W. et al. Occurrence and resistance of pathogenic bacteria along the Tiete River downstream of São Paulo in Brazil. **Clean – Soil Air Water** , 35, 2007. 339–347.

AL LAW, A. T.; ADELOJU, S. B. Progress and recent advances in phosphate sensors: A review. **Talanta**, 114, 30 September 2013. 191-203.

BISWAS, A. K. Editorial comments on the world commission on water for the 21st century. **Water International**, 2, 2000. 280-283.

BRASIL. **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento**. Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005. [S.l.]. 2005.

BUCK, S. E. A. **Nutrient criteria technical guidance manual, rivers and streams**. United States Environmental Protection Agency. [S.l.]. 2000. ( EPA-822-B-00-002).

CETESB. **Relatórios de Qualidade das Águas Superficiais do Estado de São Paulo**. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. [S.l.]. 2014.

CONRAD, C. C.; HILCHEY, K. G. A review of citizen science and community-based environmental monitoring: issues and opportunities. **Environmental Monitoring Assessment**, 176, 2011. 273–291.

CUNHA, D. G. F. et al. Contiguous urban rivers should not be necessarily submitted to the same management plan: the case of Tietê and Pinheiros Rivers (São Paulo-Brazil). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 83, n. 4, 2011. 1465-1479.

DEVICTOR, V.; WHITTAKER, R. J.; BELTRAME, C. Beyond scarcity: citizen science programmes as useful tools for conservation biogeography. **Diversity and Distributions**, 16, 2010. 354-362.

DODDS, W. K.; CARNEY, E.; ANGELO, R. T. Determining Ecoregional Reference Conditions for Nutrients, Secchi Depth and Chlorophyll a in Kansas Lakes and Reservoirs. **Lake and Reservoir Management**, Manhattan, 22, 2006. 151-159.

DODDS, W. K.; OAKES, R. M. A technique for establishing reference nutrient concentrations across watersheds affected by humans. **Limnology and Oceanography: Methods**, 2, 2004. 333–341.

DODDS, W. K.; WELCH, E. B. Establishing nutrient criteria in streams. **Journal of the North American Benthological Society**, 19, 2000. 186-196.

DONNELLY, A. et al. The role of citizen science in monitoring biodiversity in Ireland. **International Journal of Biometeorology**, 58, n. 6, 2014. 1237-1249.

FERRIER, R. C.; EDWARDS, A. C.; HIRST, D. Water quality of Scottish Rivers: Spatial and temporal trends. **The Science of the Total Environment**, 1-3, 2001. 327-342.

FUCHS, S. et al. Heavy metals in freshwater ecosystems by urban rainwater runoff – monitoring of suspended solids, river sediments and biofilms. **Water Science Technology**, 36, 1997. 277-282.

FUSP. **Plano Da Bacia Hidrográfica Do Alto Tietê**. Comitê Da Bacia Hidrográfica Do Alto Tietê. [S.l.], p. 1-201. 2009.

GIBSON, G. et al. **Nutrient Criteria Technical Guidance Manual Lakes and Reservoirs**. U.S. Environmental Protection Agency. [S.l.]. 2000. (EPA-822-B00-001).

GRAY, L. Changes in water quality and macroinvertebrate communities resulting from urban stormflows in the Provo River, Utah, USA. **Hydrobiologia**, 518, 2004. 33–46.

LASSALETA, L. et al. Agriculture-induced increase in nitrate concentrations in stream waters of a large Mediterranean catchment over 25 years (1981-2005). **Science of The Total Environment**, 407, 2009. 6034-6043.

LEWIS, W. M. Yield of nitrogen from minimally disturbed watersheds of the United States. **Biogeochem**, 57/58, 2002. 375-385.

MYRE, E.; SHAW, R. **The Turbidity Tube: Simple and Accurate Measurement of Turbidity in the Field**. Michigan Technological University. Michigan, p. 1-17. 2006.



NEWMAN, G. et al. The art and science of multi-scale citizen science support. **Ecological Informatics**, 6, 2011. 217-227.

OMS. **Guidelines for Drinking-water Quality**. 3<sup>a</sup>. ed. Geneva: Recommendations, v. 1, 2004.

PEREIRA FILHO, A. J. et al. Impactos antrópicos no clima da Região Metropolitana de São Paulo. **Boletim da Sociedade Brasileira de Meteorologia**, 30, 2007. 48-56.

PORTO, M. **Recursos Hídricos e Saneamento na Região Metropolitana de São Paulo: Um Desafio do Tamanho da Cidade**. 1<sup>a</sup>. ed. Brasília: Banco Mundial, 2003. 84 p. ISBN 85-88192-04-7.

ROY, H. E. et al. **Understanding Citizen Science & Environmental Monitoring**. NERC Centre for Ecology & Hydrology and Natural History Museum. [S.l.]. 2012.

SALTVEIT, S. J. et al. The Return Of Atlantic Salmon (*Salmo Salar* L.) And Improved Water Quality In Urban Rivers In Oslo, Norway. **River Research and Applications**, 30, 2014. 571-577.

SANTOS, M. L. S. et al. Estudo das formas de fósforo nas águas da plataforma continental do Amazonas. **Química Nova**, São Paulo, 30, 2007. 569-573.

SIGRH. Banco de Dados Hidrológico. Disponível em: <<http://www.hidrologia.daece.sp.gov.br/>>. Acesso em: 2 junho 2016.

SMITH, R. A.; ALEXANDER, R. B.; SCHWARZ, G. E. Natural background concentrations of nutrients in streams and rivers of the conterminous United States. **Environmental Science Technology**, 37, 2003. 2039-3047.

SNEDECOR, G. W.; COCHRAN, W. G. S. M. **Statistical Methods**. 8<sup>a</sup>. ed. [S.l.]: Iowa State University Press, 1989.

SOUZA, M. E. **Utilização de sistema de informação geográfica (SIG) na análise do meio físico. Estudo de caso: A área do município de Campinas entre os meridianos 47°15' e**

**46°45'W e os paralelos 22°45' e 22°51'S.** Universidade Estadual de Campinas. Campinas, p. 84. 1996.

STOW, C. A.; BORSUK, M. E.; STANLEY, D. W. Long-term changes in watershed nutrient inputs and riverine exports in the Neuse river, North Carolina. **Water Research**, 35, n. 6, 2001. 1489-1499.

STRICKLAN, J. D. H.; PARSONS, T. R. **A Practical Handbook of Seawater Analysis**. 2ª. ed. Ottawa: Fisheries Research Board of Canada, 1972. 141-149 p.

VON SPERLING, M. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 7, 2007. 1-587 p.

ZEILHOFER, P.; LIMA, B. N. R.; LIMA, G. A. R. SPATIAL PATTERNS OF WATER QUALITY IN THE CUIABÁ RIVER BASIN, CENTRAL BRAZIL. **Environmental Monitoring and Assessment**, 123, 2006. 41-62.

## APÊNDICE

Apêndice A - Tabela completa dos valores brutos de nitrato, fosfato e turbidez obtidos nos pontos de monitoramento

<b>Pontos</b>	<b>Nomenclatura</b>	<b>Data da coleta</b>	<b>Nitrato (mg/L)</b>	<b>Fosfato (mg/L)</b>	<b>Turbidez (UNT)</b>
P1	Córrego das Corujas	17/05/15	7,5	0,15	130
P1	Córrego das Corujas	04/05/13	7,5	0,035	239
P1	Córrego das Corujas	15/11/15	12	0,01	12
P1	Córrego das Corujas	13/07/13	3,5	0,01	12
P1	Córrego das Corujas	12/03/16	7,5	0,01	12
P1	Córrego das Corujas	15/08/15	7,5	0,01	75
P1	Córrego das Corujas	29/12/13	3,5	0,01	12
P1	Córrego das Corujas	02/08/15	12	0,01	
P1	Córrego das Corujas	03/08/14	7,5	0,035	12
P1	Córrego das Corujas	29/06/14	3,5	0,01	12
P1	Córrego das Corujas	14/09/13	3,5	0,035	12
P2	Córrego da Rua Quirino dos Santos	06/03/16	0,1	0,035	25
P2	Córrego da Rua Quirino dos Santos	10/08/14	0,1	1,2	95
P2	Córrego da Rua Quirino dos Santos	09/11/14	0,1	1,2	75,1
P2	Córrego da Rua Quirino dos Santos	22/02/14	0,35	0,01	12
P2	Córrego da Rua Quirino dos Santos	14/12/13	1,5	0,35	12
P2	Córrego da Rua Quirino dos Santos	19/10/13	1,5	0,35	12
P2	Córrego da Rua Quirino dos Santos	21/07/13	1,5	0,035	40
P2	Córrego da Rua Quirino dos Santos	12/10/13	0,1	1,2	30
P2	Córrego da Rua Quirino dos Santos	10/08/14	0,1	0,01	50
P2	Córrego da Rua Quirino dos Santos	15/12/13	0,1	0,01	50
P2	Córrego da Rua Quirino dos Santos	14/11/15	3,5	0,075	28
P2	Córrego da Rua Quirino dos Santos	09/11/14	0,1	0,75	50
P2	Córrego da Rua Quirino dos Santos	22/02/15	0,1	0,01	12
P2	Córrego da Rua Quirino dos Santos	11/05/13	0,35	0,01	75,1
P2	Córrego da Rua Quirino dos Santos	31/05/14	0,75	0,075	75,1
P2	Córrego da Rua Quirino dos Santos	15/12/13	0,35	0,01	25,3
P2	Córrego da Rua Quirino dos Santos	20/10/13	0,35	0,01	40,5
P2	Córrego da Rua Quirino dos Santos	21/07/13	1,5	0,035	40
P2	Córrego da Rua Quirino dos Santos	20/03/16	0,35	0,01	37
P2	Córrego da Rua Quirino dos Santos	02/08/15	0,35	0,01	50,75

P3	Córrego do Mandaqui	22/02/14	7,5	1,2	30
P3	Córrego do Mandaqui	15/11/15	12	0,01	17
P3	Córrego do Mandaqui	09/05/15	0,75	1,2	12
P3	Córrego do Mandaqui	07/02/15	7,5	0,01	26
P3	Córrego do Mandaqui	16/08/14	3,5	0,01	20
P3	Córrego do Mandaqui	31/05/14	7,5	0,035	23
P3	Córrego do Mandaqui	11/01/14	7,5	0,01	19
P3	Córrego do Mandaqui	08/08/15	0,35	0,01	25
P4	Córrego do Rincão	01/08/14	1,5	0,01	150
P4	Córrego do Rincão	31/05/14	0,35	0,75	150
P4	Córrego do Rincão	24/03/14	0,75	0,01	75
P4	Córrego do Rincão	15/12/13	0,75	0,01	100
P4	Córrego do Rincão	13/05/13	0,35	0,75	150
P4	Córrego do Rincão	12/05/13	0,75	0,075	180
P4	Córrego do Rincão	15/12/13	0,75	0,01	100
P4	Córrego do Rincão	05/10/13	0,35	0,075	150
P4	Córrego do Rincão	21/07/13	3,5	0,01	150
P4	Córrego do Rincão	19/10/13	1,5	0,035	160
P5	Córrego Aricanduva	19/10/13	0,35	0,035	80
P5	Córrego Aricanduva	21/07/13	0,35	0,035	75
P5	Córrego Aricanduva	12/05/13	0,35	0,15	40
P5	Córrego Aricanduva	03/11/13	0,35	0,035	240
P6	Córrego Carandiru	13/10/13	0,35	0,075	25
P6	Córrego Carandiru	17/07/13	0,1	0,01	25
P6	Córrego Carandiru	11/05/13	0,1	0,75	35
P6	Córrego Carandiru	13/10/13	0,35	0,35	14
P6	Córrego Carandiru	08/12/13	0,1	0,035	21
P7	Córrego Novo Mundo	07/02/15	7,5	0,35	50
P7	Córrego Novo Mundo	08/11/14	3,5	0,035	30
P7	Córrego Novo Mundo	10/08/14	3,5	1,2	100
P7	Córrego Novo Mundo	31/05/14	3,5	1,2	50
P7	Córrego Novo Mundo	05/05/14	0,35	0,01	30
P7	Córrego Novo Mundo	23/02/14	0,35	0,01	19
P7	Córrego Novo Mundo	15/12/13	0,75	0,01	75
P7	Córrego Novo Mundo	20/10/13	3,5	0,075	60
P7	Córrego Novo Mundo	21/07/13	3,5	0,01	35
P8	Rio Tamanduateí	13/07/13	0,1	0,01	75
P9	Córrego do Sapateiro	16/08/15	0,35	0,035	20

P9	Córrego do Sapateiro	09/05/15	0,35	0,035	17
P9	Córrego do Sapateiro	12/05/13	3,5	0,01	12
P9	Córrego do Sapateiro	27/07/13	3,5	0,01	12
P9	Córrego do Sapateiro	31/05/14	3,5	0,01	12
P9	Córrego do Sapateiro	23/02/14	3,5	0,01	15
P9	Córrego do Sapateiro	22/12/13	7,5	0,035	12
P9	Córrego do Sapateiro	20/10/13	3,5	0,035	12
P9	Córrego do Sapateiro	09/11/14	3,5	0,035	17
P9	Córrego do Sapateiro	10/08/14	0,35	0,035	150
P9	Córrego do Sapateiro	19/10/13	1,5	0,01	60
P9	Córrego do Sapateiro	08/06/14	7,5	0,035	75
P9	Córrego do Sapateiro	20/10/13	7,5	0,035	12
P9	Córrego do Sapateiro	15/02/14	3,5	0,01	12
P9	Córrego do Sapateiro	29/12/13	3,5	0,01	12
P10	Córrego Ponte Baixa	22/02/15	7,5	0,035	75
P10	Córrego Ponte Baixa	26/07/14	7,5	0,035	240
P10	Córrego Ponte Baixa	16/02/14	7,5	0,035	75
P10	Córrego Ponte Baixa	01/11/14	3,5	0,35	240
P10	Córrego Ponte Baixa	24/05/14	3,5	0,035	100
P10	Córrego Ponte Baixa	08/12/13	0,75	0,035	240
P10	Córrego Ponte Baixa	12/10/13	7,5	0,075	100
P10	Córrego Ponte Baixa	20/07/13	12	0,035	100
P10	Córrego Ponte Baixa	05/05/13	0,35	1,2	150
P10	Córrego Ponte Baixa	26/07/15	0,35	0,035	220
P10	Córrego Ponte Baixa	08/06/14	0,75	1,2	150
P10	Córrego Ponte Baixa	08/11/14	12	0,01	240
P10	Córrego Ponte Baixa	07/11/15	3,5	0,01	240
P11	Córrego Cemitério Congonhas	22/02/15	0,75	0,01	12
P11	Córrego Cemitério Congonhas	16/02/14	0,75	0,01	12
P11	Córrego Cemitério Congonhas	26/07/14	7,5	0,01	14
P11	Córrego Cemitério Congonhas	20/07/13	0,1	0,01	12
P11	Córrego Cemitério Congonhas	01/11/14	0,35	0,01	14
P11	Córrego Cemitério Congonhas	24/05/14	0,35	0,01	14
P11	Córrego Cemitério Congonhas	07/02/15	7,5	0,35	12
P11	Córrego Cemitério Congonhas	08/11/14	7,5	0,75	12
P11	Córrego Cemitério Congonhas	10/08/14	3,5	0,035	12
P11	Córrego Cemitério Congonhas	19/10/13	7,5	0,075	12
P11	Córrego Cemitério Congonhas	09/12/13	0,1	0,01	12

P11	Córrego Cemitério Congonhas	13/10/13	3,5	0,01	12
P11	Córrego Cemitério Congonhas	05/05/13	0,35	0,035	12
P12	Ribeirão dos Meninos	25/10/15	0,1	1,2	240
P12	Ribeirão dos Meninos	19/10/13	1,5	0,15	12
P12	Ribeirão dos Meninos	05/10/13	3,5	0,35	75
P12	Ribeirão dos Meninos	27/07/13	7,5	0,035	30
P12	Ribeirão dos Meninos	12/05/13	1,5	0,75	40
P12	Ribeirão dos Meninos	23/02/14	7,5	0,035	75
P12	Ribeirão dos Meninos	17/05/15	3,5	0,75	50
P12	Ribeirão dos Meninos	02/11/14	1,5	0,01	100
P12	Ribeirão dos Meninos	03/08/14	0,35	0,035	75
P12	Ribeirão dos Meninos	23/02/14	0,1	0,075	40
P12	Ribeirão dos Meninos	15/12/13	1,5	0,01	45
P12	Ribeirão dos Meninos	09/08/14	1,5	0,01	40
P12	Ribeirão dos Meninos	31/05/14	1,5	0,01	50
P12	Ribeirão dos Meninos	05/10/13	1,5	0,35	75
P12	Ribeirão dos Meninos	27/07/13	7,5	0,35	30
P12	Ribeirão dos Meninos	12/05/13	1,5	0,75	40
P13	Córrego da Rapadura	19/04/14	0,1	0,035	80
P13	Córrego da Rapadura	15/02/14	0,1	0,035	50
P13	Córrego da Rapadura	20/10/13	0,75	0,75	240
P13	Córrego da Rapadura	14/12/13	0,35	0,75	240
P13	Córrego da Rapadura	28/07/13	0,35	0,01	100
P13	Córrego da Rapadura	04/05/13	0,1	0,075	60
P13	Córrego da Rapadura	15/11/15	7,5	0,035	40
P13	Córrego da Rapadura	01/08/15	0,75	1,2	30
P14	Rio Ipiranga	24/05/14	0,35	0,35	45
P14	Rio Ipiranga	22/02/14	0,35	0,35	30
P14	Rio Ipiranga	28/02/16	3,5	0,035	12
P14	Rio Ipiranga	10/08/14	0,1	0,075	35
P14	Rio Ipiranga	11/01/14	0,1	0,01	30
P14	Rio Ipiranga	13/10/13	1,5	0,75	25
P14	Rio Ipiranga	11/05/13	0,35	0,75	21
P14	Rio Ipiranga	12/10/13	0,1	0,075	100
P14	Rio Ipiranga	14/07/13	1,5	0,035	19
P14	Rio Ipiranga	16/08/14	1,5	0,075	19
P14	Rio Ipiranga	10/08/14	0,1	0,01	50
P14	Rio Ipiranga	08/06/14	0,35	0,075	12

P14	Rio Ipiranga	09/05/15	3,5	0,35	17
P15	Córrego Pirajussara	16/05/15	0,1	0,01	85
P15	Córrego Pirajussara	10/02/14	0,1	0,01	200
P15	Córrego Pirajussara	18/10/13	0,75	0,075	45
P15	Córrego Pirajussara	04/08/15	0,1	1,2	140
P15	Córrego Pirajussara	11/02/15	1,5	0,01	100
P15	Córrego Pirajussara	10/10/13	0,75	0,01	50
P15	Córrego Pirajussara	28/07/13	1,5	0,75	50
P15	Córrego Pirajussara	11/05/13	0,1	1,2	30
P15	Córrego Pirajussara	22/02/15	0,1	0,01	38
P15	Córrego Pirajussara	31/05/14	7,5	0,01	150
P15	Córrego Pirajussara	05/11/15	0,35	0,75	95
P15	Córrego Pirajussara	05/11/15	0,35	0,75	95
P15	Córrego Pirajussara	08/06/14	0,35	0,15	240
P15	Córrego Pirajussara	21/03/15	3,5	0,75	50
P15	Córrego Pirajussara	02/08/14	0,1	0,01	240
P15	Córrego Pirajussara	08/02/15	0,1	0,01	60
P15	Córrego Pirajussara	03/08/14	0,1	0,75	75
P15	Córrego Pirajussara	31/05/14	0,35	0,15	100
P16	Córrego Tremembé	27/07/13	0,35	0,01	240
P16	Córrego Tremembé	05/04/13	0,1	0,75	240
P16	Córrego Tremembé	10/08/14	0,1	1,2	75
P16	Córrego Tremembé	22/02/14	0,1	0,75	240
P16	Córrego Tremembé	05/03/16	0,1	0,35	30
P18	Córrego Guaiaúna	10/08/14	0,1	1,2	200
P18	Córrego Guaiaúna	19/10/13	1,5	0,075	110
P18	Córrego Guaiaúna	21/07/13	0,75	0,035	130
P18	Córrego Guaiaúna	12/05/13	0,75	0,15	150
P19	Ribeirão Itaquera	06/03/16	1,5	0,15	240
P19	Ribeirão Itaquera	15/12/13	0,1	0,01	130
P19	Ribeirão Itaquera	06/10/13	0,1	0,75	65
P19	Ribeirão Itaquera	14/07/13	0,1	0,01	75
P19	Ribeirão Itaquera	24/10/15	0,75	0,075	75
P19	Ribeirão Itaquera	11/05/13	0,1	0,15	99
P19	Ribeirão Itaquera	09/08/14	0,35	1,2	240
P19	Ribeirão Itaquera	15/08/15	0,1	0,01	
P19	Ribeirão Itaquera	15/08/15	0,1	0,01	
P19	Ribeirão Itaquera	11/09/14	0,1	0,035	100

P20	Córrego da Paciência	20/07/14	0,35	0,01	12
P20	Córrego da Paciência	09/11/14	1,5	0,035	75
P20	Córrego da Paciência	09/11/14	0,35	0,01	240
P20	Córrego da Paciência	28/10/15	0,1	1,2	35
P20	Córrego da Paciência	15/02/15	7,5	0,01	50
P20	Córrego da Paciência	02/01/15	0,1	0,075	75
P20	Córrego da Paciência	10/05/15	0,1	0,01	100
P20	Córrego da Paciência	24/05/14	0,75	0,01	50
P20	Córrego da Paciência	13/05/14	0,35	1,2	12
P20	Córrego da Paciência	19/04/14	0,35	0,01	75
P20	Córrego da Paciência	28/02/14	0,75	0,035	14
P20	Córrego da Paciência	13/12/13	0,75	0,035	14
P20	Córrego da Paciência	11/10/13	0,75	0,035	50
P20	Córrego da Paciência	01/05/15	0,1	0,01	56
P20	Córrego da Paciência	10/08/14	0,35	0,75	150
P20	Córrego da Paciência	27/02/16	0,1	1,2	40
P20	Córrego da Paciência	20/09/14	0,35	0,01	240
P21	Tiquatira	10/11/14	0,1	1,2	50
P21	Tiquatira	10/08/14	0,1	1,2	150
P21	Tiquatira	31/05/14	0,1	0,35	75
P21	Tiquatira	23/02/14	0,1	0,01	75
P21	Tiquatira	15/12/13	0,1	0,01	50
P21	Tiquatira	20/10/13	7,5	0,035	35
P21	Tiquatira	21/07/13	3,5	0,01	50
P21	Tiquatira	13/05/13	0,1	0,035	100
P22	Córrego Itararé	09/11/14	0,35	0,75	75
P22	Córrego Itararé	08/08/15	0,1	1,2	150
P22	Córrego Itararé	23/02/14	0,75	1,2	50
P22	Córrego Itararé	08/08/15	0,1	0,75	150
P22	Córrego Itararé	09/11/14	0,35	0,75	75
P22	Córrego Itararé	19/10/13	3,5	0,75	35
P22	Córrego Itararé	27/07/13	3,5	0,01	90
P22	Córrego Itararé	05/03/16	0,35	0,75	40
P23	Córrego Bussocaba	05/05/13	3,5	0,75	100
P23	Córrego Bussocaba	22/12/13	0,1	0,01	100
P23	Córrego Bussocaba	20/10/13	3,5	0,01	100
P23	Córrego Bussocaba	06/10/13	0,75	0,075	50
P23	Córrego Bussocaba	13/07/13	1,5	0,15	240



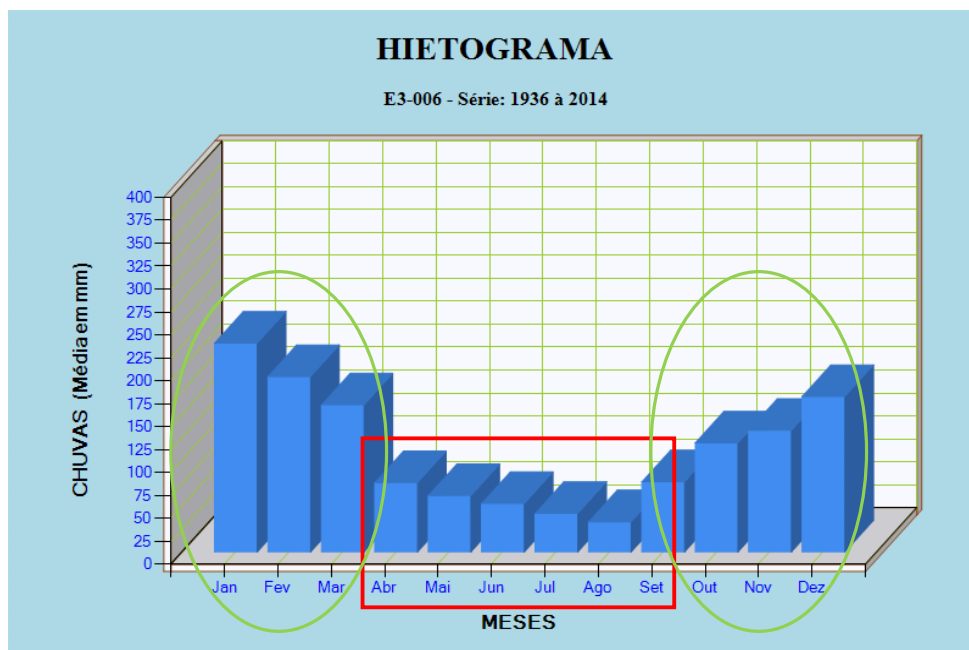
P23	Córrego Bussocaba	22/02/14	0,75	0,01	150
P23	Córrego Bussocaba	10/08/14	1,5	0,01	200
P23	Córrego Bussocaba	31/05/14	0,75	1,2	100
P23	Córrego Bussocaba	20/10/13	3,5	0,75	100
P23	Córrego Bussocaba	13/07/13	1,5	0,15	240
P23	Córrego Bussocaba	05/05/13	3,5	0,75	100
P23	Córrego Bussocaba	08/10/14	0,35	0,75	150
P24	Córrego Jaguaré	24/02/15	0,1	0,01	130
P24	Córrego Jaguaré	10/11/14	0,1	0,01	160
P24	Córrego Jaguaré	13/08/14	12	0,01	240
P24	Córrego Jaguaré	19/11/15	0,1	0,01	120
P24	Córrego Jaguaré	18/07/15	0,1	0,01	100
P24	Córrego Jaguaré	14/06/15	0,1	0,75	150
P25	Córrego da Rua Papaterra	01/02/15	0,1	0,75	15
P25	Córrego da Rua Papaterra	27/02/16	0,1	0,075	25
P25	Córrego da Rua Papaterra	14/10/13	0,35	0,01	15
P25	Córrego da Rua Papaterra	20/09/14	0,35	0,01	240
P25	Córrego da Rua Papaterra	20/07/14	0,75	0,01	240
P25	Córrego da Rua Papaterra	28/10/15	0,1	0,01	100
P25	Córrego da Rua Papaterra	01/05/15	0,35	0,01	15
P25	Córrego da Rua Papaterra	26/02/14	0,35	0,035	14
P25	Córrego da Rua Papaterra	14/08/14	3,5	0,01	35
P25	Córrego da Rua Papaterra	10/06/14	0,1	0,01	25
P25	Córrego da Rua Papaterra	10/08/15	0,1	0,01	100
P25	Córrego da Rua Papaterra	09/11/14	0,35	0,01	240
P25	Córrego da Rua Papaterra	24/05/14	0,35	0,01	25
P25	Córrego da Rua Papaterra	19/04/14	0,75	0,01	35
P25	Córrego da Rua Papaterra	13/05/13	3,5	0,035	240
P25	Córrego da Rua Papaterra	02/01/14	0,1	0,01	75
P25	Córrego da Rua Papaterra	25/02/14	3,5	0,01	15
P25	Córrego da Rua Papaterra	12/08/14	0,1	0,01	50
P25	Córrego da Rua Papaterra	12/10/13	0,1	0,075	75
P26	Córrego Ponte Rasa	15/12/13	0,1	0,01	75
P26	Córrego Ponte Rasa	06/10/13	0,35	0,01	79
P26	Córrego Ponte Rasa	14/07/13	0,1	0,01	75
P26	Córrego Ponte Rasa	11/05/13	0,1	0,035	100
P26	Córrego Ponte Rasa	06/03/16	0,35	1,2	75
P26	Córrego Ponte Rasa	15/11/15	7,5	0,01	19

P26	Córrego Ponte Rasa	25/04/15	12	1,2	150
P26	Córrego Ponte Rasa	15/08/15	0,35	0,01	240
P26	Córrego Ponte Rasa	09/05/15	0,35	0,035	75
P26	Córrego Ponte Rasa	11/09/14	0,1	0,01	75
P26	Córrego Ponte Rasa	08/10/14	0,1	0,75	240
P27	Córrego Caxingui	09/11/14	1,5	0,15	12
P27	Córrego Caxingui	14/12/13	0,35	0,075	12
P27	Córrego Caxingui	22/02/14	1,5	0,01	12
P27	Córrego Caxingui	31/05/14	1,5	0,01	12
P27	Córrego Caxingui	08/10/14	3,5	0,01	12
P27	Córrego Caxingui	19/10/13	3,5	0,15	12
P27	Córrego Caxingui	27/07/13	3,5	0,01	12
P27	Córrego Caxingui	04/05/13	1,5	0,15	12
P27	Córrego Caxingui	01/03/14	0,75	0,15	100
P27	Córrego Caxingui	07/06/14	1,5	0,15	75
P28	Córrego Taboão	10/11/14	7,5	0,75	200
P28	Córrego Taboão	19/04/14	0,75	0,075	120
P28	Córrego Taboão	15/02/14	0,75	0,075	150
P28	Córrego Taboão	08/12/13	0,75	0,075	200
P28	Córrego Taboão	04/05/13	0,75	0,075	240
P28	Córrego Taboão	28/07/13	0,75	0,075	150
P29	Córrego Cintra	07/02/15	0,1	0,01	130
P29	Córrego Cintra	19/10/13	0,35	0,35	50
P29	Córrego Cintra	31/05/14	0,1	1,2	35
P29	Córrego Cintra	09/08/14	0,1	0,01	40
P29	Córrego Cintra	23/02/14	0,1	0,15	75
P29	Córrego Cintra	22/02/15	0,35	0,01	29
P29	Córrego Cintra	09/11/14	7,5	1,2	404
P29	Córrego Cintra	09/08/14	0,1	0,01	40
P29	Córrego Cintra	31/05/14	0,1	1,2	35
P29	Córrego Cintra	23/02/14	0,1	0,01	100
P29	Córrego Cintra	15/12/13	0,1	0,01	100
P29	Córrego Cintra	10/05/15	0,1	0,01	35
P29	Córrego Cintra	08/03/15	0,1	0,035	75
P29	Córrego Cintra	02/11/14	1,5	0,075	50
P29	Córrego Cintra	09/08/14	0,1	0,01	240
P29	Córrego Cintra	31/05/14	0,1	0,01	100
P29	Córrego Cintra	22/02/14	0,1	0,01	120

P29	Córrego Cintra	12/10/13	0,1	1,2	150
P29	Córrego Cintra	15/12/13	0,1	0,01	35
P29	Córrego Cintra	09/11/14	3,5	0,01	30
P30	Córrego Tenente Rocha	05/03/16	12	0,35	12
P30	Córrego Tenente Rocha	05/04/13	3,5	0,75	240
P30	Córrego Tenente Rocha	22/02/14	0,35	1,2	240
P30	Córrego Tenente Rocha	14/12/13	0,75	0,035	240
P30	Córrego Tenente Rocha	27/07/13	12	0,01	240

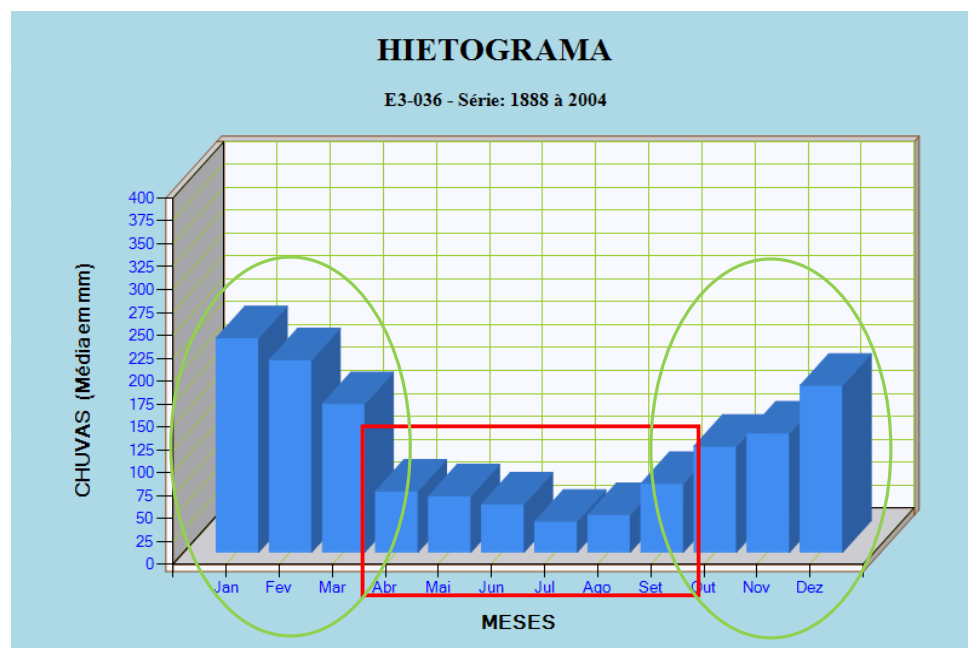
## ANEXO

Anexo A – Hietogramas da distribuição de chuvas em meses na BHAT em três postos.



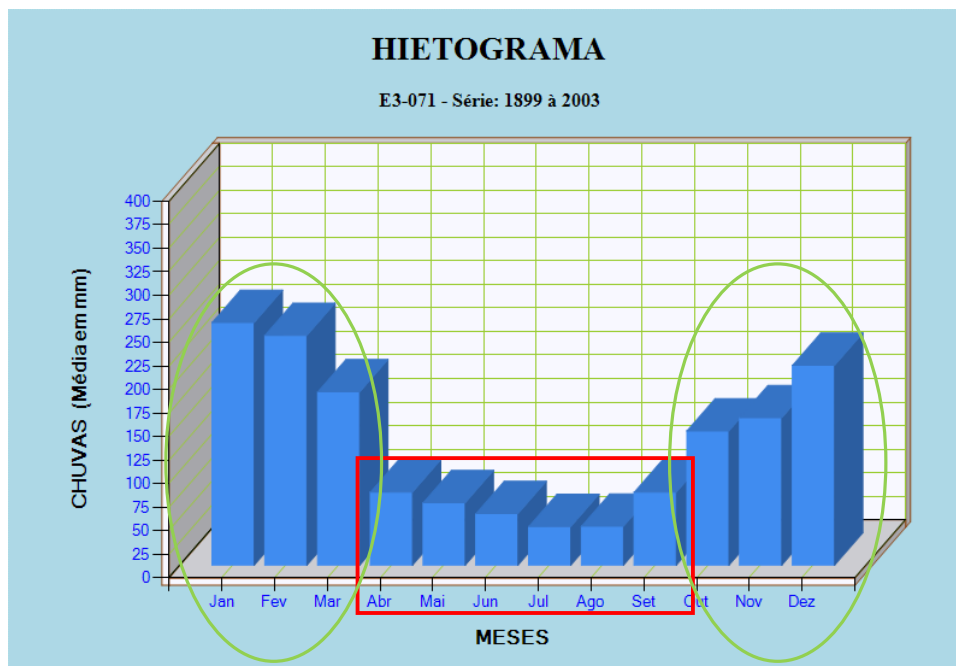
Anexo A1. Distribuição de chuvas em meses na BHAT (Posto E3-006)

**Fonte:** Portal SigRH, 2016.



Anexo A2. Distribuição de chuvas em meses na BHAT (Posto E3-036)

**Fonte:** Portal SigRH (2016)



Anexo A3. Distribuição de chuvas em meses na BHAT (Posto E3-071)

**Fonte:** Portal SigRH (2016)