

UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE  
ESCOLA DE ENGENHARIA INDUSTRIAL METALÚRGICA DE VOLTA REDONDA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA AMBIENTAL

KELLY CRISTINA DA SILVA NASCIMENTO

AVALIAÇÃO AMBIENTAL DO RIO BRANDÃO NO MUNICÍPIO DE VOLTA  
REDONDA-RJ

VOLTA REDONDA  
2020

KELLY CRISTINA DA SILVA NASCIMENTO

**AVALIAÇÃO AMBIENTAL DO RIO BRANDÃO NO MUNICÍPIO DE VOLTA  
REDONDA-RJ**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Tecnologia Ambiental

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Danielle da Costa Rubim Messeder dos Santos

Co-Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Andrea Auad Moreira

Co-Orientadora Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Denise de Castro Bertagnolli

Volta Redonda, RJ

2020

N244

Nascimento, Kelly Cristina da Silva, - ,  
Avaliação ambiental do rio Brandão no município de Volta  
Redonda, RJ / Kelly Cristina da Silva Nascimento. – Volta Redonda,  
RJ: 2020.

126 f. : il. color.

Orientador: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Danielle da C. R. Messeder dos Santos.

Co-orientadores: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Andrea Auad Moreira e Denise de  
Castro Bertagnolli.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal Fluminense,  
Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental.

1. Poluição ambiental 2. Monitoramento ambiental 3. Rio  
Brandão I. Título II. Santos, Danielle da C. R. Messeder dos  
III. Moreira, Andrea Auad IV. Bertagnolli, Denise de Castro  
V. Produção intelectual

CDD 628.268

Bibliotecária responsável: Roberta Campos - CRB7/6067

KELLY CRISTINA DA SILVA NASCIMENTO

**AVALIAÇÃO AMBIENTAL DO RIO BRANDÃO NO MUNICÍPIO DE VOLTA  
REDONDA-RJ**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Tecnologia Ambiental

**BANCA EXAMINADORA**



---

Prof.ª. Dr.ª. Danielle da Costa Rubim Messeder dos Santos - UFF  
Orientadora



---

Prof. Dr. Thiago Simonato Mozer - UFF



---

Prof.ª. Dr.ª. Izabel de Oliveira da Mota - Unifoa

Volta Redonda, RJ  
2020

À Deus e minha família

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, pelo dom da vida, pelos meus familiares e amigos, por me dar força quando penso em desistir, mostrando que tudo é possível basta fé e força para conquistas meus objetivos.

Agradeço aos meus pais, Fábio e Graça, por todo tempo dedicado em minha criação, por tudo que abriram mão para que me fortificassem e me ajudassem a chegar onde estou. Por todo apoio, compreensão, incentivos, horas de diversão e choro ao decorrer da vida. Principalmente, por terem participado ativamente da realização deste trabalho, me fazendo companhia nos momentos de coleta, tornando a atividade mais prazerosa e divertida.

Ao meu noivo, por ter compartilhado este momento comigo, sendo meu apoio, parceiro, incentivador e acima de tudo compreensivo, por todos os meus momentos ausentes e de estresse ao longo do projeto.

Agradeço à minha orientadora Dr<sup>a</sup>. Danielle da Costa Rubim Messeder dos Santos, por mais uma oportunidade e às minhas coorientadoras Dr<sup>a</sup>. Denise Bertagnolli e Dr<sup>a</sup>. Andrea Auad, por todos os conhecimentos, auxílios e instruções cedidas durante a orientação deste projeto.

Ao Laboratório Multiusuário de Análises Químicas – LAMAQ pelas análises por ICP OES das amostras.

À universidade UFF e o Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental com seu corpo docente de excelente qualidade, gratidão, por todos os ensinamentos passados que permitiram a realização deste trabalho.

Gratidão pelos amigos feitos no mestrado, pelos momentos de estudo e descontração, todo o incentivo e pelas palavras de apoio dentro e fora do mestrado.

A todos que de alguma forma contribuíram para conclusão deste projeto e desta etapa da minha vida, gratidão por terem vocês ao meu lado.

## RESUMO

A água é um dos recursos naturais mais importantes e utilizados pelo ser humano, porém sua distribuição apresenta-se de forma desigual no território brasileiro. Os efeitos desta má divisão e falta de preservação ambiental, acarretam problemas relacionados a escassez. Como os recursos hídricos são relevantes, surge a necessidade de ser gerenciado a partir das legislações que definem e delimitam os cursos d'água, com as atribuições e competências dos estados e municípios. A bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, está localizada em uma região de grande relevância nacional, devido a elevada concentração populacional e diversidade industrial existentes. Ela abrange os estados de Minas Gerais, São Paulo e Rio de Janeiro. Volta Redonda é um dos municípios fluminenses banhado pelo rio Paraíba do Sul, marcado por um corte sinuoso que serve como referência territorial e paisagística. A cidade possui diversos rios e córregos que deságuam no rio Paraíba do Sul, sendo o seu principal afluente o Rio Brandão, que foi empregado como área de planejamento do traçado da Vila Operária na instalação da Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), em 1941. Com o crescimento populacional, o rio Brandão vem sofrendo diversas modificações em seu percurso, as quais afetaram a sua qualidade. Logo, torna-se necessário um estudo acerca dos parâmetros físico-químicos para caracterização da qualidade da água deste rio, além de estudos da várzea para que contribuam para o seu gerenciamento ambiental. O estudo foi realizado com a coleta das amostras em três pontos diferentes de Volta Redonda, seguido de análises de temperatura, pH, condutividade, turbidez, alcalinidade, cloretos, dureza e sólidos totais e análise de metais por Espectrometria de emissão óptica por plasma acoplado indutivamente (ICP OES). A partir dos resultados obtidos percebeu-se que os valores encontrados nos parâmetros físico-químicos e de fósforo estavam de acordo com os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA Nº 357/2005. Já o manganês apresentou resultado acima do esperado. Os demais metais analisados não foram detectados, o que indica que a qualidade do rio não foi afetada pelos processos de urbanização observados.

**Palavras-chave:** Poluição ambiental; Monitoramento ambiental; Rio Brandão.

## ABSTRACT

Water is one of the most important natural resources used by humans, but its distribution is unevenly presented in Brazilian territory. The effects of this poor division and lack of environmental preservation, lead to problems related to scarcity. As water resources are relevant, increase the need to be managed based on the laws that define and delimit water courses, with the powers and responsibilities of states and municipalities. A river basin on the Paraíba do Sul River, is located in a region of great national relevance, due to a population concentration and existing industrial diversity. It covers the states of Minas Gerais, São Paulo and Rio de Janeiro. Volta Redonda is one of the Fluminense municipalities bathed by the Paraíba do Sul river, marked by a sinuous cut that serves as a territorial and landscape reference. The city has several rivers and roads that house the Paraíba do Sul River, being the main tributary of the Brandão River, which was used as a planning area for the Vila Operária route in the installation of the Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), in 1941. With the population growth, the Brandão River undergoes several changes in its course, such as which affected its quality. Therefore, it is necessary to study the physical-chemical criteria for the characterization of the water quality of this river, in addition to studies of the variant to contribute to its environmental management. The study was carried out with a collection of samples at three different points of Volta Redonda, and an analysis of temperature, pH, conductivity, turbidity, alkalinity, chlorides, hardness and rapid tests, and analysis of metals by chemical emission spectrometry by plasma inductively coupled (ICP OES). From the results it was realized that the values found by physical-chemical and phosphorus parameters were in accordance with the limits established by CONAMA Resolution No. 357/2005. Manganese on the other hand had a better than expected result. The other metals analyzed were not detected, which indicates that the quality of the river was not affected by the observed urbanization processes.

**Keywords:** Brandão River; Environmental monitoring; Environment pollution.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Distribuição de água doce superficial no Mundo, p. 21
- Figura 2 – Divisão Hidrográfica Nacional, p. 24
- Figura 3 – Unidade hidrográficas da RH Atlântico Sudeste, p. 26
- Figura 4 – Mapa da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, p. 28
- Figura 5 – Plano Geral da Usina e da Vila Operária de Volta Redonda, p. 34
- Figura 6 – Dimensões da APP segundo Código Florestal Brasileiro, p. 48
- Figura 7 – Fluxograma Metodológico, p. 49
- Figura 8 – Rio Brandão posterior a nascente, p. 50
- Figura 9 – Localização da ARIE Floresta da Cicuta, p. 52
- Figura 10 – Saída da ARIE no bairro Siderópolis, p. 53
- Figura 11 – Encontro do Rio Cachoeirinha com o Rio Brandão – Vila Santa Cecília, p. 54
- Figura 12 – Área de drenagem do Rio Brandão, p. 55
- Figura 13 – Pontos de Coleta do Rio Brandão, p. 57
- Figura 14 – Ponto de Coleta RB 01 – A jusante da nascente, p. 68
- Figura 15 – Ponto de Coleta RB 01, p. 69
- Figura 16 – Ponto de Coleta RB 02 – Bairro Siderópolis – VR, p. 70
- Figura 17 – Ponto de Coleta RB 02 – Estação Seca, p. 71
- Figura 18 – Ponto de Coleta RB 03 – Bairro Vila Santa Cecília – VR, p. 72
- Figura 19 – Ponto de Coleta RB 03 – Estação Seca, p. 72
- Figura 20 – Volume acumulado de precipitação das Estações UHE Nilo Peçanha e UERL Santa Cecília, p. 73
- Figura 21 – Temperatura nos pontos de coleta no Rio Brandão, p. 75

Figura 22 – Dados encontrados de pH nos pontos de coleta no Rio Brandão, p.77

Figura 23 – Condutividade nos pontos de coleta no Rio Brandão, p. 79

Figura 24 – Turbidez nos pontos de coleta no Rio Brandão, p. 82

Figura 25 – Dados encontrados de alcalinidade nos pontos de coleta no Rio Brandão, p. 85

Figura 26 – Dados encontrados de cloreto nos pontos de coleta no Rio Brandão, p. 87

Figura 27 – Dados encontrados de dureza total, p. 89

Figura 28 - Sólidos totais nos pontos de coleta no Rio Brandão, p. 91

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Dimensões das bacias hidrográficas (km<sup>2</sup>), p. 25
- Tabela 2 – Padrões de qualidade da água: Classe 1 – Parâmetros Físicos, p. 39
- Tabela 3 – Classificação da Dureza da Água, p. 41
- Tabela 4 – Padrões de qualidade: Classe 1 – Parâmetros Químicos, p. 42
- Tabela 5 – Padrões de qualidade: Classe 1 – Parâmetros Inorgânicos, p. 46
- Tabela 6 – Padrões Utilizados, p. 59
- Tabela 7 – Lista de reagentes utilizados nos preparos das soluções, p. 59
- Tabela 8 – Lista de indicadores utilizados nas titulações, p. 60
- Tabela 9 – Método utilizado a partir do *Standard Methods*, p. 61
- Tabela 10 – Condição de operação do ICP-OES, p. 66
- Tabela 11 – Linhas de emissão do ICP-OES, p. 67
- Tabela 12 – Parâmetros analíticos para a técnica de ICP-OES: Elemento, R<sup>2</sup>, LD e LQ, p. 67
- Tabela 13 - Resultados da temperatura da água do rio Brandão no período de estudo p. 75
- Tabela 14 – Resultados do pH na água do rio Brandão no período de estudo, p. 77
- Tabela 15 – Resultados da condutividade na água do rio Brandão no período de estudo, p. 79
- Tabela 16 – Resultados da turbidez na água do rio Brandão no período de estudo, p. 81
- Tabela 17 – Resultados da alcalinidade na água do rio Brandão no período de estudo, p. 84
- Tabela 18 – Resultados de cloreto na água do rio Brandão no período de estudo, p. 86
- Tabela 19 – Resultados de dureza total na água do rio Brandão no período de estudo, p. 88
- Tabela 20 – Resultado de sólidos totais na água do rio Brandão no período de estudo, p. 91
- Tabela 21 – Resultados de fósforo na água do rio Brandão no período de estudo, p. 93

Tabela 22 – Resultados dos traços metálicos estudados nos pontos de coleta do rio Brandão, p.

94

## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

AGEVAP	Associação Pró-Gestão as Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul
ANA	Agência Nacional de Águas
APP	Área de Preservação Permanente
ARIE	Área de Relevante Interesse Ecológico
CEIVAP	Comitê para Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CSN	Companhia Siderúrgica Nacional
DNA	Ácido Desoxirribonucleico
DS	Desenvolvimento Sustentável
DICIO	Dicionário
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMBio	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
ICP OES	Espectrometria de Emissão Óptica com Plasma Acoplado Indutivamente
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MPF	Ministério Público Federal
NTU	Unidade Nefelométrica de Turbidez
OECO	Associação O Eco
pH	Potencial Hidrogeniônico
PMVR	Prefeitura Municipal de Volta Redonda
PNRH	Política Nacional dos Recursos Hídricos

RNA	Ácido Ribonucleico
SINGREH	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SMC	Secretaria Municipal de Cultura
UNESCO	Organização das Nações Unidas para Educação, a Ciência e a Cultura
UPV	Usina Presidente Vargas

## SUMÁRIO

- 1 INTRODUÇÃO, p. 18
- 2 OBJETIVOS, p. 20
  - 2.1 OBJETIVO GERAL, p. 20
  - 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS, p. 20
- 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA, p. 21
  - 3.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE OS RECURSOS HÍDRICOS, p. 21
    - 3.1.1 Disponibilidade Hídrica, p. 21
    - 3.1.2 Bacia Hidrográfica, p. 23
    - 3.1.3 Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, p. 27
  - 3.2 ECOSSISTEMAS URBANOS, p. 29
    - 3.2.1 Urbanização e Desenvolvimento Sustentável Urbano, p. 29
  - 3.3 VÁRZEA E MATA CILIAR, p. 31
  - 3.4 CONTEXTUALIZAÇÃO DO RIO BRANDÃO, p. 33
  - 3.5 GESTÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA, p. 36
    - 3.5.1 Poluição Hídrica, p. 36
  - 3.6 INDICADORES DA QUALIDADE DA ÁGUA, p. 37
    - 3.6.1 Parâmetros Físicos: Temperatura, Condutividade, Turbidez e Sólidos Totais, p. 38
    - 3.6.2 Parâmetros Químicos: pH, Alcalinidade, Cloreto, Dureza Total e Fósforo, p. 40
    - 3.6.3 Parâmetros Inorgânicos: Metais, p. 42
  - 3.7 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL, p. 46
- 4 MATERIAIS E MÉTODOS, p. 49

4.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO,	p. 50
4.1.1	<u>Rio Brandão,</u>	p. 50
4.1.2	<u>Monitoramento de Campo</u>	p. 56
4.2	COLETA DE AMOSTRAS,	p. 58
4.3	REAGENTES,	p. 58
4.4	ANÁLISES DA ÁGUA,	p. 60
4.4.1	<u>Temperatura, pH, Condutividade e Turbidez,</u>	p. 61
4.4.2	<u>Alcalinidade,</u>	p. 62
4.4.2.1	Padronização do Ácido Sulfúrico,	p. 62
4.4.2.2	Análise Química,	p. 62
4.4.3	<u>Cloreto,</u>	p. 63
4.4.3.1	Padronização do Nitrato de Prata,	p. 63
4.4.3.2.	Análise Química,	p. 63
4.4.4	<u>Dureza,</u>	p. 64
4.4.4.1	Padronização do EDTA,	p. 64
4.4.4.2	Análise Química,	p. 64
4.4.5	<u>Sólidos Totais,</u>	p. 65
4.4.6	<u>Fósforo e Metais,</u>	p. 65
5	<u>RESULTADOS E DISCUSSÃO,</u>	p. 68
5.1	DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DO RIO BRANDÃO,	p. 68
5.1.1	<u>Descrição dos Pontos de Coleta,</u>	p. 68
5.1.2	<u>Pluviosidade,</u>	p. 73

5.1.3 Análises dos Parâmetros Físico-Químicos, p. 74

5.1.3.1 Temperatura, p. 74

5.1.3.2 Potencial Hidrogeniônico (pH), p. 76

5.1.3.3 Condutividade, p. 79

5.1.3.4 Turbidez, p. 81

5.1.3.5 Alcalinidade, p. 83

5.1.3.6 Cloretos, p. 86

5.1.3.7 Dureza total, p. 88

5.1.3.8 Sólidos Totais, p. 90

5.1.3.9 Fósforo, p. 92

5.1.3.10 Metais, p. 94

5.2 REVITALIZAÇÃO AMBIENTAL DO RIO BRANDÃO, p. 98

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS, p. 100

7 REFERÊNCIAS, p. 102

ANEXOS, p. 124

## 1. INTRODUÇÃO

A água é um dos recursos naturais mais utilizados pelo ser humano, seja pelo seu papel essencial para a vida e para o desenvolvimento de várias funções metabólicas, ou pelo seu uso como mercadoria e recurso econômico (POSTEL, 2000).

A interferência indevida, resultado de um conjunto de problemas ambientais, resultantes da utilização incorreta deste recurso (TUNDISI, 2008). Ainda segundo o autor, o desequilíbrio da participação dos fatores bióticos, altera a oferta de água tanto em qualidade como em quantidade sendo agravados por problemas de desenvolvimento econômico e social.

O Brasil é abundante em recursos hídricos, sendo detentor de 12% da disponibilidade mundial. No entanto, a sua distribuição não é uniforme, o que acaba ocasionando problemas de escassez em certas regiões menos privilegiadas ou com alta demanda de uso de água, sendo assim necessário um gerenciamento deste recurso (BRASIL, 2007a).

A bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul é considerada uma das mais importantes bacias de âmbito Federal, abrangendo uma das regiões mais desenvolvidas do país constituída pelos estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro. Em sua extensão há 184 municípios, sendo que 36 destes estão parcialmente inseridos na bacia. Ao longo do seu percurso o rio Paraíba do Sul é subdividido de acordo com as características físicas em relação a disponibilidade, demanda e qualidade do recurso, além do uso e ocupação do solo e em seu trecho médio inferior corta a cidade de Volta Redonda (BRASIL, 2001a).

Ao longo do traçado do rio Paraíba do Sul e de seus principais afluentes, indústrias se instalaram e cidades cresceram, despejando rejeitos pelo seu curso, em sua maioria sem tratamento adequado. Tal situação tem causado, ao longo dos anos, degradação da sua qualidade e redução da sua disponibilidade hídrica (JÍMENEZ; FAUSTINO, 2003).

Um exemplo de crescimento populacional ao longo do rio Paraíba do Sul, é o município de Volta Redonda, localizado no interior do estado do Rio de Janeiro. A cidade apresentou um crescimento demográfico devido à instalação da Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) nos anos 40. O crescimento acelerado causou inúmeros problemas ambientais devido à falta de planejamento e estruturação no crescimento do Município. Possui inúmeros riachos e córregos que constituem a malha hidrográfica do rio Paraíba do Sul, bem como de receptores naturais, tendo o rio Brandão como um dos seus principais afluentes (MOREIRA & PAULA, 2012).

O elevado crescimento populacional ao longo das margens do Rio Brandão ocasionou adversidades ambientais. Obra de impermeabilização das áreas que atuavam como amortecimento de vazões e a diminuição da sua calha, além da degradação e retirada da mata ciliar a qual deveria estar presente em todo seu leito, foram realizados ocasionando o assoreamento do rio (COPPETEC, 2006).

O nível de qualidade de um corpo hídrico é analisado por parâmetros físico-químicos e biológicos, os quais possibilitam intervenções a serem tomadas a fim de manter as condições da qualidade em níveis correspondentes à sua classe (GONÇALVES, 2009).

O presente trabalho teve como objetivo realizar o monitoramento dos parâmetros físico-químicos relacionados à qualidade da água em diferentes trechos do rio Brandão no período de 2019, além da consolidação das características da várzea do rio em meio rural e urbano. A fim de auxiliar na percepção e sensibilização para os possíveis problemas ambientais adquiridos ao longo dos anos com o avanço populacional e industrial no município de Volta Redonda.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. OBJETIVO GERAL

Realizar uma caracterização integrada do rio Brandão na cidade de Volta Redonda, a partir do estudo da análise da água, quanto aos seus principais parâmetros físico-químicos e seus efeitos nos corpos hídricos, visando identificar as possíveis contaminações, bem como a situação da várzea do rio Brandão, através da comparação o rio nas zonas urbana e rural, criando perspectivas de reabilitação das áreas afetadas devido ao crescimento populacional próximo ao rio.

### 2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar a várzea do rio Brandão no meio urbano e rural;
- Quantificar os elementos traços Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, P, Pb e Zn existentes na água do rio Brandão por Espectrometria de Emissão Óptica por Plasma Acoplado Indutivamente (ICP OES);
- Avaliar a qualidade da água do rio a partir dos parâmetros físico-químicos de temperatura, pH, condutividade, turbidez, alcalinidade, cloreto, dureza total, sólidos totais;
- Identificar possíveis zonas vulneráveis ao longo do trecho do rio Brandão.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE OS RECURSOS HÍDRICOS

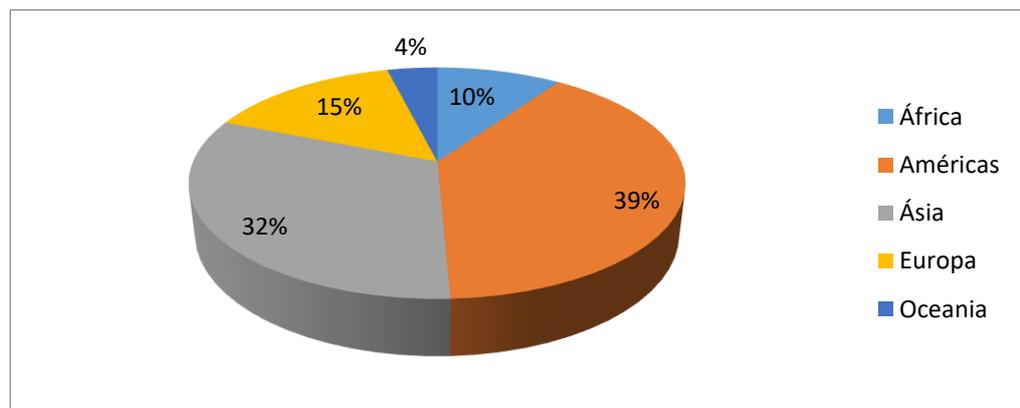
##### 3.1.1. Disponibilidade Hídrica

A água é um dos recursos naturais mais vitais e amplamente partilhados do planeta. Apesar de cerca de  $\frac{3}{4}$  da superfície da Terra ser ocupada por água, 97% deste total é composto de água salgada e 3% de água doce, sendo que apenas uma pequena quantidade está em sua forma superficial disponível a população do planeta (BRASIL, 2007c).

A maior parte do planeta é coberta por água, em diversos estados físicos, o que possibilita uma constante recirculação decorrente da evaporação dos oceanos, precipitação, infiltração em aquíferos e reservas, na qual compreende o ciclo hidrológico (BRASIL, 2007c). Este processo ocorre devido à ação da energia solar, que resulta na evaporação, somada a transpiração de organismos vivos que, junto com as variações climáticas e através da força gravitacional, precipitam na fase líquida (chuva), na fase sólida (neve, granizo), pela condensação ou congelamento de vapor, favorecendo o equilíbrio (TELLES & COSTA, 2010).

Devido à ausência de homogeneidade do ciclo da água na Terra, tem-se uma distribuição desigual da água no planeta. De acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA), pelo menos 10 países (Rússia, China, Canadá, Indonésia, Estados Unidos, Índia, Colômbia, República Democrática do Congo e Brasil), concentram 60% do suprimento global de água doce disponível (BRASIL, 2009a), conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1: Distribuição de Água doce superficial no Mundo



Fonte: Adaptado de BRASIL (2009a).

Enquanto o ciclo da água possui certa estabilidade, seu consumo aumenta em nível superior ao crescimento populacional. Cerca de 12% da água doce superficial disponível no globo terrestre se encontra no Brasil, detentor da maior reserva de água doce subterrânea, o Aquífero Guarani. De acordo com a estimativa realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o Brasil teria em torno de 210.147.125 de habitantes em 8.510.820,623 km<sup>2</sup>, ou seja, possuiria uma posição privilegiada em comparação aos demais países devido ao volume de recursos hídricos. No entanto, cerca de 73% de água doce encontra-se na bacia Amazônica, que é pouco habitada e os 27% restantes do recurso disponível destina-se a 95% da população (LIMA, 2001).

Como qualquer outro local do Planeta existem as regiões que sofrem com a escassez hídrica, devido aos problemas climáticos, ou devido à concentração populacional e a má distribuição geográfica. O uso e a ocupação desordenada do território agravam os efeitos da estiagem ou cheias que afetam as regiões. Além disso, na grande maioria das vezes verificam-se efluentes não tratados lançados em corpos de água de forma inapropriada (TELLES & COSTA, 2010).

Segundo Somlyody e Varis (2006) os problemas com a crise e o seu agravamento decorrem de problemas reais de disponibilidade e a alta demanda, efeitos de um processo de gestão precária e sem respostas a crise. Para Gleick (2000), o resultado desta crise é advindo de um conjunto de problemas ambientais agravados relacionados à economia e desenvolvimento social defasados.

De acordo com as perspectivas futuras, estima-se que até 2030 o planeta enfrentará um déficit de recursos hídricos de 40%, devido ao avanço tecnológico que aumenta de forma exponencial em relação a demanda de água. Até 2050 a agricultura produzirá 60% de alimentos para cobrir as necessidades de alimentação populacional e esse crescimento também implica em um elevado consumo de água. Já para o setor industrial a demanda de água crescerá 400%, principalmente em países em desenvolvimento (UNESCO, 2015). Estima-se ainda que entre 2015 e 2050 o número de países que sofrem com a escassez de água aumentará para cerca de cinquenta (AFONSO, 2015).

### 3.1.2. Bacias Hidrográficas

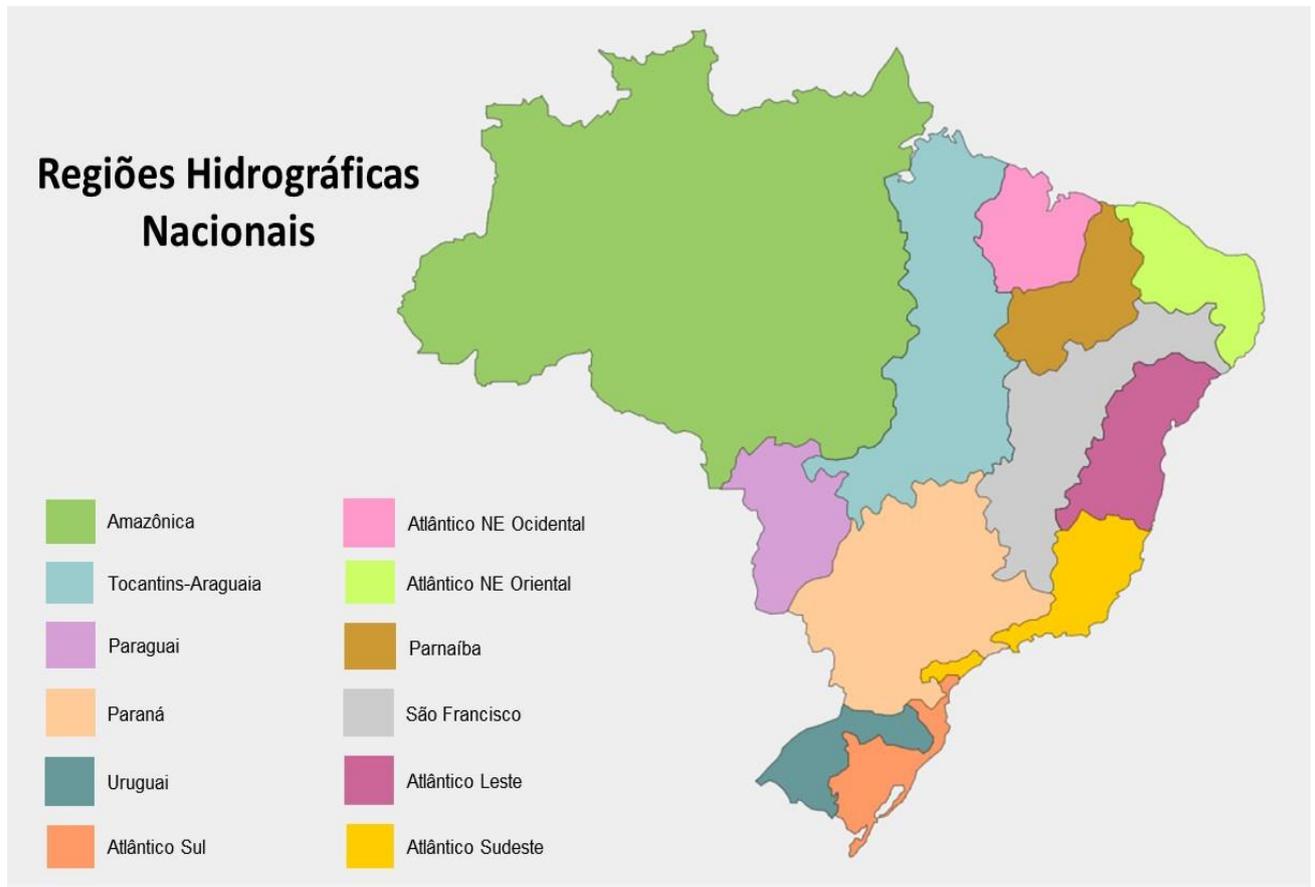
Devido à importância da água como recurso estratégico e fundamental que surte impactos na economia, tem-se uma necessidade de gerenciamento de recursos hídricos em todo o mundo, de modo a assegurar o seu uso sustentável e eficiente (CAVALCANTI & MARQUES, 2016).

Em 1997, a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) foi instituída pela Lei Nº 9.433 criando e incorporando o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH) com princípios e normas de gestão, definindo as bacias hidrográficas como unidades de estudo e de gestão (BRASIL, 1997).

Define-se bacia hidrográfica como o conjunto de terras drenadas por um rio e seus afluentes, tendo limitado seu contorno em relação ao relevo, bem conhecido como divisores de água (BARRELLA et al., 2001). A classificação de uma bacia hidrográfica vai além da superfície total, mas considera efeitos dominantes na descarga fluvial, que agregam características relacionadas à sensibilidade da chuva, utilização do solo (cobertura vegetal), sendo assim detectadas as alterações na disponibilidade e na qualidade da água em seu percurso (TEODORO et al., 2007).

Devido ao Brasil ser um território de extensa área e de diversificadas redes fluviais, para fins de planejamento e estudo, a ANA mapeou 12 regiões de bacia hidrográficas, conforme observado na Figura 2. O reconhecimento dessas áreas é de fundamental importância para a uniformização e a troca de informações entre os órgãos federais e estaduais que tratam do assunto (BRASIL, 2007a).

Figura 2: Divisão Hidrográfica Nacional



Fonte: Adaptado de BRASIL (2007a).

Como listado na Tabela 1, mais de 73% da água doce disponível no Brasil encontra-se na bacia Amazônica, que é habitada por menos de 5% da população do Brasil, ou seja, apenas 27% dos recursos hídricos brasileiros estão disponíveis para as demais regiões, onde residem 95% da população no país (BRASIL, 2013).

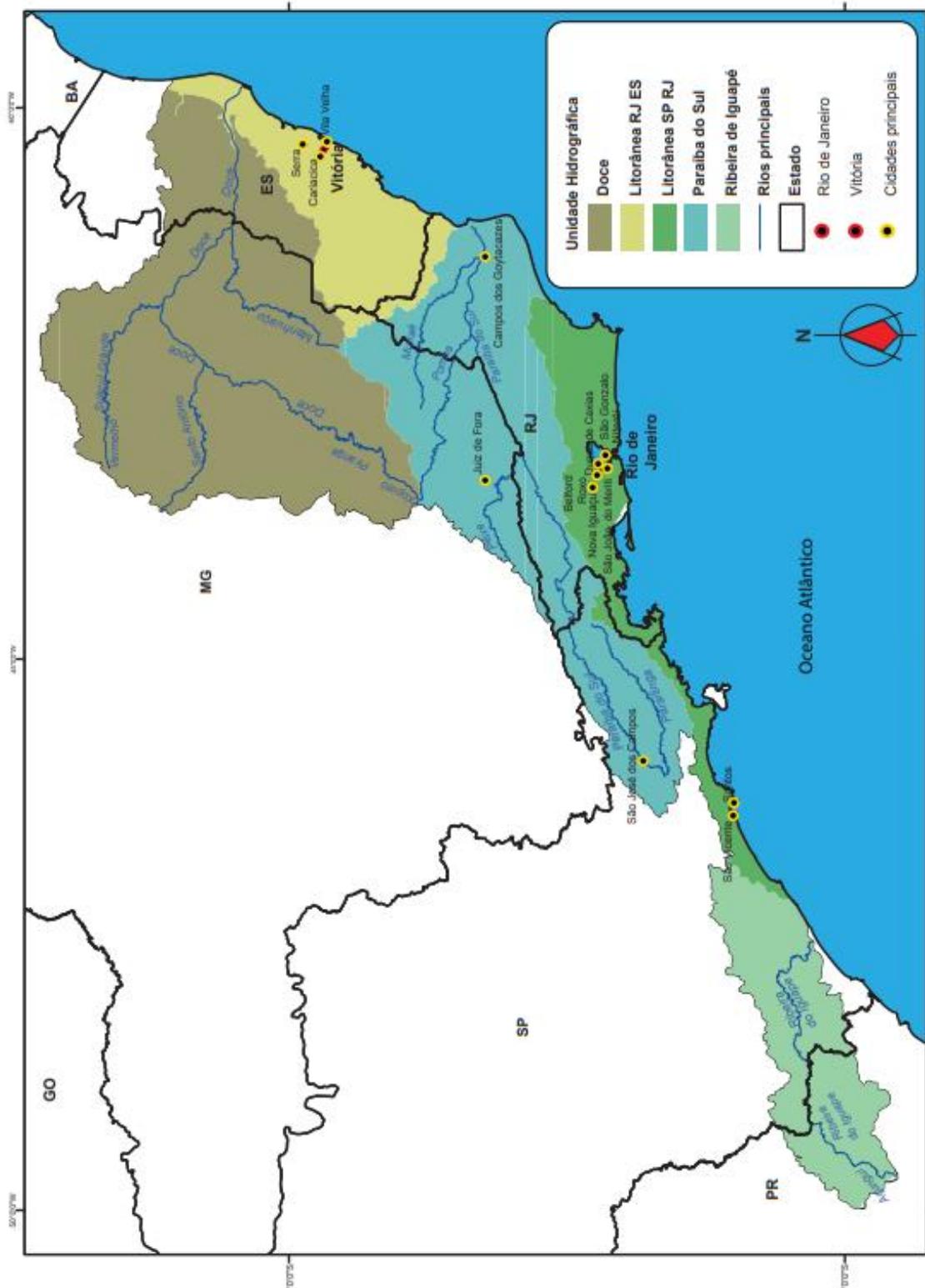
Tabela 1: Dimensões das bacias hidrográficas (km<sup>2</sup>)

Região Hidrográfica	Área (km <sup>2</sup> )	Porcentagem do país (%)
Amazônica	3.879.207	45,0
Tocantins – Araguaia	920.087	10,8
Atlântico Nordeste Ocidental	274.350	3,0
Parnaíba	333.056	3,9
Atlântico Nordeste Oriental	286.800	3,4
São Francisco	638.466	7,5
Atlântico Leste	388.160	3,9
Atlântico Sudeste	214.629	2,5
Atlântico Sul	187.552	2,2
Uruguai	174.801	3,0
Paraná	879.873	10,0
Paraguai	363.446	4,3
Total	8.532.772	99,5

Fonte: Adaptado de BRASIL (2015b).

Destaca-se a Região Hidrográfica do Atlântico Sudeste (Figura 3) que possui expressiva relevância no território nacional devido elevada concentração populacional e ao agregado econômico relacionado ao extenso e diversificado parque industrial instalado. Ela é subdividida em seis unidades hidrográficas: Doce, Litorânea RJ/ES, Litorânea SP/RJ, Paraíba do Sul, Ribeira de Iguape (Litorânea SP /PR) e sua extensão é de 214.629 km<sup>2</sup> de área, ou seja, 2,5% do país (BRASIL, 2015a).

Figura 3: Unidades hidrográficas da Região Hidrográfica do Atlântico Sudeste



Fonte: BRASIL (2015a).

### 3.1.3. Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul

A Bacia do rio Paraíba do Sul está localizada na região hidrográfica do Atlântico Sudeste, entre as latitudes 20°26' e 23°00' e longitudes 41°00' e 46°30', apresentando uma forma alongada. É limitada ao norte das bacias dos rios Grande e Doce pela Serra da Mantiqueira, Caparaó e Santo Eduardo (CEIVAP, 2014).

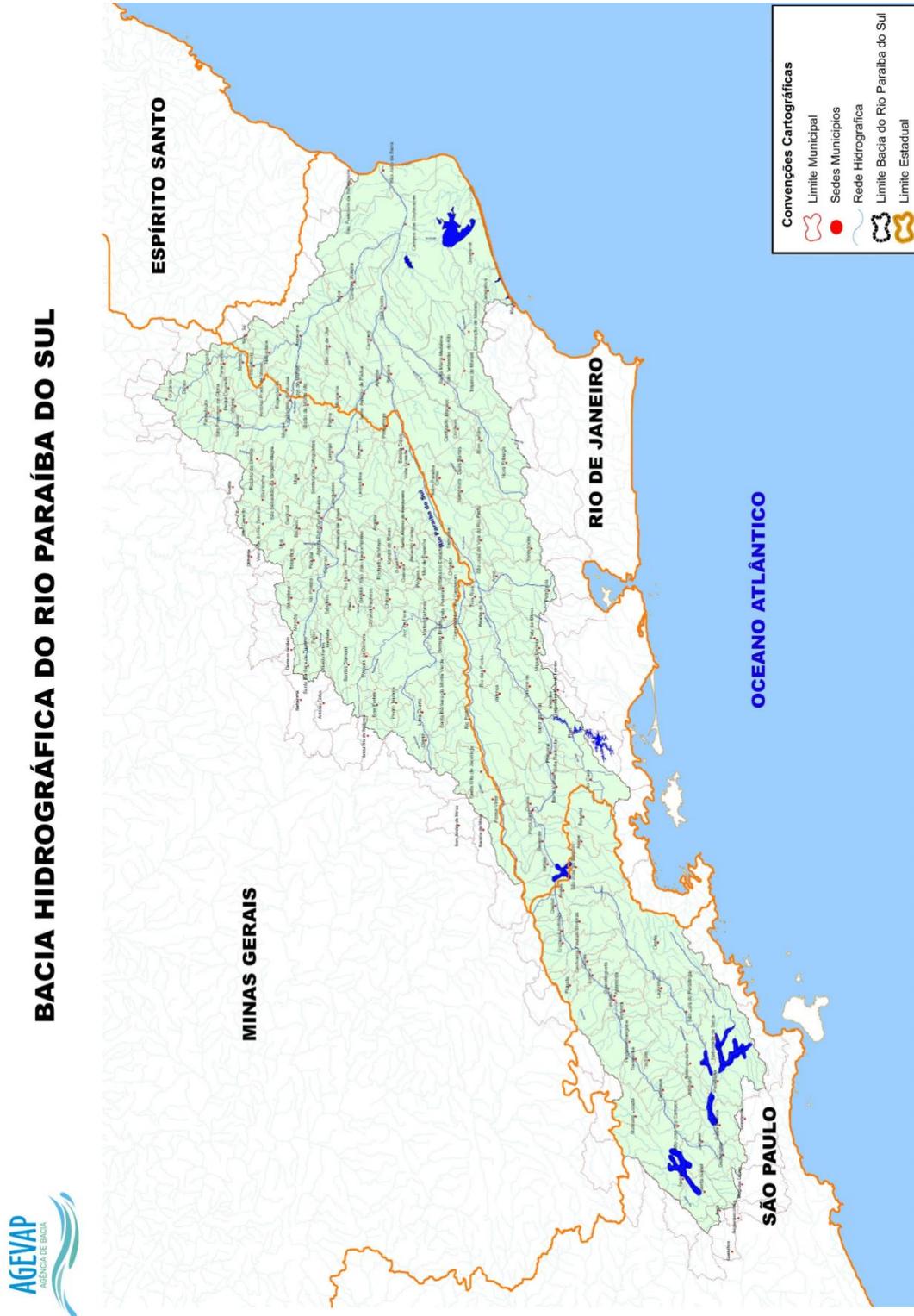
O principal rio da bacia é o Paraíba do Sul, origina-se na cidade de Cunha (SP), na serra da Bocaina, divisa entre os estados de São Paulo e Rio de Janeiro, resultando da união dos rios Paraibuna e Paraitinga. Seu curso percorre o território de três estados: São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro, na qual possui a foz no oceano Atlântico, no município de São João da Barra, após percorrer aproximadamente 1.150 km (AGEVAP, 2011).

A sua bacia é de aproximadamente 62.074 km<sup>2</sup> e abrange 184 municípios, dos quais 88 são do estado de Minas Gerais, 57 no estado do Rio de Janeiro e 39 no estado de São Paulo, dividindo então os três estados de enorme relevância econômica, política e social do país, conforme ilustrado na Figura 4 (CAVALCANTI; MARQUES, 2016).

Por ser um rio de trecho longo, ao percorrer as cidades apresenta características físicas bem distintas, foi atribuída uma classificação segundo a AGEVAP (2011), dividindo-o em quatro segmentos:

- Curso Superior: da nascente em Areias (SP) até a cidade de Guararema (SP), possui aproximadamente 317 km de extensão;
- Curso Médio Superior: de Guararema (SP) até a cidade de Cachoeira Paulista (SP), com 208 km de extensão, partindo de uma altitude de 570 metros altitude até 515 metros de altitude;
- Curso Médio Inferior: de Cachoeira Paulista (SP) até a cidade de São Fidélis (RJ), com 480 km de extensão;
- Curso Inferior: de São Fidélis (RJ) até a cidade de São João da Barra, na qual se localiza a foz no Oceano Atlântico, possuindo 95 km de extensão.

Figura 4: Mapa da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul



Fonte: AGEVAP (2010).

O Rio Paraíba do Sul fornece cerca de 80% do suprimento de água para uma população de aproximadamente 15 milhões de pessoas. Possui uma tendência de maior desenvolvimento industrial e populacional nas proximidades das metrópoles, ao longo do seu curso localizam-se mais de 7000 indústrias, resultando numa arrecadação de cerca de 10% do PIB nacional (MARENGO; ALVES, 2005).

A ocupação da Bacia do Paraíba do Sul se deu ao longo de diversos ciclos econômicos, iniciados com a agricultura e a mineração até o século XX, o que resultou na devastação das florestas nativas (AVELLAR, 2015). Com a decadência do café ocorreu a expansão agropecuária e o crescente processo de industrialização e urbanização, principalmente na Região Serrana e no Vale do Paraíba, favorecidos pela infraestrutura da rede ferroviária (DEMANBORO, 2015).

Em 1941, na cidade de Volta Redonda, importante eixo de ligação entre o Rio de Janeiro e São Paulo, ocorreu a instalação da CSN, tornando o rio Paraíba do Sul um grande eixo de desenvolvimento (CEIVAP, 2014).

## 3.2. ECOSSISTEMA URBANO

### 3.2.1. Urbanização e Desenvolvimento Sustentável Urbano

Historicamente o crescimento das cidades ocorreu concomitantemente à industrialização e os efeitos provenientes deste acelerado processo é a poluição do meio ambiente devido às aglomerações urbanas que por si só já são impactantes (BRASIL, 2015b). Esse desequilíbrio no desenvolvimento é a resposta da insustentabilidade adquirida ao longo dos anos, devido aos processos de urbanização, que decorrem da Revolução Industrial, na qual os países arcaram com um custo elevado ambiental perante o seu crescimento econômico ocorrido lado a lado ao crescimento urbano (SILVA et al., 2012).

Assim, a urbanização é a responsável pela ocupação territorial e pelo consumo dos recursos naturais, renováveis e não renováveis. Este processo baseia-se ainda na relação da urbanização com a sustentabilidade urbana no que se refere ao atendimento das necessidades atuais não comprometendo o futuro (BURNETT, 2006).

Todos os processos de urbanização desde a antiguidade deram-se próximos aos recursos hídricos, principais alicerces para a civilização, por serem fundamentais ao desenvolvimento.

No Brasil, não teria sido diferente, apesar do choque cultural dos nativos indígenas, que tratavam o rio com respeito e a concepção do europeu colonizador que acreditava ser necessário desbravar os recursos para que houvesse evolução (QUEIROZ, 2006). No princípio, a colonização europeia no Brasil ficou restrita ao longo do litoral e voltada para o lado do oceano e somente décadas depois se propuseram a explorar o interior do território (KANTOR, 2009).

Os rios que até então eram espaços desconhecidos, foram sendo descobertos pelo colonizador europeu, que promoveu a destruição de uma forma distinta de sua utilização. Após o surgimento do Ciclo do Ouro, os mesmos foram utilizados como vias para a navegação, iniciando os processos de degradação das várzeas e vegetação ribeirinha e povoados (ALMEIDA, 2010).

Ainda segundo Almeida (2010), as cidades foram se desenvolvendo e com elas os problemas ligados aos sistemas de abastecimentos que eram e são precários até hoje, devido ao aumento populacional que acarretou a crescente demanda pelo consumo de água. Os pequenos córregos passaram a ser utilizados como fonte de abastecimento, os quais são mais suscetíveis aos efeitos da poluição, devido às contaminações por esgoto, pois as formas de descarte de resíduos também sempre foram precárias.

De forma geral, os rios urbanos no Brasil, com poucas exceções, são desvalorizados pela sociedade e, devido ao crescimento populacional e industrial, o aumento do lançamento de esgotos nos rios os tornaram insalubres. O Poder Público, por sua vez, utiliza-se de tratativas paliativas para a sua solução, sendo na verdade um paradigma urbanístico por todo o país (MUSETTI, 2006).

Em 1983, o Relatório Bruntland, com anos de existência, conceitua o termo Desenvolvimento Sustentável (DS), como sendo “aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade das gerações futuras de atenderem suas próprias necessidades”. Baseando-se no conceito Marinho; França (2008) propõe a utilização racional dos recursos, implicando em escolhas menos danosas ao meio ambiente. Portanto, o desenvolvimento sustentável requer a interação de inúmeras condições, similares às preconizadas na sustentabilidade, na qual busca o comprometimento das cidades por modificações com a preservação dos recursos do planeta, atrelados à melhoria da qualidade de vida populacional, conciliando os métodos preservacionistas, a equidade social e ao desenvolvimento econômico (CASTRO et al., 2007).

Uma das discussões sobre a sustentabilidade urbana é a defesa da mudança do paradigma de consumo como modelo de desenvolvimento econômico, contrapondo o modelo geral do consumo em massa, geradoras de poluição e degradação ambiental. A consolidação do conceito de sustentabilidade urbana deve inicialmente de trabalhar reflexões sobre as dinâmicas em que ocorre a produção do espaço urbano (BRASIL, 2015b). Isto implica em uma mudança de postura do poder público em relação às questões ambientais que se dá através das pressões internacionais em relação ao recuo da exploração dos recursos naturais e, conseqüentemente, da adoção de novas estratégias de planejamento em busca da sustentabilidade ideal (ALMEIDA, 2010).

Para o sucesso de um bom planejamento urbano ambiental é necessário ponderar várias condições e considerar a realidade urbana, para uma boa tomada de decisão. Tendo em vista os fatores externos e imprevisíveis, para alcançar o uso racional dos recursos e uma expansão territorial adequada, para que se utilize as melhores técnicas disponíveis (SILVA & WERLE, 2007).

O enfoque do Planejamento Ambiental Urbano visa a integração das políticas públicas e o planejamento urbano, seguindo planos de proteção e gestão dos recursos naturais, apontada à perspectiva ambiental da cidade (FRANCO, 2001).

Entretanto, apesar das pressões internacionais, o Brasil ainda possui pouca efetividade no âmbito de preservação e com isso, de forma geral, as cidades continuam crescendo de forma desordenada, refém do poder econômico, permanecendo o planejamento urbano estagnado (SILVA & WERLE, 2007).

### 3.3. VÁRZEA E MATA CILIAR

Grandes faixas de terras marginais aos rios, córregos, lagos, represas e nascentes compreendem em áreas de várzea ou planície de inundação, áreas que sofrem influência de fatores hidrográfico, sujeitas a enchentes e inundações periódicas (BENATTI, 2016). Nem toda área marginal de um corpo hídrico é considerada várzea, pois pode-se ter áreas que não sofrem com as cheias. Em condição natural, são cobertas por matas ciliares ou ripárias (CALHEIROS; LIMA; FANTIN, 2009).

A mata ciliar, de acordo com a definição de Nicácio (2001), é uma formação vegetal com marcantes variações na composição florística e na estrutura comunitária, essenciais ao equilíbrio do meio ambiente e ao desenvolvimento sustentável, tendo como função primária a veiculação das vazões de cheia. É também conhecida como mata de várzea ou floresta ripária

A constituição florística apresenta diversidade em resposta à heterogeneidade ambiental apresentada por este ambiente, devido à diferença na topografia, idade de formação e características de origem e formação do solo e na flutuação do lençol freático (RODRIGUES & LEITÃO-FILHO, 2000), ou seja, são ecótonos<sup>1</sup>, cuja mudança na paisagem se dá, em grande parte, devido às relações topográficas e o regime hidrológico do corpo d'água, promovendo tal variação (SOARES, 2012).

A mata ciliar funciona como uma espécie de barreira, segurando possíveis materiais que chegam com as enxurradas, impedindo ou dificultando o efeito do assoreamento dos corpos hídricos, que estão relacionados aos processos de urbanização, com o acúmulo de resíduos sólidos, desmatamento e queimadas, que afetam a qualidade dos cursos d'água (CASTRO et al., 2017).

Outrossim, a funcionalidade da mata ciliar é a proteção dos rios, nascentes, corpos d'água, lagos e lagoas. Devido ao crescimento urbano desenfreado, a ocupação das áreas de várzea se tornou problema ambiental. Nos lugares das matas ciliares é possível encontrar avenidas e ruas, as quais impactam diretamente na qualidade do rio, seja pela escassez de água, processos de erosão e assoreamento ou, ainda, pela perda da qualidade da água, além de estarem sujeitas a inundações (CARMO & BONETTO, 2016).

Como a maioria das cidades surgiram e cresceram as margens dos rios, a modificação da natureza ao redor para o atendimento das necessidades cotidianas, sufocou as várzeas e acarretou na morfologia natural dos rios. A reintegração dos rios e das várzeas urbanas a paisagem fortalece a cultura local, pois agrega inúmeros benefícios paisagísticos a cidade, além da valorização do desenho urbano (PORATH, 2003).

A infraestrutura verde é indispensável para a renovação do ambiente urbano, para a retomada dos serviços essenciais prestados pela natureza, servindo com uma ferramenta para

---

<sup>1</sup>**Ecótono:** região resultante do contato entre dois ou mais biomas fronteiros. São áreas de transição ambiental, onde entram em contato diferentes comunidades ecológicas — isto é, a totalidade da flora e fauna que faz parte de um mesmo ecossistema e suas interações. Por isso, os ecótonos são ricos em espécies, sejam elas provenientes dos biomas que o formam ou espécies únicas (endêmicas) surgidas nele mesmo (OEKO, 2019).

melhoria da qualidade de vida urbana, para a manutenção e funcionamento dos fluxos naturais (SETTA, 2017). Esta infraestrutura verde compreende vários elementos, como corredores verdes, parques, ruas e praças, que estão relacionados com a proteção destes sistemas naturais, mantendo a qualidade da água dos rios e a mata ciliar preservada (MORSCH; MASCARÓ; PANDOLFO, 2017).

A falta de planejamento nos processos de ocupação das cidades tem provocado uma grande devastação da mata ciliar, que vem perdendo a sua capacidade natural de recuperação. Nestas condições de degradação se torna necessária a intervenção com adoção de técnicas e modelos que visam o restabelecimento da mata ciliar (FERREIRA & MENEGUELLI, 2017).

De acordo com Kageyama e Gandara (2004) não existe manual para a restauração das matas ciliares, portanto é necessário considerar as interações entre fauna e flora, para que se forneça um suporte adequado para implantação das possíveis metodologias para a recuperação da área degradada, através da regeneração natural, o plantio de mudas nativas, além da semeadura direta.

### 3.4. CONTEXTUALIZAÇÃO DO RIO BRANDÃO

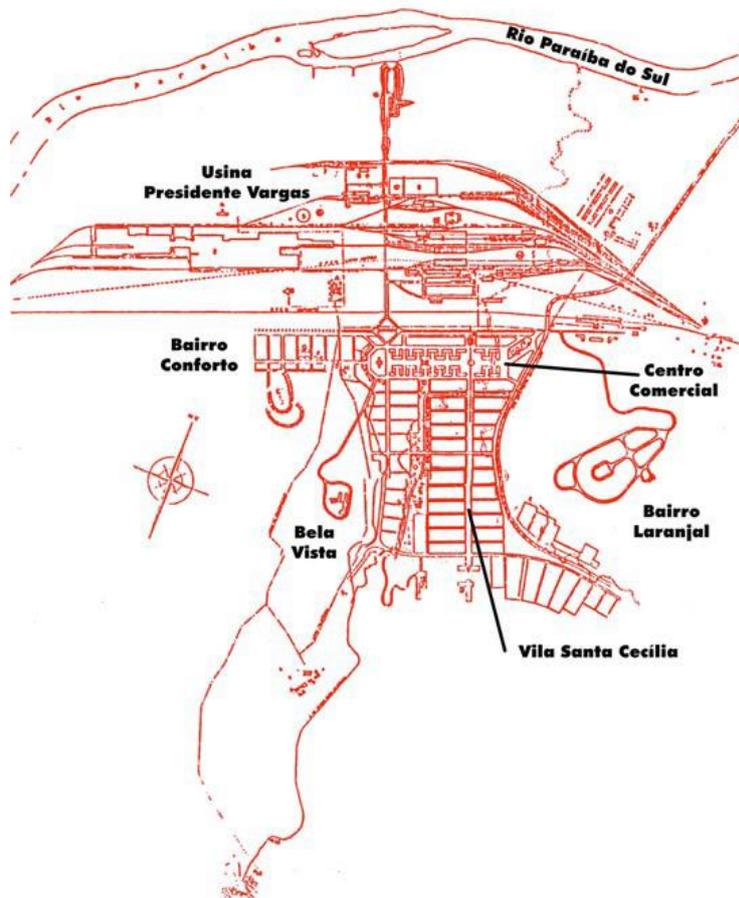
A história de formação socioterritorial de Volta Redonda se confunde ao longo dos anos com a criação e instalação da Usina Presidente Vargas, também designada de Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), que gerou um crescimento urbano no ano de 1941. No entanto, a cidade surgiu bem antes. Pertencente ao Município de Barra Mansa e ao território de Vila de São José do Príncipe, Volta Redonda foi ocupada no século XIX pelas lavouras de café, sendo parte do crescimento econômico observado neste período, com a ocupação e formação do núcleo urbano, que acarretou na remoção drástica da cobertura florestal correspondente a mata atlântica (LIMA, 2004).

Ainda segundo Lima (2004), posteriormente a vila foi integrada ao povoado de São Sebastião de Barra Mansa. Após a queda do café, no início do século XX, as fazendas até então ocupadas pelas lavouras cafeeiras foram adquiridas por fazendeiros da região de Minas Gerais, abrindo espaço para a pecuária, o que levou Barra Mansa a ser considerada a maior bacia leiteira do Brasil. Ainda segundo o autor, a atividade pecuária intensificou os processos erosivos e de sedimentação de encostas ao longo do tempo (anos ou décadas).

A cidade de Volta Redonda passou por uma grande transformação relacionada à ordem produtiva, bem como à paisagem territorial, migrando das fazendas para a estrutura siderúrgica. Por apresentar motivações estruturais, geográficas, econômicas, estratégico-militar, a cidade possuía uma vantagem significativa para abrigar uma planta da CSN. Volta Redonda passou, então, por diversos níveis de expansão urbana, a maior parte migratória, motivada pela instalação, inauguração e expansão da planta, promovendo a ocupação territorial do norte, leste e sul da cidade (OLIVEIRA; PEIXOTO; MELLO, 2015).

Com a instalação da usina foi necessária a organização de uma Vila Operária, projetada pelo urbanista Atílio Corrêa Lima, inicialmente para 4 mil moradias, setores comerciais e de serviços. Os principais afluentes do rio Paraíba do Sul, como o rio Brandão, foram incorporados ao projeto a partir de retificações, canalizações e mudanças de curso vigentes até a atualidade, como pode-se observar na Figura 5 (MOREIRA, 2014).

Figura 5: Plano Geral da Usina e da Vila Operária de Volta Redonda



Fonte: LOPES (1993).

A construção da CSN atraiu inúmeros trabalhadores para Volta Redonda, a área projetada não comportava a demanda, o que acarretou paralelamente no surgimento da “Cidade Livre”, também conhecida como “Cidade Velha”, ao norte do rio Paraíba do Sul. Tal região apresentava ruas e casas, notadamente de padrão inferior às controladas diretamente pela CSN, concentradas próximo à Usina, nos bairros Vila Santa Cecília, Laranjal, Conforto e Bela Vista, também chamadas de “Cidade Oficial” (BENTES, 2008).

Estabelece-se assim, ao longo de décadas a expansão e consolidação da ocupação urbana, destacando o processo de conurbação na década de 1960, além do processo de instalação de novas unidades produtivas, associadas ou não ao beneficiamento e produção do aço, que foram distribuídas próximas aos setores central, leste e sul da cidade, margeando a rodovia BR 393, usada como escoamento da produção (CASTRO & MELLO, 2008).

A cidade passou pelo processo de emancipação em 17 de julho 1954, através da Lei Estadual Nº 2185, quando foi desvinculada de Barra Mansa, que a partir de movimentos pela autonomia político-administrativo da cidade, a população já tinha sofrido um aumento significativo de aproximadamente 30.000 habitantes (BENTES, 2008).

Atualmente Volta Redonda possui uma área de aproximadamente 182.105 km<sup>2</sup>, considerada a maior cidade populacional da mesorregião Sul, com 273.012 pessoas e densidade demográfica de 1412,75 hab/km<sup>2</sup> (IBGE, 2019).

Conseqüentemente, a cidade de Volta Redonda sofreu modificações significativas desde a década de 1940 com a instalação da CSN, devido ao crescente fluxo migratório sem planejamento urbano, acarretando uma ocupação indevida de encostas e as margens dos rios, com a retirada da cobertura vegetal, impactando o meio ambiente diretamente movido pelo adensamento urbano (CASTRO & MELLO, 2008). A cidade possui um cenário morfológico desfavorável, os córregos que cortam a cidade sofreram alterações, sendo perceptíveis as devastações das margens, não havendo paisagismo ou mata ciliar adequada para proteção, além da ocupação de encostas de morros íngremes e fundo de vales (MOREIRA & PAULA, 2012).

Devido a esse crescimento desordenado, a área até então coberta pela Mata Atlântica foi descaracterizada, o crescimento urbano e a falta de políticas públicas setoriais acarretou em problemas com o saneamento básico. De acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) em seu último diagnóstico realizado em 2017 e a partir das informações compactadas pelo Instituto Trata Brasil (2019) observou-se que apenas 1% da população do município não possui coleta de esgoto, porém deste total somente 23% do esgoto é tratado e

além disso, devido a este crescimento são notáveis os problemas com escorregamentos e erosões do solo (CASTRO & MELLO, 2008).

O rio Brandão faz parte da malha hidrográfica do município e é afluente do rio Paraíba do Sul. Um estudo aprofundado sobre ele se torna necessário em virtude de alterações em seu curso natural. Devido ao crescimento populacional e com a expansão dos bairros, ocorreu a impermeabilização de grandes áreas, eliminando regiões que até então eram reservatórios naturais que amorteciam as grandes vazões nos períodos de cheias do córrego. Conseqüentemente, ocorreu o desmatamento de áreas de mata ciliar do córrego, ocasionando o assoreamento do curso inferior e a desestabilização das margens, além do aumento do despejo de lixo urbano e industrial ao longo do curso do rio Brandão na cidade, que aceleraram o processo de assoreamento, aumentando a possibilidade de enchentes em períodos de grandes chuvas e constante baixa da qualidade de água disponível (RODRIGUES, 2008).

O rio Brandão, objeto de estudo deste trabalho, realiza a drenagem urbana da cidade de Volta Redonda e junto a seu afluente, ribeirão Cachoeirinha, atravessam uma área nobre da cidade pertencente ao centro, o bairro residencial da Vila Santa Cecília (COPPETEC, 2006).

### 3.5. GESTÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA

#### 3.5.1. Poluição Hídrica

A poluição hídrica caracteriza-se pela alteração da condição natural da água através da introdução de elementos indesejáveis, subprodutos das atividades antropogênicas, sendo atualmente encarada sob dois aspectos: o ecológico e o sanitário (SOUZA & JUNIOR, 2004).

A diversidade e o número de fontes existentes e o potencial de contaminação química dos corpos hídricos são variados (PEREIRA, 2004). Ainda segundo Pereira, pode-se destacar a poluição proveniente de fontes químicas, biológicas e físicas, impactando nas características da água, de forma que o conhecimento sobre as interações e interferências potenciais destas alterações seja de extrema importância para gerenciar as possíveis fontes de poluição.

Em geral, uma fonte de poluição pontual pode ser reduzida ou eliminada através de tratamento apropriado para o posterior lançamento em um corpo receptor (BRITO et al., 2005). Estes resíduos, que por muitas vezes, são lançados diretamente nos corpos de água sem

tratamento, causam sérios impactos as biotas, aos recursos hídricos, ao homem e aos demais componentes do ecossistema (VON SPERLING, 2005).

A diversidade de poluentes lançados nos corpos d'água pode ser agrupada em duas grandes classes: pontual e difusa. Os resíduos domésticos e industriais constituem o grupo das fontes pontuais por se restringirem a um simples ponto de lançamento, o que facilita o sistema de coleta através de rede ou canais. Já as classes de poluição difusa são geradas a partir de qualquer transporte intermitente de poluentes, de forma não pontual, para cursos de água superficiais ou subterrâneas, que torne a qualidade da água inadequada para usos variados e pode-se citar como fonte não pontual os acidentes com reservatórios de combustíveis, lixiviações de aterros sanitários ou de lixeiras, entre outros (CHERNICHARO; RUTKOWSKI; JÚNIOR, 2007).

Além dos prejuízos causados pelos despejos de efluentes nos recursos hídricos, pode-se citar também a ocorrência das modificações nas características naturais da água, devido ao crescimento populacional, que demanda uma maior área para o seu crescimento, sendo necessário o represamento de rios e, conseqüentemente, o desmatamento ciliar, que afeta a ictiofauna<sup>2</sup>, além de aumentar a contaminação das águas (MERCANTE, 2005).

Na atualidade as ações sobre o meio ambiente devem ser observadas em uma escala global e não mais numa ótica local, pois a poluição de um rio, devido ao lançamento de efluentes, não ficará restrita ao trecho do rio onde ocorre o lançamento, mas comprometerá toda a bacia hidrográfica deste rio, bem como a região estuarina onde este rio lança suas águas (CUNHA; ROSMAN; MONTEIRO, 2003; LEITE, 2004).

### 3.6. INDICADORES DE QUALIDADE DA ÁGUA

A qualidade da água pode ser quantificada através dos indicadores, que são características específicas, podendo ser física, química ou biológica. Os índices de qualidade da água refletem a interferência dos cursos hídricos e podem ser utilizados como instrumentos de avaliação (VON SPERLING, 2005).

A definição dos parâmetros para estudo depende do objetivo principal da análise, porém podem-se destacar os parâmetros físicos como cor, odor, temperatura, condutividade e turbidez,

---

<sup>2</sup>Ictiofauna: agrupamento dos peixes que vivem em determinado ambiente e/ou região (DICIO, 2019).

além dos parâmetros químicos, que englobam dureza, cloreto, alcalinidade, potencial hidrogeniônico (pH) e outros. O estudo da presença dos metais também é de suma importância devido as particularidades que os mesmos podem apresentar e influenciar na qualidade do corpo hídrico (REZA & SINGH, 2010). A seguir serão descritas as principais variáveis físico-químicas que indicam a qualidade das águas.

### 3.6.1. Parâmetros Físicos: Temperatura, Condutividade, Turbidez e Sólidos Totais

A análise da temperatura é importante para verificar a qualidade das águas, pois a alteração da temperatura pode estar associada a interferências antrópicas ou naturais do próprio ambiente, tendo em vista que, de acordo com o regime climático, os corpos hídricos podem apresentar variações sazonais (CETESB, 2009). A temperatura da água controla a taxa de todas as reações químicas, a mudança brusca da temperatura afeta diretamente o consumo de oxigênio da água, a fluoretação, a solubilidade dos gases, a ionização das substâncias coagulantes, o pH e a desinfecção, entre outras (BRASIL, 2013). Outrossim, gera danos à fauna e à flora de forma direta e indireta, pois há inúmeros organismos sensíveis a tal modificação (DERISIO, 2012). A temperatura da água pode variar de acordo com a localização geográfica e as condições climáticas, as quais influenciam os organismos e os teores dos gases dissolvidos (RIBEIRO, 2010).

A condutividade se refere à capacidade da solução aquosa de conduzir corrente elétrica. Em corpos d'água ela indica a quantidade de sais presente, fornecendo de forma indireta a concentração de poluentes e o indicativo de modificações antrópicas no recurso hídrico, podendo indicar características corrosivas a água (BRASIL, 2011b). Essa capacidade de transporte depende da presença de íons, da concentração total, mobilidade, valência e da temperatura do líquido (GORDE & JADHAV, 2013). O parâmetro está diretamente associado à temperatura, podendo ter um aumento de 2% a cada 1°C e também está relacionado aos sólidos, sendo eles proporcionais (CETESB, 2018).

A turbidez é considerada um parâmetro importante e que deve ser pontuada na caracterização da qualidade da água em um corpo hídrico, decorrente do aumento de sólidos suspensos em água (DERISIO, 2012). Portanto, é uma expressão da propriedade óptica, sendo a medida da redução da transparência, pode ser quantificada tanto pelo seu efeito de transmissão

da luz, através do método da Turbidez, ou sob seu efeito de dispersão da luz, através do método denominado Nefelometria (DOHARE; DESHPANDE; KOTIYA, 2014). A turbidez tende a ser mais elevada quando próximas a solos erodíveis, pois a ação das chuvas pode carrear partículas de argila, silte, areia deste solo para os corpos d'água (LIBÂNIO, 2010). Em um meio com alto índice de turbidez, os sólidos presentes podem servir como substratos a organismos patogênicos, além de afetar toda fauna e flora devido à diminuição da entrada de luz, acarretando na inibição do processo de fotossíntese e na morte dos organismos menos resistentes (VON SPERLING, 2005). Os valores extremos de pH também podem possuir relação com a condutividade, devido à presença dos íons hidrogênio (SIMÕES et al., 2007).

Os sólidos totais dissolvidos são a soma de todos os constituintes químicos dissolvidos existentes na água. A presença desses resíduos na água pode ser advinda de fontes naturais, de processos erosivos, detritos orgânicos ou de atividades antropogênicas, pelo lançamento de esgotos e lixo (VITÓ et al., 2016). Tais substâncias podem ser íons inorgânicos e orgânicos que, em concentrações elevadas, podem acarretar danos a vida aquática (BRASIL, 2013). A elevada concentração de sólidos aumenta a concentração de turbidez, a qual influencia diretamente na entrada de luz no corpo d'água, afetando nas taxas fotossintéticas prejudicando na busca de alimento para algumas espécies, acarretando o desequilíbrio da cadeia alimentar (BASSO, 2006).

Na Tabela 2, encontra-se os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA N° 357 de 17 de março de 2005, referente aos valores máximos permitidos para os parâmetros físicos anteriormente citados.

Tabela 2: Padrões de qualidade da água: classe 1 - Parâmetros Físicos

Parâmetros	Valor Máximo
Temperatura	Não estabelecido
Condutividade	Não estabelecido
Turbidez	40 NTU
Sólidos Totais	500 mg L <sup>-1</sup>

Fonte: Adaptado de Brasil (2005).

### 3.6.2. Parâmetros químicos: pH, alcalinidade, cloreto, dureza total, fósforo

Outro parâmetro importante, o pH representa a concentração de íons hidrogênio (em escala logarítmica) do meio e é de grande importância, principalmente nos processos de tratamento e estudos ambientais, indicando a condição da água, seja ela alcalina ( $\text{pH} > 7$ ), ácida ( $\text{pH} < 7$ ) ou neutra ( $\text{pH} = 7$ ), na qual os valores variam entre 0 a 14. As alterações nos valores de pH podem aumentar o efeito de substâncias químicas que são tóxicas para organismos aquáticos (BRASIL, 2019a). Valores baixos de pH atribuem características corrosivas a água, comprometendo tubulações e peças de abastecimento, enquanto valores altos de pH contribuem para incrustações nestas estruturas (VON SPERLING, 2005). Ainda segundo o autor, esse parâmetro possui diferentes fontes naturais ou antropogênicas. O pH é considerado uma das principais variáveis ambientais e uma das mais complexas para interpretação, devido aos inúmeros fatores que podem influenciá-lo (MESSIAS, 2008).

A alcalinidade total é medida a partir da concentração de hidróxidos, carbonatos e bicarbonatos, expressa em termos de carbonato de cálcio, ou seja, é medida pela capacidade de tamponação dos ácidos e equivalentes, atua como estabilizador do pH (PATIL; SAWANT; DESHMUKH, 2012). A distribuição entre as três formas de alcalinidade da água é em função do pH:  $\text{pH} > 9,4$ , presença de hidróxidos e carbonatos;  $\text{pH}$  entre 8,3 e 9,4, presença de carbonatos e bicarbonatos;  $\text{pH}$  entre 4,4 e 8,3, presença apenas de bicarbonatos, logo a maioria dos ambientes aquáticos apresenta alcalinidade exclusivamente de bicarbonatos, os valores elevados de alcalinidade estão relacionados a processos de decomposição de matéria orgânica (BRASIL, 2006b). A quantificação da alcalinidade é feita a partir da titulação de neutralização (GORDE; JADHAV, 2013). É de fundamental importância durante o processo de tratamento de água, pois em função do seu teor é estabelecida a dosagem dos produtos químicos a serem utilizados (BRASIL, 2013).

Os cloretos estão muito presentes em águas brutas e tratadas em concentrações que podem variar de pequenos traços até centenas de  $\text{mg L}^{-1}$ , na forma de cloretos de sódio, cálcio e magnésio, oriundos naturalmente da intrusão de águas salinas ou percolação da água através de solos e rochas (CETESB, 2018). As concentrações altas de cloretos podem restringir o uso da água em razão do sabor que eles conferem e pelo efeito laxativo que eles podem provocar (BRASIL, 2013). Concentrações de cloreto elevadas podem ser indicativas de poluição por

esgotamento sanitário, pois cada pessoa expele através da urina cerca de 6g de cloreto por dia (GUIMARÃES, 2009)

A dureza total é calculada como sendo a soma das concentrações de íons cálcio e magnésio na água (expressa como carbonato de cálcio), pode ser temporária ou permanente, sendo expressa em  $\text{mg L}^{-1}$  de  $\text{CaCO}_3$ , onde a dureza temporária (dureza de carbonatos) é causada pela presença de bicarbonatos de cálcio e magnésio, que pode ser eliminada pela ação do calor (decomposição em gás carbônico, água e carbonatos insolúveis que se precipitam). Já a dureza permanente é ocasionada devido à presença de sulfatos, cloretos e nitratos de cálcio e magnésio, resiste também à ação dos sabões, mas não produz incrustações por serem seus sais muito solúveis na água e não se decompõe pela ação do calor (BRASIL, 2013). Em condições de supersaturação, esses cátions reagem com os ânions da água, constituindo precipitados (PEIXOTO, 2016). A origem da dureza das águas pode ser natural, a partir da dissolução de rochas ricas em cálcio e magnésio, ou por fonte antrópica, através do lançamento de efluentes industriais (GASPAROTTO, 2011). Águas com elevadas concentrações de dureza, água dura, causa condições desfavoráveis ao equilíbrio químico, possibilitando a formação de incrustações em tubulações de água quente (BRAGA et al., 2005). Na Tabela 3 estão representados os limites padrões dentro das classificações da dureza.

Tabela 3: Classificação da Dureza da Água

Dureza	Concentração de $\text{CaCO}_3$ ( $\text{mg L}^{-1}$ )
Branda	Até 50
Pouco duro	Entre 50 e 100
Dura	Entre 100 e 200
Muita dura	Acima de 200

Fonte: Adaptado de Brasil (2014).

O fósforo é um macronutriente, em organismos é componente essencial das células e compõe as moléculas de DNA e RNA, além de desempenhar inúmeras e importantes funções (DIBARTOLA; WILLARD, 2006). O processo do ciclo do fósforo é lento comparado com os outros ciclos biogeoquímicos, encontrado principalmente como fosfatos orgânicos, encontrados em rochas sedimentares, ortofosfatos e polímeros de ortofosfatos, que são os menos importantes

pois sofrem hidrólise, convertendo-se rapidamente a ortofosfatos em águas naturais (CETESB, 2018). Os compostos de fósforo podem ser disponibilizados no solo, seja através da reciclagem dos resíduos de plantas e animais, processos de mineralização, imobilização e solubilização de fosfatos nas atividades de microrganismos e plantas (GOMES, 2008). Despejos domésticos e industriais contribuem para o aumento da concentração de fósforo na água (MERTEN & MINELLA, 2002). Em excesso no meio ambiente pode causar inúmeros impactos negativos, como a eutrofização do meio aquático procedente da proliferação de algas e outras plantas aquáticas (KLEIN & AGNE, 2012), entretanto, sua escassez relativa pode limitar o crescimento e a produção de algas e plantas aquáticas enraizadas (GORDE & JADHAV, 2013).

Na Tabela 4, encontram-se os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA N° 357 de 17 de março de 2005, referente aos valores máximos permitidos para os parâmetros químicos anteriormente citados.

Tabela 4: Padrões de qualidade da água: classe 1 - Parâmetros Químicos

Parâmetros	Valor Máximo
pH	6,0 - 9,0
Alcalinidade	Não estabelecido
Cloreto Total	250,0 mg L <sup>-1</sup>
Dureza Total	Não estabelecido
Fósforo Total	0,1 mg L <sup>-1</sup>

Fonte: Adaptado de Brasil (2005).

### 3.6.3. Parâmetros Inorgânicos: Metais

Na literatura existem diversas classificações para os metais pesados, possuem densidade atômica maior que 6 g cm<sup>-3</sup>, não são compostos biodegradáveis, de modo que se tornam acumulativos nas cadeias alimentares e no meio ambiente, ocorrem de forma natural em toda a crosta terrestre, através dos processos geoquímicos e por meio de fontes antrópicas, principalmente, associadas a atividades de mineração e industriais, produtos domésticos e agrícolas que contenham metais em sua composição, além da precipitação em áreas com poluição atmosférica (PEREIRA et al., 2006). Os metais desempenham funções importantes no

metabolismo de organismos vivos, em concentrações mínimas, outros não apresentam função biológica, podendo ocasionar danos ao organismo (LIMA & MERÇON, 2011). São poluentes ambientais significativos devido a sua toxicidade, cujo nível depende do tipo do metal, papel biológico e do organismo exposto a ele (NAGAJYOTUI; LEE; SREEKANTH, 2010).

O termo traços refere-se aqueles elementos que são encontrados no meio ambiente e nos organismos vivos, na ordem de partes por milhão - ppm ou parte por bilhão - ppb, se o metal for tóxico, mesmo em pequenas quantidades, pode trazer danos aos humanos e organismos vivos (OCHIAI, 1995).

A ocorrência de metais em estado elementar é rara, em sua maioria ocorre devido ao intemperismo de rochas, lixiviação do solo e atividades vulcânicas (JUNIOR, 2013). São inúmeras as fontes antrópicas, originárias principalmente de indústrias que possuem a produção de resíduos ricos em metais, sejam elas metalurgias, de tintas e pigmentos, as galvanoplastias, químicas, de petróleo e lavanderias, que não realizam o tratamento de forma adequada dos seus efluentes, atividades agrícolas, onde muitos fertilizantes e pesticidas possuem metais em sua composição e de mineração (AGUIAR; NOVAES; GUARINO, 2002), podem ser encontrados em altas concentrações no ar, devido aos processos de incineração não controlada de lixo urbano e industrial (CAMPOS & COSTA, 2017).

A maioria dos tratamentos utilizados nas estações de tratamento não são eficazes para a remoção dos metais das águas devido sua complexidade e variedade dentro da composição dos poluentes (QUEISSADA; SILVA; PAIVA, 2011). As estações de tratamento de esgoto comumente utilizam de tratamento preliminar, primário e secundário, na qual fazem a remoção de resíduos sólidos grosseiros, em suspensão e da matéria orgânica dissolvida não removida nos processos físicos. Porém, para que se consiga a extração do metal dos efluentes é necessário a utilização de um processo terciário, pouco comum nas estações convencionais, por possuírem alto valor agregado, uma das técnicas de remoção de metais seria através da precipitação química (JIMENEZ; BOSCO; CARVALHO, 2004).

Na literatura alguns metais são considerados muito tóxicos como Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Zn sendo importante verificar a presença destes, visto que na legislação possuem limites estabelecidos (BRASIL, 2005). A seguir são abordadas algumas características dos metais a serem analisados no presente estudo.

O cádmio (Cd) é um elemento não essencial e altamente tóxico para plantas e animais, mesmo que em pequenas quantidades e é encontrado na forma  $Cd^{2+}$  (BITTAR, 2008). A

presença no meio ambiente se dá de forma natural, através de rochas, incêndios florestais e também por atividades antropogênicas de resíduos industriais e domésticos sem tratamento adequado; mineração; queima de carvão mineral; refino de metais; além de estarem presentes em fertilizantes. Possuem diversos efeitos no organismo humano e animal, provocando aumento da pressão sanguínea, lesão nos rins e destruição de células vermelhas no sangue (MANAHAN, 2001). A via de exposição para população não exposta ocupacionalmente ao cádmio e não fumante é a oral, através da ingestão de alimentos ou água que possuem altas concentrações (CETESB, 2018).

De ocorrência natural, o chumbo (Pb) é encontrado em pequenas quantidades na crosta terrestre, geralmente associado a minérios com presença de zinco, sua origem antropogênica é a partir da utilização em baterias, pigmentos de tintas, pesticidas, gasolina, entre outros, podendo ocasionar a liberação deste elemento ao meio, caso não possua um controle adequado (LOPES et al., 2006). Em sistemas aquáticos este metal é fortemente ligado aos sedimentos do fundo, podendo ocorrer por deposição atmosférica ou lixiviação do solo (MIYABE & DROSTE, 2018). As consequências ao meio são diversas, no homem, por exemplo, as rotas de entrada podem ser por inalação ou ingestão, ele é rapidamente absorvido e entra na corrente sanguínea, distribuindo-se por todo o organismo, afetando o sistema nervoso central ou gerando intoxicação que pode causar anemia, por impedir a fixação do ferro (MOREIRA & MOREIRA, 2004).

O cromo (Cr) é abundante na natureza, ocorre nas valências de -2 a +6, comum em alimentos na forma de  $Cr^{3+}$  (CLARKSON, 1997). Essencial para os animais e ao homem, onde sua deficiência pode causar sinais semelhantes aos da diabetes (BARAL & ENGELKEN, 2002). As fontes de contaminação são advindas de sistemas que precisam desenvolver produtos com grande resistência à corrosão, por ser uma característica do composto, sendo elas na produção do cimento, soldagem e fundições, lixo urbano e industrial, além de fertilizantes e incêndios florestais. A maior parte do cromo é eliminada através da urina (COPI, 2001).

Um metal macio e flexível com alta condutividade elétrica e térmica, o cobre (Cu), apesar de essencial a diversos organismos, é altamente tóxico às algas, fungos e invertebrados (ATSDR, 2005). Ocorre naturalmente em todas as plantas e animais, sendo um nutriente essencial, não prejudicial em baixas doses (ANDREAZZA et al., 2013). Amplamente utilizado em escala industrial, em ligas, encanamentos e pinturas (BITTAR, 2008). Está presente na água, devido à corrosão das tubulações do sistema de distribuição e pode, em altas concentrações,

apresentar gosto característico. Por formar inúmeros complexos em água, alguns destes compostos podem ser tóxicos por inalação e ingestão (CETESB, 2018).

Um dos elementos mais abundantes na crosta terrestre, o Zinco (Zn) é praticamente encontrado em todos os ambientes, sendo um micronutriente essencial para os organismos (ATSDR, 2005). As fontes naturais de zinco são principalmente do processo de erosão, enquanto as antropogênicas advêm da mineração, produção de ferro e aço, corrosão de estruturas galvanizadas, incineração não controlada de resíduos e uso de fertilizantes e defensivos agrícolas (CETESB, 2018). Por desempenhar funções essenciais em alguns processos corporais, apresentando benefícios, sua deficiência no organismo pode causar letargia, apatia, entre outros e, em altas doses, é tóxico ao fígado, próstata e pâncreas (ALEXANDRE et al., 2012).

O níquel (Ni) é um metal abundante, encontrado geralmente em combinação com outros metais, como ferro, cobre e zinco, na forma de ligas metálicas, além de combinado com outros elementos (AZEVEDO & CHASIN, 2003). Encontrado de forma natural na crosta terrestre, sendo mais abundante que o cobre, enquanto que as fontes antropogênicas são determinadas pela queima de combustíveis fósseis, produção de metais não ferrosos e incineração de resíduos (CALLENDER, 2003). Considerado geralmente tóxico em plantas e na vida aquática, é influenciado por fatores como pH, oxigênio dissolvido, entre outros. Pode acarretar ao ser humano câncer e problemas no sistema respiratório e coração (CETESB, 2018).

O manganês (Mn) é um metal abundante na crosta terrestre, importante industrialmente, pois é um elemento refratário e facilmente oxidável, sendo associado a produção de aços especiais (DAS et al., 2011). É um nutriente essencial em pequenas quantidades para muitos organismos vivos, porém a exposição crônica e em altas concentrações podem resultar em efeitos neurológicos e neuropsiquiátricos (CETESB, 2018). O acúmulo de manganês precipitado nas canalizações favorece o crescimento de bactérias ferruginosas nos sistemas de distribuição, resultando na formação de compostos coloridos e odorosos na rede (MORUZZI & REALI, 2012).

A Tabela 5 dispõe os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA Nº 357 de 2005 para águas doces Classe 1, quanto aos parâmetros inorgânicos.

Tabela 5: Padrões de qualidade da água: classe 1 - Parâmetros Inorgânicos

Parâmetros	Valor máximo (mg L <sup>-1</sup> )
Cádmio total	0,001
Chumbo total	0,010
Cromo total	0,050
Cobre dissolvido	0,009
Manganês Total	0,100
Níquel total	0,025
Zinco total	0,180

Fonte: Adaptado de Brasil (2005)

### 3.7. LEGISLAÇÃO AMBIENTAL

No Brasil existem regulamentações estaduais e federais que tratam de questões relacionadas aos recursos hídricos. Inicialmente definiu-se a partir do Código das Águas, em 1934, que as águas são bens de consumo comum, assegurando o uso gratuito de qualquer corrente ou nascente de água a todos. Posteriormente, a Constituição Federal, de 1988, não explicita a água como direito humano, mas analogicamente se entende como bem ambiental, contido na natureza e sendo sujeito a proteção. No art. 20 e inciso III, os rios, lagos e quaisquer correntes de água são consideradas bens da União (BRASIL, 1988).

Por um determinado tempo, a Resolução CONAMA N° 20, de 1986, que trata do controle dos processos de degradação da qualidade dos recursos hídricos, foi considerada a lei mais importante. Em 1997, foi sancionada a Lei N° 9.433, da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), estabelecendo a bacia hidrográfica como a base territorial de planejamento e gestão da água, bem como prevendo a criação de comitês de bacia. No ano de 2000, publicou-se a Lei N° 9.984, que criou a Agência Nacional de Águas (ANA), responsável pela implementação da PNRH e coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH).

A implementação do Comitê para Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (CEIVAP) promoveu a viabilização técnica e econômico-financeira, através de políticas de

estruturação e programas de investimento visando à sustentabilidade da Bacia com 184 municípios nos estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo (BRASIL, 1996).

Em 2002 surge a Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (AGEVAP), que trata do exercício do CEIVAP, bem como as atividades predefinidas pela Lei Nº 9.433, de 1997, definindo as competências das agências de águas e, principalmente, ao que se refere ao Plano de Recursos Hídricos e as ações deliberadas pelo comitê para a gestão dos recursos da Bacia.

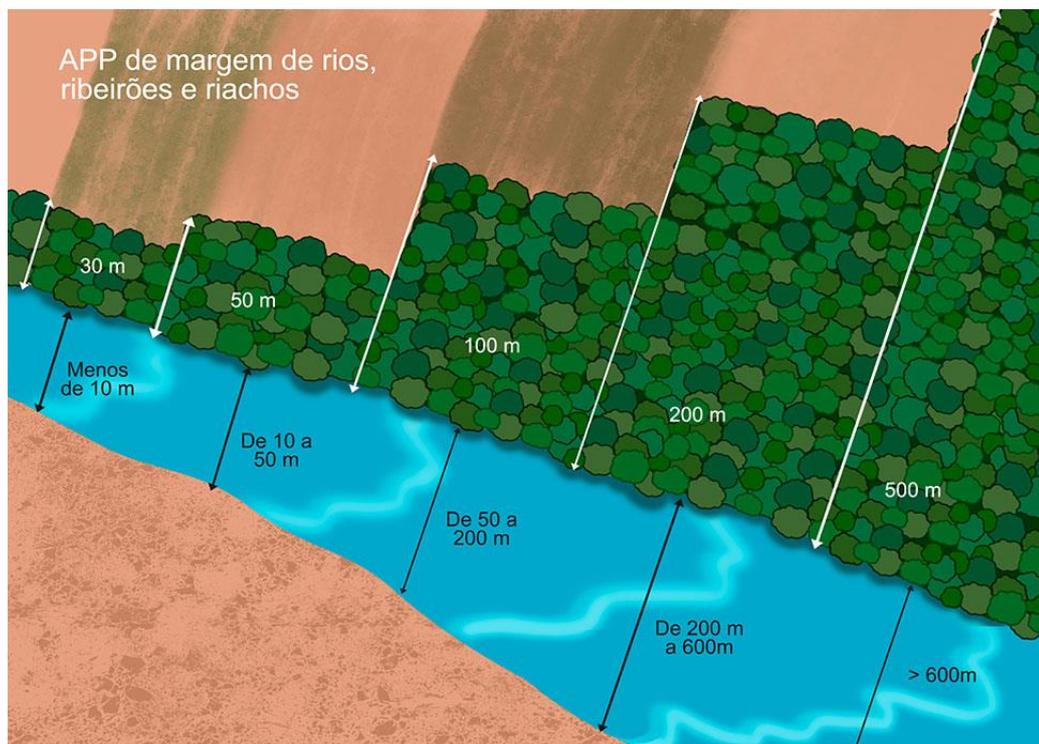
O Conselho Nacional do Meio Ambiente determinou a Resolução Nº 357 de 2005, dispondo sobre o enquadramento de corpos hídricos, segundo a classificação e diretrizes ambientais. A Resolução classifica e o enquadra dos cursos d'água, bem como se estabelecem parâmetros e valores máximos permitidos, visando assegurar que as águas devam possuir qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas e diminuir os custos de combate à poluição das águas, mediante as ações preventivas permanentes (SANTOS, 2008; BRASIL, 2005).

Com o decorrer dos anos, a Resolução CONAMA Nº 357 de 2005 passou por atualizações, alterando e complementando suas informações, através das Resoluções Nº 370 de 2006 (BRASIL, 2006a), Resolução Nº 397 de 2008 (BRASIL, 2008), Resolução Nº 410 de 2009 (BRASIL, 2009b) e Resolução Nº 430 de 2011 (BRASIL, 2011), dispondo sobre os aspectos e condições de lançamento de efluentes nos corpos hídricos. Além de ter sido complementada pela Resolução Nº 393 de 2007, que dispõe sobre o descarte de água de processos de produção de plataformas marítimas (BRASIL, 2007b).

Além das legislações ambientais voltadas para a qualidade da água, há também legislações que regulamentam o entorno destes recursos hídricos, como por exemplo, em relação a mata ciliar. De acordo com o Código Florestal, Lei Nº 12.651, de maio de 2012, tem-se o detalhamento das Áreas de Preservação Permanente (APP) aplicáveis as áreas urbanas e rurais, que devem ser protegidas, na qual toda a vegetação natural, arbórea ou não, presente no entorno das margens das nascentes e ao longo dos corpos hídricos devem ser preservadas e intocadas. Onde for necessário, caso haja degradação, as áreas devem ser reabilitadas e recuperadas, tendo-se regulamentado a largura mínima da faixa da marginal de acordo com a calha regular dos corpos hídricos, conforme é possível visualizar na Figura 6 (SCHAEFFER et al., 2011).

Em cidades com população acima de 20 mil habitantes, ou que fazem parte da região metropolitana, consideradas turísticas ou que possuam grandes obras que possam impactar o meio ambiente, é necessário a criação do Plano Diretor Municipal, estabelecido pelo Estatuto da Cidade, Lei Federal Nº 10.257 de 2001, na qual a cita como deve ser feita a política urbana em todo o país, garantindo o Direito à Cidade a todos os cidadãos, definindo regras e estratégias de organização e planejamento do território do município (BRASIL, 2001b).

Figura 6: Dimensões da APP segundo Novo Código Florestal Brasileiro



Fonte: CIFLORESTAS (2019).

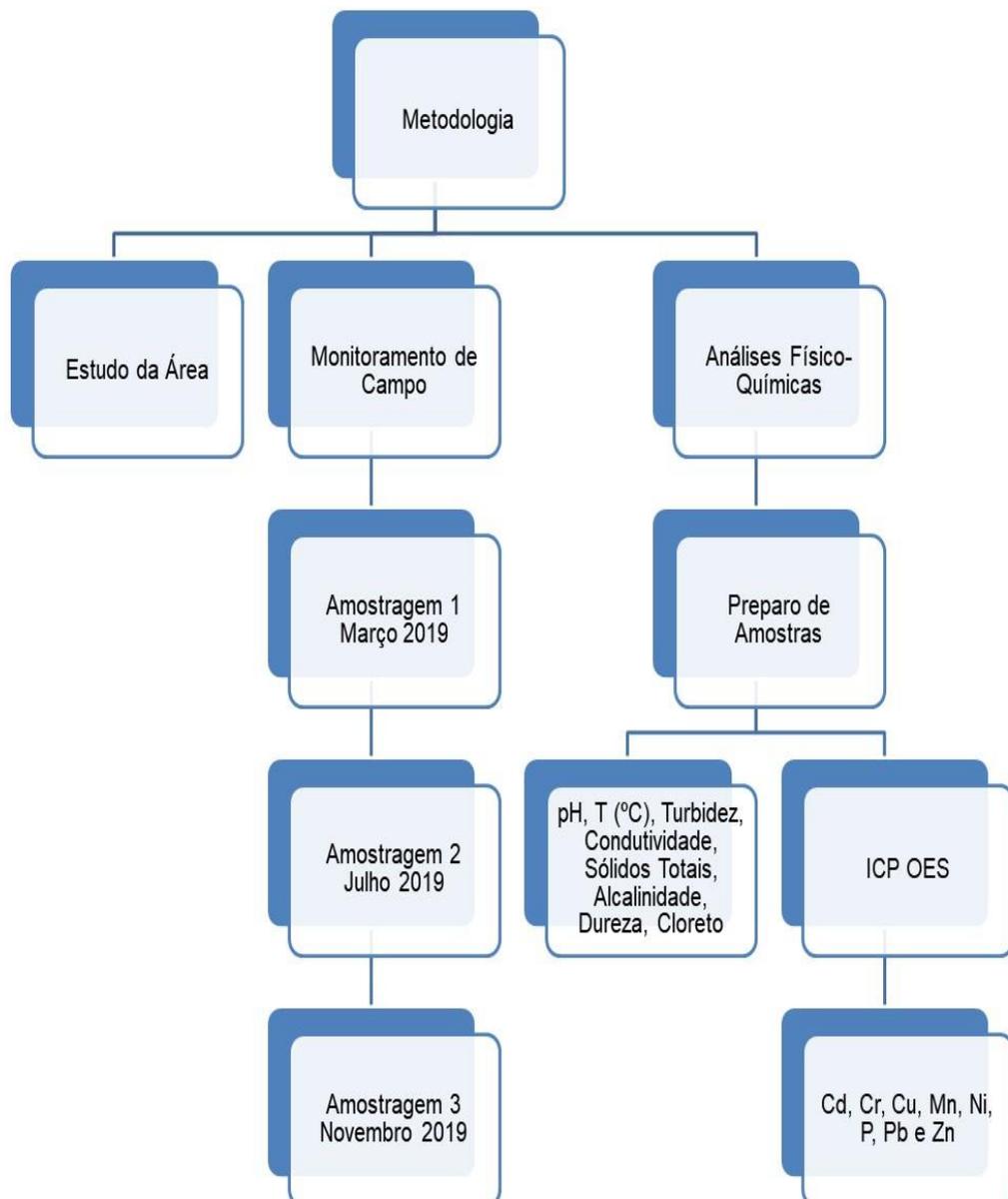
O Plano Diretor permite que seja feito um planejamento urbano da cidade, na qual a gestão pública unificada com a população estabelece propostas de melhorias do município, para que a cidade cumpra sua função social, proporcionando aos habitantes direito à vida, liberdade, segurança, lazer, moradia entre outros, que são fixados no art. 6º da Constituição Federal (SANTORO; CYMBALISTA; CARDOSO, 2005).

Para as cidades que apresentam o Plano Diretor existente, a delimitação territorial deve seguir a Lei Nº 6.766, de 1979 e suas complementações, mas ainda assim, por apresentar um âmbito inferior, determina que nos estudos considere-se o Código Florestal e as demais legislações para questão de complementação (DECARLI & FILHO, 2008).

#### 4. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho foi subdividido em três etapas: (i) caracterização da área de estudo, (ii) monitoramento de campo com três amostragens ao longo do ano de 2019 e (iii) análises físico-químicas das amostras de água, conforme pode ser observado na Figura 7.

Figura 7: Fluxograma Metodológico



Fonte: Autora (2019).

## 4.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

### 4.1.1. Rio Brandão

A área estudada foi o rio Brandão, que delimita a divisa entre os municípios de Volta Redonda, Barra Mansa, Rio Claro e Pirai, localizados na região Sul Fluminense do Estado do Rio de Janeiro (MOREIRA & PAULA, 2012).

A nascente do rio Brandão se dá entre o vértice de dois morros, na Fazenda da Cabeceira do Brandão, situada no distrito de Getulândia, em Rio Claro, como pode ser observado na Figura 8. Após a união dos córregos Floresta e Serenon, seu curso passa por inúmeros bairros situados na cidade de Volta Redonda. Na região leste da cidade recebe as águas do córrego Cafuá, na região nobre da cidade. No bairro Vila Santa Cecília, o córrego Cachoeirinha deságua em seu curso, tornando-se seu principal afluente (COPPETEC, 2006).

Figura 8: Rio Brandão posterior a nascente



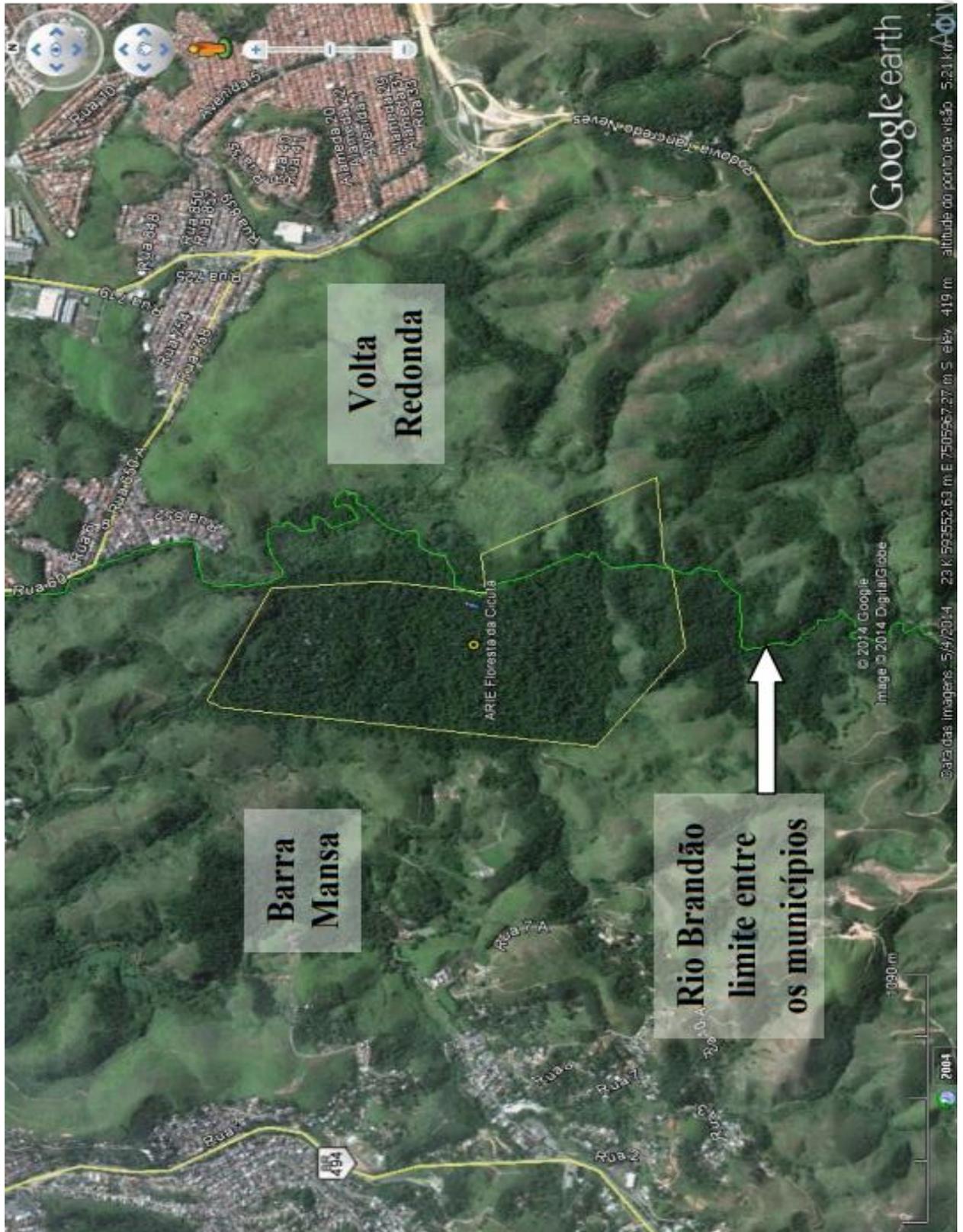
Fonte: Autora (2019)

Seu curso passa pelos bairros Siderópolis, Sessenta e a Vila Santa Cecília, situados na cidade de Volta Redonda. Por ser considerado um dos principais responsáveis pela drenagem urbana, em 1994 a Prefeitura Municipal chegou a defini-lo em seu plano diretor como área de expansão da cidade (MELLO, 2006). O Rio Brandão tem seu curso próximo ao antigo lixão da cidade, cuja operação perdurou entre os anos de 1987 e 2012, gerando inúmeros passivos ambientais que se agravaram ao longo dos anos. Segundo o Ministério Público Federal, este ocasionou danos ambientais como a contaminação do lençol freático, solo e vegetação do entorno devido à produção de chorume (SETTA, 2016).

A área foi escolhida para o estudo por possuir ao longo do leito do rio intervenções paisagísticas devido ao crescimento populacional da cidade, sofrendo com a necessidade de se impermeabilizar áreas para o desenvolvimento urbano, eliminando então grandes áreas que seriam os reservatórios naturais para o amortecimento da vazão e que se tornaram incompatíveis com as dimensões das canalizações implantadas (MOREIRA & PAULA, 2012).

O rio percorre a Floresta da Cicuta, uma área de relevante interesse ecológico (ARIE) que abrange 800 hectares, servindo de divisa entre os municípios Barra Mansa e Volta Redonda, conforme observado na Figura 9.

Figura 9: Localização da ARIE Floresta da Cicuta



Fonte: ICMBio, 2016.

De acordo com o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio (2016) a qualidade do rio ao adentrar a ARIE é baixa, devido a altos índices de contaminação de efluentes domésticos e do lixo. Após a saída da ARIE, o rio entra na cidade passando pelos bairros Siderópolis, Sessenta, até sua chegada na Vila Santa Cecília, como pode ser observado na Figura 10.

Figura 10: Saída da ARIE no Bairro Siderópolis



Fonte: Autora (2019)

No seu curso pelo bairro Vila Santa Cecília, o rio recebe um dos seus principais afluentes, o córrego Cachoeirinha (Figura 11), que em épocas de cheias, devido sua retificação, sofre o aumento de velocidade e ao desaguar em um ângulo de 90°, aumenta a sua vazão de água causando transtornos como alagamento da região que o rodeia (MOREIRA & PAULA, 2012).

Figura 11: Encontro do Rio Cachoeirinha com o Rio Brandão – Vila Santa Cecília

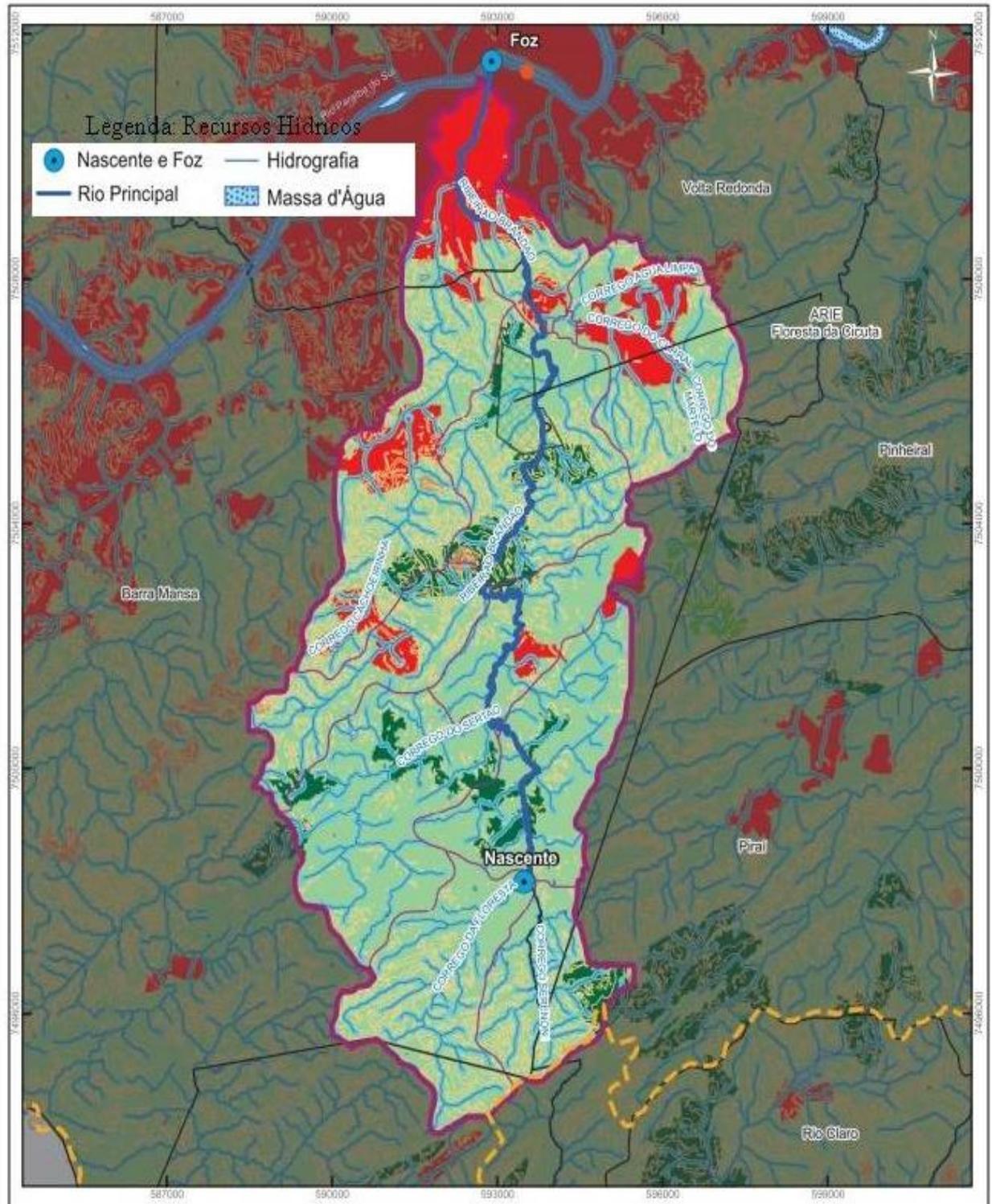


Fonte: Moreira & Paula (2012).

Ainda de acordo com Moreira e Paula (2012), ao longo dos anos, o rio sofreu processos de canalização reduzindo a capacidade de escoamento, devido ao crescimento urbano que acarretou a redução das dimensões das seções, obstruções causadas pelas tubulações associadas ao saneamento básico e a ocorrência de assoreamento ao longo do rio.

O rio segue seu fluxo até o bairro Aterrado, onde passa pelas dependências da Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) e logo após deságua na margem direita do Rio Paraíba do Sul, conforme pode ser observado na Figura 12.

Figura 12: Área de drenagem do rio Brandão



Fonte: AGEVAP (2017).

#### 4.1.2. Monitoramento de Campo

Os pontos para a avaliação ambiental foram definidos de acordo com a relevância, pela acessibilidade do local para coleta de amostras e influência urbana e rural. Foram selecionados três pontos:

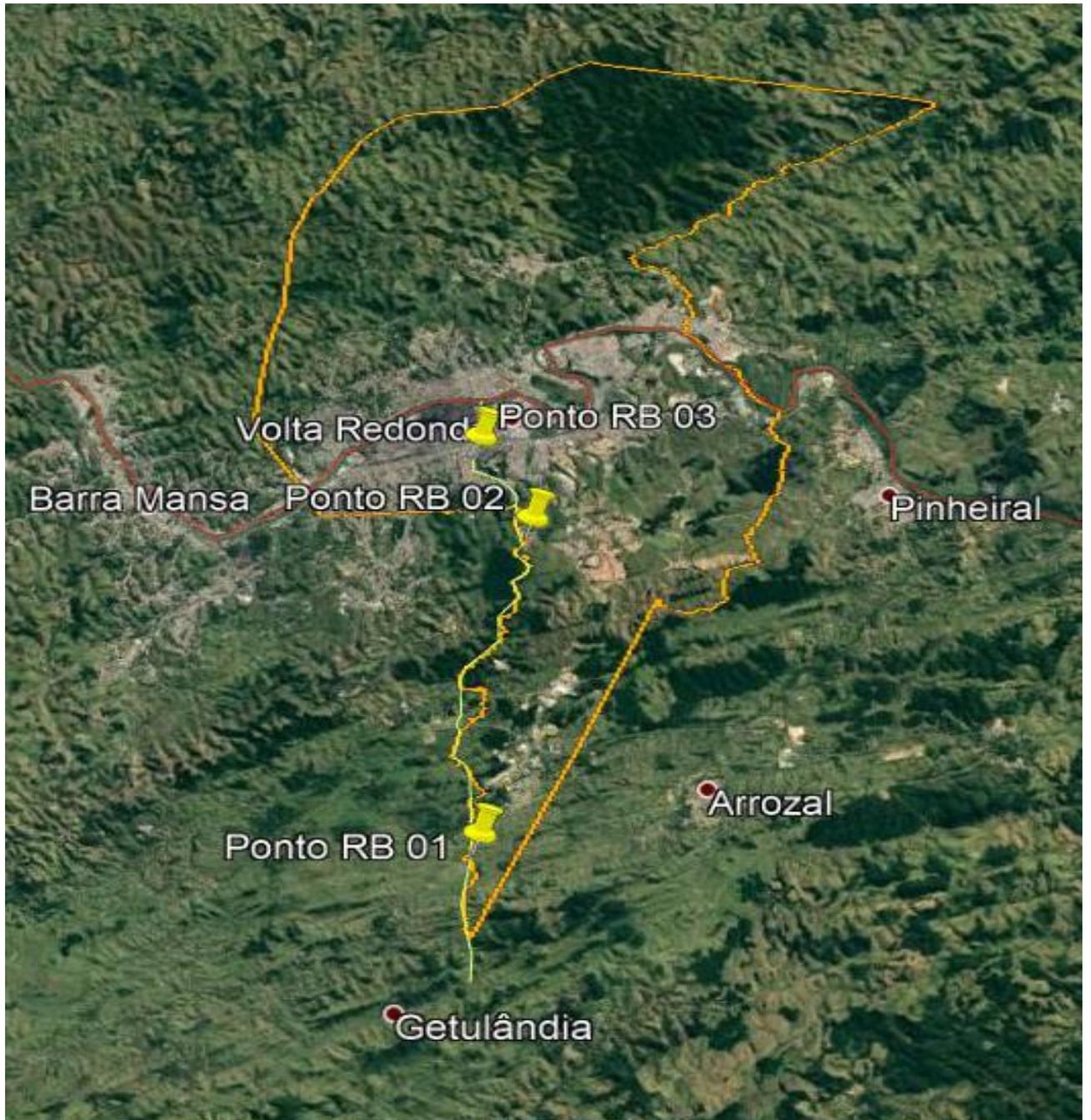
**Ponto RB 01** – Trecho a jusante da nascente do Rio Brandão, na estrada Getulândia – Volta Redonda (Latitude: -22,518505; Longitude: -44,102458).

**Ponto RB 02** – Trecho do Rio Brandão, localizado na saída da ARIE Floresta da Cicuta, localizada no Bairro Siderópolis (Latitude: -22,540083; Longitude: -44,087139).

**Ponto RB 03** – Trecho do Rio Brandão, localizado na Rua Lions Club, no bairro Vila Santa Cecília (Latitude: -22,520716; Longitude: -44,089422).

A visão geral dos pontos de coleta é mostrada na Figura 13.

Figura 13: Pontos de Coleta do Rio Brandão



Fonte: GOOGLE EARTH (2019).

A definição da latitude e longitude foi realizada com o auxílio do GPS móvel da marca Garmin (Etrex 20).

## 4.2. COLETA DAS AMOSTRAS

As amostragens ocorreram em períodos de seca, a fim de evitar efeitos da diluição das águas e em épocas de cheia para efeitos de comparação. As datas de coleta aconteceram em 15 de março, 13 de julho e 04 de novembro de 2019. Foram coletados 5 frascos de água nos 3 trechos definidos, totalizando 15 amostras por monitoramento. Para facilitar a coleta foram utilizados coletores (baldes) de 5L, previamente limpos e descontaminados, lavando-se os mesmos com a própria água do rio para evitar a presença de qualquer possível resíduo do material utilizado para limpeza. Para cada ponto de coleta utilizou-se um balde específico e identificado, a profundidade para retirada da amostra foi de 20 a 40 cm.

Posteriormente, as amostras foram armazenadas em frascos plásticos de polietileno de 1L, previamente limpos e descontaminados com solução etanólica 1% de ácido nítrico. Os frascos contendo as amostras do estudo foram encaminhadas para o Laboratório de Análises T05 da Universidade Federal Fluminense (Campus Atterrado), para a realização das análises físico-químicas. Para a preservação das amostras, adicionou-se uma solução de ácido nítrico concentrado ( $\text{pH} < 2$ ) e acondicionou-se em geladeiras (temperatura de 1 a 4 °C) para a realização das análises.

## 4.3. REAGENTES

Todas as soluções foram preparadas utilizando água destilada e deionizada em vidrarias volumétricas. Nas Tabelas 6, 7 e 8 encontram-se os reagentes utilizados no estudo bem como suas principais características.

Tabela 6: Padrões utilizados

Solução padrão	Marca	Concentração
Condutividade	Dinâmica	146,9 ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )
pH	Digimed	4,01 e 7,00
Turbidez	Hexis	0,1; 0,8; 8,0; 80,0 e 1000 (NTU)
Cádmio	Specsol	1005 $\pm$ 4 ( $\text{mg L}^{-1}$ )
Cromo		996 $\pm$ 4 ( $\text{mg L}^{-1}$ )
Cobre		999 $\pm$ 4 ( $\text{mg L}^{-1}$ )
Chumbo		1003 $\pm$ 4 ( $\text{mg L}^{-1}$ )
Fósforo		1000 $\pm$ 4 ( $\text{mg L}^{-1}$ )
Manganês		1003 $\pm$ 4 ( $\text{mg L}^{-1}$ )
Níquel		1000 $\pm$ 4 ( $\text{mg L}^{-1}$ )
Zinco		1002 $\pm$ 4 ( $\text{mg L}^{-1}$ )

Fonte: Autora (2019)

Tabela 7: Lista de reagentes utilizados nos preparos das soluções

Reagentes*	Fórmula Molecular	Massa molecular ( $\text{g mol}^{-1}$ )	Características
Ácido Clorídrico	HCl	36,46	Ensaio: 36,5 – 38% Densidade: 1,181 $\text{g mL}^{-1}$
Ácido Sulfúrico	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	98,079	Concentração: 95% Densidade: 1,84 $\text{g mL}^{-1}$
Carbonato de Sódio	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	105,9888	Teor: 99,5%
Cloreto de Sódio	NaCl	58,44	Teor: 99%
EDTA	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	292,24	Teor: 98%
Nitrato de Prata	AgNO <sub>3</sub>	169,87	Teor: 99%
Tampão pH 10	NH <sub>3</sub> /NH <sub>4</sub> Cl	70,522	Densidade: 1,00 $\text{g mL}^{-1}$
Tiosulfato de Sódio pentahidratado	Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . 5 H <sub>2</sub> O	248,21	Teor: 99,5% - 101,0%

\*: todos os reagentes são da marca Dinâmica.

Fonte: Autora (2019)

As soluções foram preparadas utilizando uma balança analítica da marca Bel (Mark M214A).

Tabela 8: Indicadores utilizados nas titulações

Indicadores	Fórmula Molecular	Massa Molecular (g mol <sup>-1</sup> )	Marca	Caraterísticas
Alaranjado de Metila	C <sub>14</sub> H <sub>14</sub> N <sub>3</sub> NaO <sub>3</sub> S	327,34	Dinâmica	Teor: 99%
Cromato de Potássio	K <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>	194,19		
Negro Eriocromo T	C <sub>20</sub> H <sub>12</sub> N <sub>3</sub> O <sub>7</sub> SNa	461,381		

Fonte: Autora (2019).

#### 4.4. ANÁLISES DA ÁGUA

Definiram-se os seguintes parâmetros físico-químicos para as análises: pH, temperatura, turbidez, condutividade, sólidos totais, alcalinidade, cloretos e dureza total e a análise química dos metais Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb e Zn. As leituras de temperatura foram verificadas *in loco*, com um termômetro previamente calibrado, antes do armazenamento em frascos.

As análises de pH, turbidez e condutividades foram realizadas imediatamente. As medidas de alcalinidade, cloreto, dureza total e dos metais foram realizadas por demandas. Todas as análises executadas foram baseadas nos procedimentos técnicos do Manual *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1998), conforme apresentado na Tabela 9.

Tabela 9: Método utilizado a partir do *Standard Methods*

Parâmetros	Método Analítico
Temperatura	Medição Direta
pH	Medição Direta
Condutividade	Medição Direta
Turbidez	Medição Direta
Alcalinidade	2320 – B
Dureza	2340 – C
Cloreto	4500 Cl <sup>-1</sup> – B
Sólidos Totais	2540 – B

Fonte: Adaptado de APHA (1998).

#### 4.4.1. Temperatura, pH, Condutividade e Turbidez

A análise de temperatura foi realizada in loco com um termômetro da marca Incoterm, previamente calibrado. As análises de pH, condutividade elétrica (CE) e turbidez foram realizadas no laboratório, antes do tratamento com ácido nítrico para conservação da amostra. Utilizou-se um pHmetro (mPA 210 – MS Tecnopon), um condutímetro (mCA 150 – MS Tecnopon) e um turbidímetro (AP 2000 – PoliControl), previamente calibrados para as análises.

O pHmetro foi calibrado com solução tampão de pH 4 e 7 e, após a estabilização da medida, as amostras foram quantificadas e os dados foram coletados. O condutímetro foi calibrado com uma solução padrão de 146,9  $\mu\text{S cm}^{-1}$ , após a calibração a análise prosseguiu com a imersão do eletrodo nas amostras e coletaram-se os dados. O turbidímetro foi calibrado utilizando-se as seguintes soluções padrão de turbidez: 0,1; 0,8; 8,0; 80,0 e 1000 NTU.

As amostras foram colocadas em frascos de vidro de 10 mL próprios para as análises e foram inseridas no turbidímetro, que forneceu os resultados referentes às diferentes amostras.

#### 4.4.2. Alcalinidade

As medidas de alcalinidade foram realizadas pelo método de titulação, no qual a amostra foi titulada com um ácido sulfúrico padronizado ( $0,01 \text{ mol L}^{-1}$ ), determinando-se o ponto final com o uso do indicador alaranjado de metila (0,2% aquoso).

##### 4.4.2.1. Padronização do Ácido Sulfúrico

O ácido sulfúrico foi preparado em um balão volumétrico de 500 mL, a partir da diluição do ácido concentrado e a solução foi padronizada com a solução de carbonato de sódio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ).

Pesou-se uma massa definida de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , previamente seco por 1 hora à  $200 \text{ }^\circ\text{C}$  em estufa, em seguida dissolveu-se em água em balão volumétrico de 100 mL. A titulação foi realizada em triplicata. O volume gasto na titulação foi anotado e calculou-se o fator de correção.

Para evitar a interferência da presença de cloretos no método, utilizou-se tiosulfato de sódio ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ )  $0,01 \text{ mol L}^{-1}$  durante a titulação.

##### 4.4.2.2. Análise Química

Nas titulações das amostras, transferiu-se para o erlenmeyer, com pipeta volumétrica, 50 mL da amostra, adicionou-se 1 mL de tiosulfato de sódio ( $0,01 \text{ mol L}^{-1}$ ) e cinco gotas da solução indicadora de alaranjado de metila, utilizando-se o ácido sulfúrico padronizado  $0,01 \text{ mol L}^{-1}$  ( $f_c = 1,01$ ). A alcalinidade é expressa pela presença de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ), de acordo com a Equação 1.

$$Cf = \frac{V_t \cdot 100000 \cdot C \cdot f_c}{V_a} \quad \text{Equação 1}$$

Onde  $V_t$  indica o volume gasto de ácido sulfúrico na titulação da amostra (mL), o  $V_a$  o volume da amostra (mL),  $C$  a concentração do ácido utilizado ( $\text{mol L}^{-1}$ ) e  $f_c$  o fator de correção encontrado após a padronização.

#### 4.4.3. Cloretos

A quantificação de cloretos foi realizada pelo método titulométrico utilizando o método de Mohr, titulação direta.

##### 4.4.3.1. Padronização do Nitrato de Prata

A solução padrão de nitrato de prata ( $\text{AgNO}_3$ )  $0,1 \text{ mol L}^{-1}$  foi preparada a partir da pesagem direta do reagente, previamente seco por 1 hora em estufa a  $130 \text{ }^\circ\text{C}$  e solubilizou-se em água destilada, transferindo-se para um balão volumétrico de 500 mL e completou-se o volume do balão com água destilada.

Pesou-se uma massa definida de NaCl anidro, dissolveu-se em água em balão volumétrico de 100 mL. A titulação foi realizada em triplicata. O volume gasto na titulação foi anotado e calculou-se o fator de correção.

A padronização foi realizada através da titulação com uma solução de cloreto de sódio. O indicador utilizado foi o cromato de potássio 5%. As titulações foram realizadas em triplicata.

##### 4.4.3.2. Análise Química

Transferiu-se para o erlenmeyer com pipeta volumétrica 50 mL da amostra e adicionou-se a solução indicadora de cromato de potássio, realizou-se a titulação com nitrato de prata  $0,1 \text{ mol L}^{-1}$  ( $f_c = 1,00$ ). A concentração do  $\text{Cl}^{-1}$  em  $\text{mg L}^{-1}$  foi obtida a partir da Equação 2:

$$Cf = \frac{V_t \cdot 35450 \cdot C \cdot f_c}{V_a} \quad \text{Equação 2}$$

Onde  $V_t$  indica o volume gasto de nitrato de prata na titulação da amostra (mL);  $V_a$  o volume da amostra (mL);  $C$  a concentração do titulante utilizado ( $\text{mol.L}^{-1}$ ) e  $f_c$  o fator de correção encontrado após a padronização do titulante.

#### 4.4.4. Dureza total

As análises de dureza total foram realizadas pelo método titulométrico utilizando o ácido etilenediamintetracético (EDTA).

##### 4.4.4.1. Padronização do EDTA

O preparo do titulante EDTA  $0,01 \text{ mg L}^{-1}$  foi realizado a partir da dissolução do sal, previamente seco por 2 horas em estufa a  $75^{\circ}\text{C}$ , dissolvido em água destilada e transferido para um balão volumétrico de 500 mL.

A solução foi padronizada com uma solução de carbonato de cálcio  $0,01 \text{ mg L}^{-1}$ , que foi preparada a partir da pesagem do sal em balança analítica, previamente seco em estufa durante 1h a  $110^{\circ}\text{C}$ . Dissolveu-se com 2,5 mL de ácido clorídrico concentrado, levou-se à fervura em chapa de aquecimento por 5 minutos, transferiu-se a solução para um balão volumétrico de 100 mL e completou-se o volume com água destilada. Adicionou-se 4 mL de tampão pH 10 (amônia/cloreto) para tamponar o meio. O indicador utilizado foi o Negro Eriocromo T contendo cloreto de sódio, na proporção 1:200g.

A padronização do EDTA  $0,01 \text{ mg L}^{-1}$  deu-se a partir da transferência de 5 mL da solução de carbonato de cálcio, adicionou-se 50 mL de água destilada e 4 mL da solução tampão pH 10 em um erlenmeyer, adicionando-se uma ponta de espátula do indicador, utilizando-se como titulante solução padrão de EDTA ( $0,01 \text{ mg L}^{-1}$ ). As titulações foram realizadas em triplicata até a obtenção do ponto final. O volume gasto na titulação foi anotado e o fator de correção, calculado.

##### 4.4.4.2. Análise Química

As amostras foram transferidas para o erlenmeyer (50 mL da amostra), adicionou-se 2 mL de tampão pH 10 e uma ponta de espátula do indicador, realizou-se as titulações com solução padrão de EDTA  $0,01 \text{ mg L}^{-1}$  ( $f_c = 1,00$ ). A concentração de carbonato de cálcio em ppm ( $\text{mg L}^{-1}$ ), foi determinada por meio da Equação 3.

$$Cf = \frac{V_t \cdot 1000000 \cdot C \cdot fc}{V_a} \quad \text{Equação 3}$$

Onde  $V_t$  indica o volume gasto de EDTA na titulação da amostra (mL);  $V_a$  o volume da amostra (mL);  $C$  a concentração do titulante utilizado ( $\text{mol L}^{-1}$ ) e  $fc$  o fator de correção encontrado após a padronização.

#### 4.4.5. Sólidos Totais

Os sólidos totais foram quantificados pelo método gravimétrico, onde inicialmente secou-se um cadinho (previamente limpo) por 1 hora na estufa a 200 °C e o transferiu-se para um dessecador até obtenção da massa constante.

Realizou-se a primeira pesagem, para obtenção do peso do cadinho ( $P_0$ ) e transferiu-se com pipeta volumétrica 100 mL da amostra para o cadinho e o levou até a chapa de aquecimento, para a realização da secura da amostra. Com a secura total, o cadinho foi transferido para uma estufa a 200°C, por 1 hora. Em seguida, o cadinho foi transferido para o dessecador até a obtenção da massa constante em balança analítica, para obtenção do peso do cadinho ( $P_1$ ) para a determinação dos sólidos. Realizou-se o cálculo para identificar o resíduo em  $\text{mg L}^{-1}$  utilizando-se a Equação 4.

$$ST = \frac{(P_1 - P_0) \cdot 1000000}{V_a} \quad \text{Equação 4}$$

Onde  $P_0$  indica a massa (g) do cadinho vazio;  $P_1$  indica a massa (g) do cadinho após a secura da amostra no cadinho;  $V_a$  é o volume da amostra (mL).

#### 4.4.6. Fósforo e Metais

A quantificação dos traços metálicos na água foi realizada por espectrometria de emissão óptica com plasma de argônio, seguindo as instruções técnicas do Manual *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1998).

As soluções para a construção da curva analítica e padrões de controle para verificação da curva foram preparadas a partir da solução monoelementar. Para o preparo dos padrões utilizou-se água ultrapura e também a matriz de interesse, para validação dos testes.

A quantificação foi realizada no ICP OES modelo ICPE-9000 da marca Shimadzu, de acordo com as características de análise descritos na Tabela 10, utilizando o gás Argônio 99,9%, como gás de nebulização e auxiliar.

Tabela 10: Condição de operação do ICP-OES

Parâmetros	Características
Potência de radiofrequência	1,20 kW
Vazão do gás principal	10 L min <sup>-1</sup>
Vazão do gás auxiliar	0,60 L min <sup>-1</sup>
Vazão do gás nebulizador	0,70 L min <sup>-1</sup>
Vista de observação	Axial

Fonte: Autora (2019)

As curvas analíticas foram construídas a partir da diluição das soluções concentradas dos elementos Cd, Cu, Cr, Mn, Ni, P, Pb e Zn. Preparou-se uma solução de 100 mg L<sup>-1</sup> com a realização de diluições sucessivas para os seguintes pontos 1; 5; 10; 20 e 30 mg L<sup>-1</sup>.

Preparou-se o branco para calibração com 2 mL de HNO<sub>3</sub> 1:1 e 10 mL de HCl 1:1 e 100 mL de água ultrapura, sendo suficiente para lavagem do sistema entre os padrões e amostras analisadas.

As linhas espectrais foram selecionadas para cada um dos metais estudados, avaliando possíveis interferências espectrais, conforme Tabela 11. Os elementos, coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>), os limites de detecção (LD) e quantificação (LQ) seguem descritos na Tabela 12 e as curvas de calibração foram descritas no Anexo 1.

Tabela 11: Linhas de emissão para ICP-OES

Elementos	Linhas $\lambda$ (nm)
Cd	226,502
Cr	267,716
Cu	327,396
Mn	260,569
Ni	221,647
P	178,287
Pb	220,353
Zn	202,548

Fonte: Autora (2019)

Tabela 12: Parâmetros analíticos para a técnica de ICP-OES: Elemento, R<sup>2</sup>, LD e LQ

Elementos	R <sup>2</sup>	LD (mg L <sup>-1</sup> )	LQ (mg L <sup>-1</sup> )
Cd	0,9968	0,0114	0,0381
Cr	0,9989	0,0292	0,0975
Cu	0,9992	0,0622	0,2074
Mn	0,9983	0,0019	0,0064
Ni	0,9982	0,0211	0,0703
P	0,9992	0,3223	1,0745
Pb	0,9987	0,0934	0,3113
Zn	0,9924	0,0103	0,0343

LD: Limite de detecção; LQ: Limite de quantificação, ambos fornecidos pelo software do equipamento. \*As curvas de calibração se encontram no Anexo 1.

Fonte: Autora (2019)

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DO RIO BRANDÃO

#### 5.1.1. Descrição dos Pontos de Coleta

Os pontos de coleta definidos para a pesquisa possuem características específicas que podem influenciar na qualidade da várzea e da água do rio. O curso do rio Brandão perpassa por estradas, propriedades privadas e públicas da cidade de Volta Redonda, possuindo áreas com maior ou menor arborização, incidência de urbanização e declives.

No primeiro ponto (RB 01), a jusante da nascente, o tamanho da várzea é extenso, com arborização de pequeno e grande porte, além de gramíneas e arbustos. Não foram observadas áreas de desmatamento próximo a mata ciliar. Alguns pontos observados apresentam assoreamento da margem, mas são poucos os efeitos da ação antrópica próximo a margem. Pode-se justificar essa conservação por se tratar de uma área particular na zona rural, como pode ser observado nas Figuras 14 e 15.

Figura 14: Pontos de Coleta RB 01 – Jusante da nascente



Fonte: Autora (2019)

Figura 15: Pontos de Coleta RB 01



Fonte: Autora (2019)

Seguindo o caminho do rio Brandão, a maior parte dele até a saída posterior a ARIE, alterna-se em tamanho da várzea e características arbóreas. Antes de adentrar a ARIE, o rio passa próximo ao antigo lixão da cidade, desativado em 2012. A operação do lixão durou de 1987 até sua desativação, totalizando 27 anos de atividade, recebendo cerca de 169,4 toneladas diárias de resíduos coletados, em uma área de cerca de 175.950 m<sup>2</sup>, gerando inúmeros passivos ambientais, tais como a contaminação do lençol freático, solo e vegetação da ARIE da Cicuta (SETTA, 2016).

Após a entrada e até o momento de saída da ARIE, o maior interferente do rio são os animais, por se tratar de uma área de preservação ambiental, restrita a pesquisas científicas, visitas técnicas e educação ambiental. A partir do momento da saída da ARIE, adentra a cidade e, conseqüentemente, sofre com o crescimento populacional e intervenções, como o estrangulamento da seção do rio, canalização e modificação da mata ciliar. Em alguns pontos, ao longo do trecho do rio, é notável a alteração da estrutura da várzea, que foram modificadas para o atendimento das necessidades do crescimento urbano, tornando-se visível a falta de áreas

verdes próximas ao mesmo, portanto reduzindo a capacidade de infiltração da água no solo e aumentando o escoamento superficial, o que possibilita inundações em épocas de chuva.

No ponto RB 02, foi observado a modificação da várzea do lado esquerdo, com a construção de margens artificiais que fazem o recobrimento da margem, já com trechos cedendo. Verificou-se também um intenso assoreamento da margem, além da presença de tubulações de escoamento advindo da parte urbanizada. Na margem direita, limite com a ARIE Cicuta, área de preservação, nota-se uma maior presença de vegetação preservada, como pode ser visualizado nas Figuras 16 e 17.

Figura 16: Ponto de Coleta RB 02 – Bairro Siderópolis – VR



Fonte: Autora (2019)

Figura 17: Ponto de Coleta RB 02 – Estação Seca



Fonte: Autora (2019)

O ponto RB 03 sofreu a maior modificação de sua várzea, devido aos efeitos do crescimento da cidade após a implantação da CSN. Essa área foi definida como área de expansão para a construção das vilas, ocasionando o estreitamento de seu curso e, posteriormente, a canalização do rio apresentou áreas assoreadas e com pontos de escoamento de tubulações de drenagem das vias urbanas e esgotos domésticos. Neste mesmo trecho ocorre o deságue do córrego Cachoeirinha, que sofreu bastante com os efeitos da poluição durante o crescimento do município e, até hoje, recebe inúmeras descargas de esgoto doméstico. Devido sua retificação, ao longo dos anos, inúmeros problemas com enchentes foram observados, provocando grandes transtornos e prejuízos, como pode ser observado nas Figuras 18 e 19.

Figura 18: Ponto de Coleta RB 03 – Bairro Vila Santa Cecília - VR



Fonte: Autora (2019)

Figura 19: Ponto de Coleta RB 03 – Estação Seca



Fonte: Autora (2019)

Pode-se perceber que a escolha dos pontos de coleta é um fator muito importante para possibilitar que a coleta dos dados seja representativa.

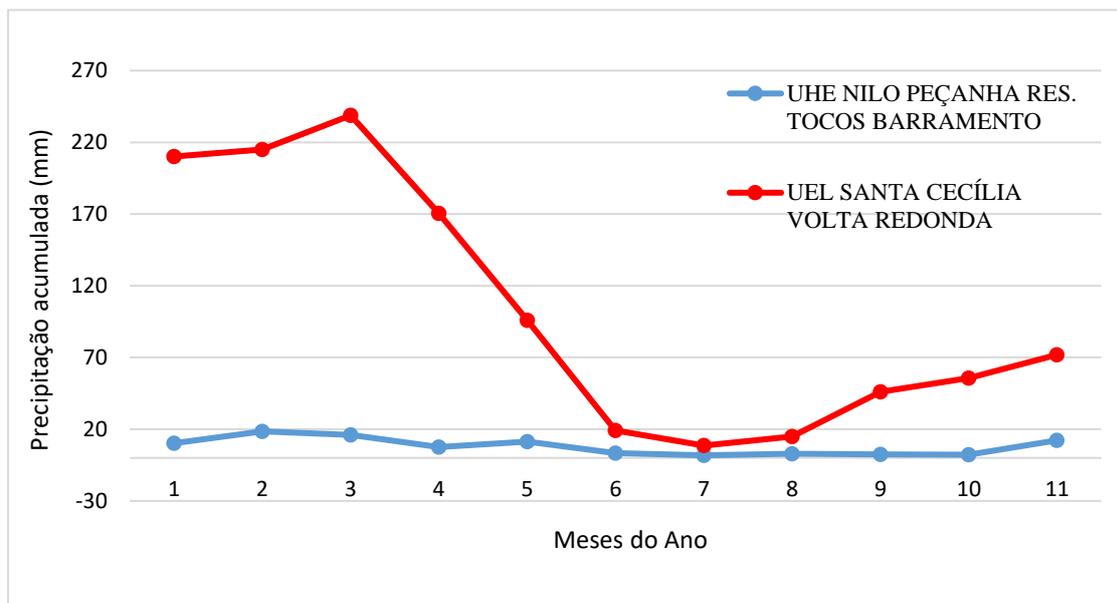
### 5.1.2. Pluviosidade

Para caracterizar as possíveis interferências da chuva no período de estudo, foram selecionados alguns dados pluviométricos para conhecer a quantidade da precipitação ocorrida.

As informações sobre a precipitação acumulada foram retiradas da Rede Hidrometeorológica Nacional e do site do Sistema Nacional de Informações de Recursos Hídricos. Os resultados são provenientes de pluviômetros automáticos que realizam a coleta diária dos dados de precipitação de algumas cidades. Estes dados são fundamentais para auxiliar na caracterização de possíveis interferências que possam alterar a qualidade da água do rio, sendo possível entender e conhecer a quantidade de precipitação ocorrida durante o período de monitoramento e coleta de amostras.

Os dados foram obtidos das estações de UHE Nilo Peçanha Res. Tocos Barramento (Código F/P: 58345000/02244103), localizada no município de Rio Claro/RJ, tendo como responsável e operador a Light e da estação do UEL Santa Cecília Volta Redonda (Código F/P: 58305000/02244160), localizada no município de Volta Redonda/RJ, durante os meses de fevereiro e julho de 2019. A Figura 20 demonstra o volume acumulado nas Estações UHE Nilo Peçanha e UEL Santa Cecília.

Figura 20: Volume acumulado de precipitação das Estações UHE Nilo Peçanha e UEL Santa Cecília



Fonte: BRASIL (2019b).

Na Figura 20 percebe-se que, durante o monitoramento realizado no mês de março de 2019, foram registradas precipitações nos dias anteriores entre 15 e 30 mm. Na coleta realizada no mês de julho de 2019, não houve apontamento de precipitação nas estações nos dias anteriores, enquanto no mês de novembro, do mesmo ano, registrou-se precipitações de 5 a 10 mm. Estes dados são importantes para analisar a influência do fator diluição nos resultados obtidos.

### 5.1.3. Análise dos Parâmetros Físico-Químicos

Para a realização das análises, foram feitas três coletas ao longo de ano de 2019, em cada trecho definido anteriormente, nos meses de março, julho e novembro. Em cada ponto foram coletadas 5 amostras e analisadas em triplicada.

Os parâmetros físico-químicos são dados importantes para a caracterização da qualidade da água contribuindo para a identificação de poluição das águas, conforme a Resolução do CONAMA N° 357, de 2005.

#### 5.1.3.1. Temperatura

De acordo com a Resolução CONAMA N° 357, de 2005, não existem limites descritos para a temperatura de corpos hídricos de Classe 1 em Águas Doces. Porém a Resolução CONAMA N° 430, de 2011, define a temperatura para lançamentos de efluentes em 40 °C, na qual a variação térmica do corpo receptor não pode exceder 3 °C. Isto deve-se ao fato da temperatura influenciar os parâmetros de qualidade da água, bem como os aspectos relacionados aos organismos vivos presentes neste ambiente.

A temperatura medida da água nos dias de amostragem apresentou uma variação média de 2 a 4°C entre os pontos, nas três coletas realizadas, conforme pode ser observado na Tabela 13 e a Figura 21.

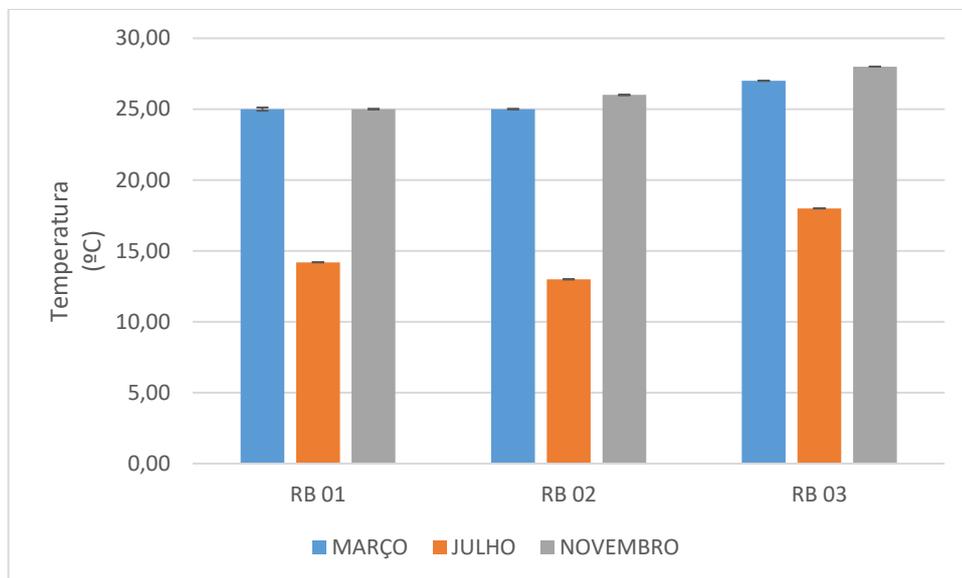
Tabela 13: Resultados da temperatura na água do rio Brandão no período de estudo

Mês	Pontos		
	RB 01 (°C) ± s	RB 02 (°C) ± s	RB 03 (°C) ± s
Março	25,00 ± 0,12	25,00 ± 0,00	27,00 ± 0,00
Julho	14,20 ± 0,00	13,00 ± 0,00	18,00 ± 0,00
Novembro	25,00 ± 0,00	26,00 ± 0,00	28,00 ± 0,00

\*s = desvio padrão

Fonte: Autora (2019)

Figura 21: Temperatura nos pontos de coleta no Rio Brandão



Fonte: Autora (2019)

As diferentes temperaturas foram encontradas em função de fatores naturais como a latitude, altitude, estação do ano, precipitação, incidência solar direta no rio, profundidade e a proximidade com fontes de despejos industriais que elevam a temperatura de um corpo hídrico.

Os resultados de temperatura encontram-se dentro do esperado, analisando o fator referente a estação climática, onde os meses com altas temperaturas e, conseqüentemente, mais precipitações, seriam os meses de março e novembro, a temperatura da água se encontra mais alta. De forma inversa, no mês mais frio (julho), com o índice de precipitação menor, a temperatura da água é mais amena, similares aos resultados encontrados nos estudos de Alves et al. (2008) ao analisarem em Maringá o rio Pirapó - PR, onde obtiveram variação de

temperatura de 16,6 °C a 28,8°C, referentes aos meses de coleta de julho e janeiro, respectivamente. Já no estudo de Alvarenga et al. (2012), foram observadas no período seco as temperaturas mais baixas para a água e no período úmido, as mais elevadas nos cinco pontos estudados da microbacia do ribeirão dos Macacos - SP.

A variação da temperatura da água, entre os pontos de amostragem do mesmo mês, pode estar relacionada com os horários das coletas, tendo em vista que ocorreram variações da temperatura em função da intensidade da radiação solar, conforme também foi observado por Luz (2018) ao estudar o rio Ligeiro – PR , na qual verificou variações entre os pontos de coleta da mesma campanha e no estudo de Costa e Ferreira (2015), que observaram que as temperaturas da bacia do rio Paraníba - MG aproximam-se da temperatura da atmosfera.

Além da intensidade da radiação solar, outro fator responsável pelo aquecimento das águas é a ausência ou a pequena quantidade de mata ciliar. Também se observa que o ponto RB 03 possui maior alteração dos teores de temperatura, pois a várzea encontra-se com maior modificação antrópica, o que foi observado por Bueno; Galbiatti; Borges (2005) ao analisarem a temperatura da água do Horto Ouro Verde - SP. Os mesmos verificaram que as áreas com mata nativa possuem variação de 20,4 a 23,7°C, enquanto as áreas de eucalipto variam entre 20,0 e 22,7°C, constatando que ambas as áreas possuem cobertura vegetal, o que conferia proteção contra radiação solar.

Em função da ausência de fontes térmicas poluidoras, justificou-se que os valores encontrados nos pontos analisados estão dentro da normalidade, semelhantes aos encontrados no trabalho de Silva e Souza (2013) ao estudarem o rio do Carmo – RN, na qual as temperaturas encontradas giravam em torno de 28 a 30 °C nos meses de coleta, indicando ausência de fontes térmicas poluidoras no rio, como também verificado no rio Brandão – RJ.

#### 5.1.3.2. Potencial Hidrogeniônico (pH)

As realizações das medidas de pH são muito importantes para a preservação das condições ideais dos rios.

A Tabela 14 demonstra as médias e desvios padrão obtidos nas análises realizadas para o pH. Os resultados obtidos foram diagramados e encontram-se na Figura 22.

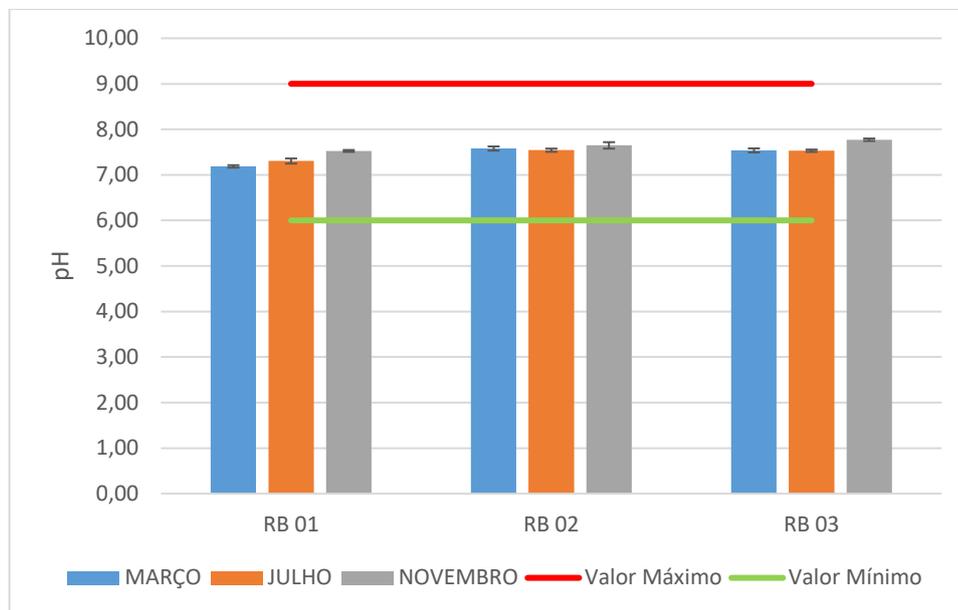
Tabela 14: Resultados do pH na água do rio Brandão no período de estudo

Mês	Pontos		
	RB 01 ± s	RB 02 ± s	RB 03 ± s
Março	7,19 ± 0,03	7,58 ± 0,05	7,54 ± 0,04
Julho	7,30 ± 0,06	7,54 ± 0,03	7,53 ± 0,03
Novembro	7,53 ± 0,02	7,65 ± 0,07	7,77 ± 0,03

\*s = desvio padrão

Fonte: Autora (2019).

Figura 22: pH dos pontos de coleta selecionados no estudo



Fonte: Autora (2019)

Após análise dos resultados obtidos nos pontos amostrados nos meses de março, julho e novembro de 2019, constatou-se que os mesmos estão dentro dos padrões estabelecidos pela Resolução do CONAMA N° 357, de 2005, segundo a qual o pH de um recurso hídrico de Classe 1 para água doce, não pode ultrapassar os limites de 6,0 a 9,0.

O pH é uma das variáveis mais importantes para a qualidade das águas, devido aos inúmeros fatores que podem influenciar. Os valores obtidos não apresentaram muita variação entre si, encontrando-se próximos à neutralidade, corroborando os resultados obtidos por Macedo; Rempel; Maciel (2018) ao analisarem as águas dos poços artesianos no município do

Vale do Taquari, na qual a média do pH na primeira e na segunda amostragem foi de 7,51 e 7,35 respectivamente, não sendo observado grande diferença entre os períodos coletados. Já o estudo de Medeiros; Silva; Lins (2018) verificou que a sazonalidade diferencia os resultados de pH no rio Longá - PI, podendo a diferença encontrada de pH 7,2 no período seco e pH 6,8 no período chuvoso estar associada ao aumento do teor de ácidos orgânicos.

A coleta de março e novembro, foi realizada durante o período de cheia e, ou seja, de um maior volume de água no rio, foram encontrados resultados menores em relação a coleta do mês de julho, período de estiagem. A decomposição da matéria orgânica pode influenciar os teores de pH, ou seja, quanto maior a quantidade disponível, menor o pH, pois neste processo muitos ácidos são produzidos. Com os resultados obtidos foi possível notar que em nenhum dos pontos houve excesso de matéria orgânica no corpo hídrico, justificando o valor do pH próximo a neutralidade, conforme observado nos estudos de Nogueira; Costa; Pereira (2015) ao estudarem o córrego Água Branca - GO. Os mesmos obtiveram média de 7,28 na primeira coleta e de 7,44 na segunda coleta e os resultados verificados encontravam-se próximos à neutralidade, que pode ser justificada pela pouca presença de matéria orgânica no corpo d'água.

As diferenças encontradas entre os pontos, em ambas as épocas, podem ser explicadas pela influência do tipo de solo e erosão das áreas que cercam o rio, característicos da zona urbana. Ou seja, a influência da precipitação no ponto RB 03 eleva o resultado do pH obtido devido ao menor arraste da matéria orgânica a ser decomposta na várzea. Logo, por possuir maior alteração, contrasta com o observado no ponto RB 01, que possui intensa mata ciliar. Portanto, quanto maior a quantidade de matéria orgânica disponível, menor o pH, devido ao efeito de biodegradação, concordando com os resultados de Lopes; Júnior (2010) obteve baixos resultados de pH ao analisar a bacia do ribeirão de Carrancas - MG, decorrente da presença de ácidos fúlvicos e húmicos devido a degradação da matéria orgânica decorrente do lançamento de esgotos doméstico.

Os resultados obtidos são semelhantes aos obtidos por Fonseca (2018), que ao estudar o rio Brandão – RJ dentro da ARIE Floresta Cicuta observou variação de pH entre 6,8 e 7,5, portanto dentro da neutralidade. Santi et al. (2012), por sua vez, obtiveram resultados de pH entre neutro e levemente ácido ao estudar o Igarapé São Francisco - AC, revelando que não houve variação em relação as diferenças de impacto nos trechos. Logo, as possíveis fontes de poluição existentes não foram suficientes para alterar significativamente a qualidade deste parâmetro.

### 5.1.3.3. Condutividade

Apesar de não constar na Resolução CONAMA N° 357, de 2005, valores máximos permitidos para condutividade, é um importante indicador da concentração de sólidos dissolvidos que podem ser prejudiciais para os seres aquáticos (GIRÃO et al., 2007).

A Tabela 15 demonstra as médias e desvios padrão obtidos nas análises realizadas para a condutividade. Os resultados obtidos foram diagramados e encontram-se na Figura 23.

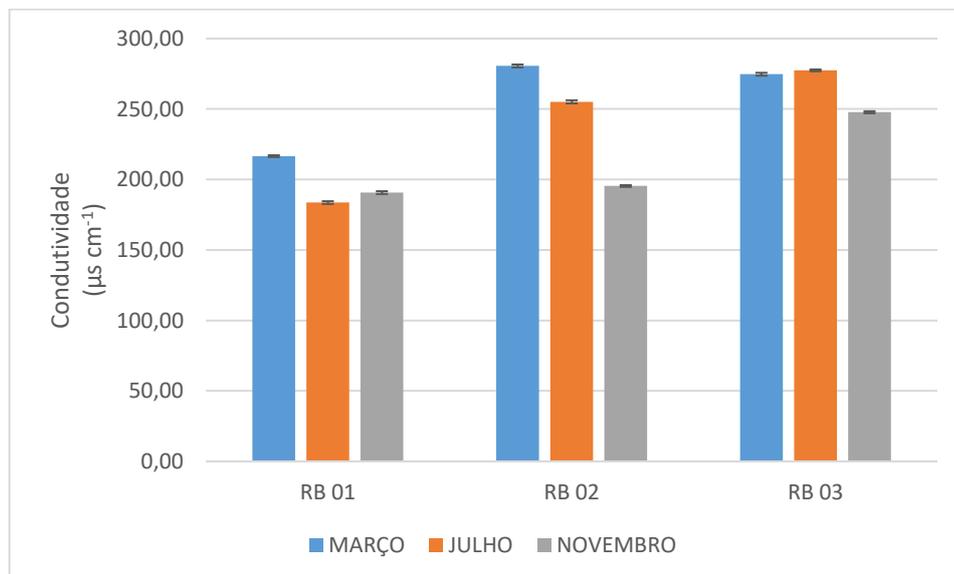
Tabela 15: Resultados da condutividade na água do rio Brandão no período de estudo

Mês	Pontos		
	RB 01 ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ ) $\pm$ s	RB 02 ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ ) $\pm$ s	RB 03 ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ ) $\pm$ s
Março	216,56 $\pm$ 0,66	280,54 $\pm$ 0,99	274,67 $\pm$ 1,00
Julho	183,60 $\pm$ 1,05	255,09 $\pm$ 1,11	277,43 $\pm$ 0,65
Novembro	190,69 $\pm$ 1,03	195,37 $\pm$ 0,64	247,70 $\pm$ 0,72

\*s = desvio padrão

Fonte: Autora (2019)

Figura 23: Condutividade nos pontos de coleta no Rio Brandão



Fonte: Autora (2019)

Em média, os teores de condutividade em águas naturais variam na faixa de 10 a 100  $\mu\text{S cm}^{-1}$ , enquanto em ambientes poluídos por esgotos domésticos ou industriais os valores podem variar na faixa dos 1000  $\mu\text{S cm}^{-1}$  (BRASIL, 2014). Ao analisar os dados obtidos, constatou-se que o maior valor de condutividade se encontra no ponto RB 02, na coleta do mês de março. O segundo maior valor foi encontrado no ponto RB 03, no mês de julho. Estes pontos possuem indicativo de poluição ambiental, fato que pode ser justificado pela descarga de efluentes por se tratar de uma área com influência urbana, corroborando os resultados obtidos por Curado et al. (2018) que ao analisarem o rio Uberaba – MG, obtiveram variações de condutividades de 75,2 a 586,0  $\mu\text{S cm}^{-1}$  nos pontos estudados, sendo as maiores concentrações justificadas pela descarga de efluentes industriais anteriores ao ponto analisado.

Os resultados encontrados diferem dos encontrados na literatura, pois em épocas de seca os valores de condutividade são maiores do que em períodos chuvosos, dada a concentração dos íons dos sais solúveis na água serem maiores devido à baixa vazão. No ponto RB 03 observou-se que o teor obtido em julho é maior do que os teores de março e novembro, como encontrado nos estudos da bacia do rio Almada – BA (Souza et al., 2014), os quais verificaram que a maior concentração obtida para condutividade se deu no período menos chuvoso em função da concentração de sais solúveis, devido ao baixo nível fluviométrico da época. Por sua vez, Barbara et al. (2010) ao estudarem o rio Aguari - AP, observaram que devido a estiagem ocorreu um incremento da concentração em comparação aos demais períodos analisados.

Outro fator que influencia a condutividade é a proximidade com áreas verdes, caso haja presença de folhas em degradação, os íons resultantes desta atividade são ricos em amônia, cálcio e magnésio (CETESB, 2014).

Os valores obtidos nas análises foram satisfatórios e relativamente baixos, demonstrando que não houve excesso de sais dissolvidos na água do rio. Os valores acima de 100  $\mu\text{S cm}^{-1}$  refletiram ambientes impactados. Logo, os dados obtidos nas análises se encontravam acima da condutividade esperada em águas naturais, o que poderia indicar modificações no ambiente. Torres et al. (2019), por sua vez, ao analisarem a água do rio Potengi – RN obtiveram resultados de condutividade acima de 400  $\mu\text{S cm}^{-1}$  possivelmente em decorrência de despejos irregulares. Já Silva et al. (2019), ao estudarem os parâmetros físico-químicos da transposição do Rio São Francisco do Eixo Leste – PB, obtiveram concentrações de 202,4 e 272,0  $\mu\text{S cm}^{-1}$  nos pontos analisados. No entanto, Fonseca e Salvador (2005) ao

estudarem o rio Bonito – SP observaram que o valor médio dos pontos analisados foi de  $68,3 \mu\text{S cm}^{-1}$ , o que se enquadrava dentro do esperado para rios pouco impactados.

#### 5.1.3.4. Turbidez

A turbidez é composta por sólidos em suspensão oriundos do processo de erosão e despejos que podem estar associados a compostos tóxicos e organismos patogênicos. De acordo com Brasil (2019a), uma das mais importantes fontes de turbidez é a erosão do solo, pois em época de chuvas as águas pluviais carregam uma grande quantidade de material sólido para os corpos d'água.

A Tabela 16 mostra as médias e desvios padrão obtidos nas análises realizadas para a turbidez. Os resultados obtidos foram diagramados e encontram-se na Figura 24.

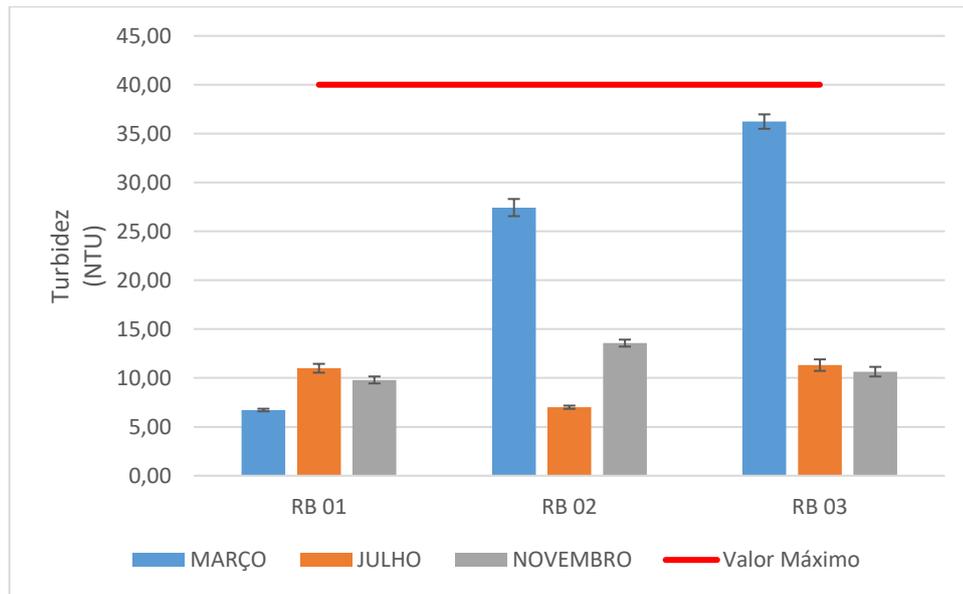
Tabela 16: Resultados da turbidez na água do rio Brandão no período de estudo

Mês	Pontos		
	RB 01 (NTU) $\pm$ s	RB 02 (NTU) $\pm$ s	RB 03 (NTU) $\pm$ s
Março	$6,72 \pm 0,14$	$27,27 \pm 0,88$	$36,07 \pm 0,74$
Julho	$10,99 \pm 0,45$	$7,01 \pm 0,16$	$11,32 \pm 0,59$
Novembro	$9,80 \pm 0,35$	$13,57 \pm 0,36$	$10,65 \pm 0,49$

\*s = desvio padrão

Fonte: Autora (2019)

Figura 24: Turbidez nos pontos de coleta no Rio Brandão



Fonte: Autora (2019)

De acordo com os resultados, a variação entre os pontos permite apontar os processos erosivos resultantes da ausência de vegetação nas margens. No Ponto RB 01 observou-se uma turbidez menor comparada aos outros dois pontos, em geral nas coletas realizadas nos meses de março e novembro, devido à proximidade com a nascente e por se tratar de uma área com maior cobertura vegetal ciliar, portanto tal condição contribui para obtenção de teores mais baixos.

Nos pontos RB 02 e 03, as ações antrópicas foram de maior intensidade, com redução da cobertura vegetal, o que ocasionou erosões nas margens do rio. Em estações chuvosas estes processos erosivos tendem a acentuar a turbidez das águas, como verificados nos pontos RB 02 e RB 03 nos meses de março. Tal problemática também foi abordada por Sousa (2016) nas análises do rio Grajaú – MA, onde foram verificadas concentrações acima do permitido com média de 50,0 a 83,3 NTU, associadas aos processos erosivos da margem que permitem o carreamento de partículas em épocas de cheia para o rio. Já os estudos de Marmontel e Rodrigues (2015) sobre o córrego Pimenta – SP indicaram que as nascentes estudadas com maior presença de cobertura vegetal ciliar obtiveram os menores teores de turbidez, enquanto as nascentes com solo desprotegido pela mata ciliar apresentaram maiores concentrações devido ao transporte de material particulado em suspensão ao corpo d'água. Esse último resultado foi similar ao apontado por Souza (2012) sobre rio Jacarecica – AL, que indicava uma

acentuada turbidez nos trechos sem mata ciliar, entretanto os trechos com presença da área preservada, apresentaram concentrações menos acentuadas.

Na segunda coleta, ocorrida no mês de julho de 2019, constatou-se que houve uma diminuição do resultado de turbidez obtidos, em comparação ao verificado na coleta dos meses de março e novembro. O ponto RB 02 apresentou resultado mais baixo em comparação aos pontos RB 01 e RB 03, característicos dos períodos mais secos, uma vez que os efeitos da ressuspensão dos sólidos advindos da alta vazão estavam diminuídos, sendo similares aos encontrados por Sardinha et al. (2008) após analisar a água do ribeirão do Meio – SP, onde as maiores concentrações foram obtidas nos meses de chuva, indicando que os valores poderiam estar associados aos materiais em suspensão carregados para o rio. Silva (2019), por sua vez, estudou o rio Jucu – ES e observou que na primeira campanha, período de pouca chuva, as concentrações foram inferiores a 20 NTU e na segunda campanha, período de cheia, os resultados foram de 82,5 a 154,0 NTU, o que era influenciado pela perturbação dos sedimentos do rio, similar ao observado neste estudo.

A presença de matéria orgânica dificulta a absorção da luz na água, afetando a aparência estética e o aumento da turbidez reflete na diminuição do efeito fotossintético do ambiente aquático, podendo alterar outros parâmetros de qualidade. Diante dos resultados obtidos pelos pontos estudados dentre os meses da coleta, foi observado que os mesmos atendem aos padrões exigidos pela Resolução do CONAMA Nº 357, de 2005, na qual o limite de turbidez para águas doce de Classe 1 é de 40 NTU, embora tenha apresentado resultado próximo do permitido na coleta de março no ponto RB 03. O mesmo foi observado por Alves; Martins; Jesus (2019) ao estudarem o rio Camarajipe - BA, tendo os autores verificado oscilação da concentração de turbidez entre os trechos estudados.

#### 5.1.3.5. Alcalinidade

A maioria das águas naturais apresentam valores de alcalinidade na faixa de 30 a 500 mg L<sup>-1</sup> de CaCO<sub>3</sub> (BRASIL, 2014). Análises que apresentam valores elevados de alcalinidade estão associadas a processos de decomposição da matéria orgânica e a alta taxa respiratória de micro-organismo, com a liberação e dissolução do gás carbônico (CO<sub>2</sub>) na água.

A determinação da alcalinidade da água é relevante para o correto tratamento nas estações, pois é fundamental para o estabelecimento da dosagem de produtos químicos no tratamento da água (BRASIL, 2006b).

A Tabela 17 demonstra as médias e desvios padrão obtidos nas análises realizadas para a alcalinidade.

Tabela 17: Resultados da alcalinidade na água do rio Brandão no período de estudo

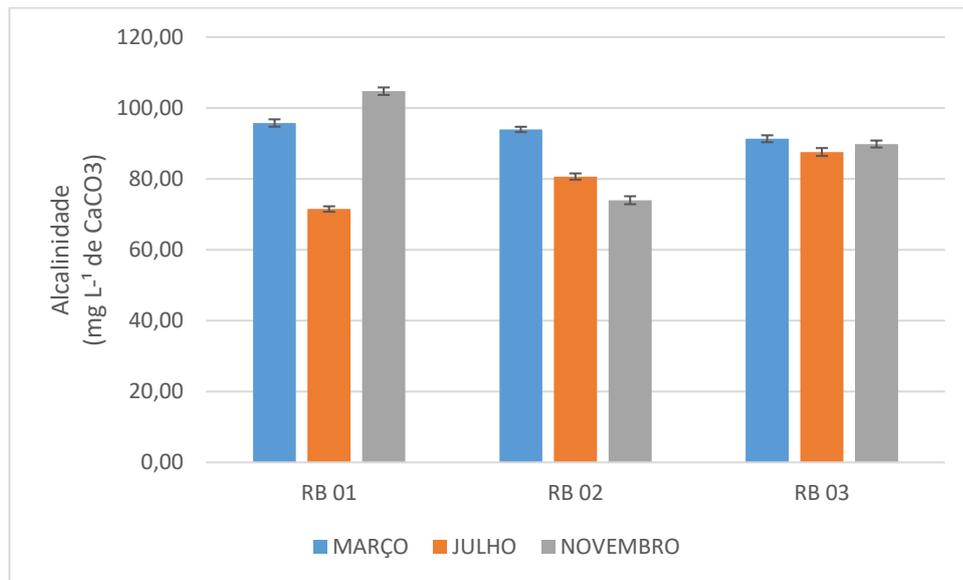
Mês	Pontos		
	RB 01 (mg L <sup>-1</sup> de CaCO <sub>3</sub> ) ± s	RB 02 (mg L <sup>-1</sup> de CaCO <sub>3</sub> ) ± s	RB 03 (mg L <sup>-1</sup> de CaCO <sub>3</sub> ) ± s
Março	95,75 ± 1,04	93,93 ± 0,75	91,30 ± 0,98
Julho	71,48 ± 0,77	80,65 ± 0,89	87,57 ± 1,11
Novembro	104,72 ± 1,06	73,96 ± 1,13	89,83 ± 0,98

\*s = desvio padrão

Fonte: Autora (2019)

A Resolução CONAMA N° 357, de 2005 e a Portaria de Consolidação do Ministério da Saúde N° 5, de 2017, não estabelecem valores máximos permitidos para a alcalinidade, mas devido a sua importância ambiental a mesma foi quantificada, conforme pode ser observado na Figura 25.

Figura 25: Resultados obtidos para alcalinidade



Fonte: Autora (2019)

Os maiores teores observados foram nos períodos chuvosos, devido possivelmente ao arraste de partículas de compostos e sais que podem contribuir para a elevação destes valores. Resultados semelhantes foram encontrados por Guimarães et al. (2018), que encontraram alcalinidade mais elevada durante os períodos de chuva devido ao fato de turbulência das águas aumentarem a taxa de gás carbônico dissolvido, elevando os teores de alcalinidade, além da presença de micro-organismos e outros poluentes que são carregados para o rio, responsáveis por alterações da qualidade. Farias; Neto; Limas (2011) observaram que os valores mínimos de alcalinidade foram verificados nos meses de maiores precipitações devido ao processo de diluição da água, diferentemente do observado no estudo do Rio Brandão – RJ.

Os resultados também correspondem aos estudos realizados por Brandelero (2008) ao observar um possível aumento da alcalinidade quando ocorreu o aumento da carga orgânica. Já Bregunce et al. (2011) perceberam um aumento da concentração de carbonato e sólidos dissolvidos em função da decomposição de nutrientes e substâncias orgânicas presentes no rio.

### 5.1.3.6. Cloretos

Geralmente em águas brutas são encontrados altos teores de cloreto em função da presença de cloreto de sódio, cálcio e magnésio. Esses teores também dependem das condições químicas envolvidas, que são provenientes de depósitos de minerais, vapores orgânicos, presença/invasão de águas salgadas, além da poluição advinda de esgotos domésticos e despejos industriais (VEIGA, 2005).

Na legislação brasileira, os teores máximos para o cloreto em corpos hídricos são estabelecidos pela Portaria de Consolidação do Ministério da Saúde Nº 5, de 2017 e pela Resolução CONAMA Nº 357, de 2005, as quais relacionam ao padrão de potabilidade de aceitação para o consumo humano, assim como para águas doces de Classe 1 estabelecendo um limite de 250 mg L<sup>-1</sup> de Cl<sup>-1</sup>.

A Tabela 18 demonstra as médias e desvios padrão obtidos nas análises realizadas para a condutividade. Os resultados obtidos encontram-se na Figura 26.

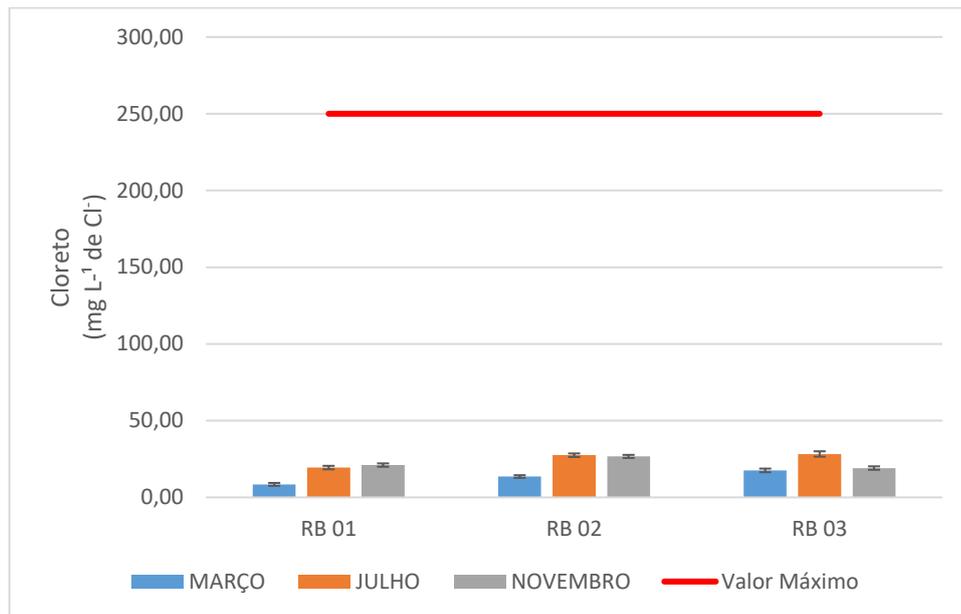
Tabela 18: Resultados de cloreto na água do rio Brandão no período de estudo

Mês	Pontos		
	RB 01 (mg L <sup>-1</sup> Cl <sup>-1</sup> ) Veri± s	RB 02 (mg L <sup>-1</sup> Cl <sup>-1</sup> ) ± s	RB 03 (mg L <sup>-1</sup> Cl <sup>-1</sup> ) ± s
Março	8,48 ± 0,95	13,61 ± 0,86	17,58 ± 1,19
Julho	19,43 ± 1,13	27,49 ± 1,16	28,29 ± 1,76
Novembro	21,06 ± 1,10	26,71 ± 1,01	19,12 ± 1,12

\*s = desvio padrão

Fonte: Autora (2019)

Figura 26: Resultados obtidos na análise de cloretos



Fonte: Autora (2019)

As médias obtidas para os pontos RB 01, RB 02 e RB 03 são baixas, em comparação com o limite máximo estabelecido e estão de acordo com estudos desenvolvidos por Carvalho e Siqueira (2011), que ao estudarem o Rio Meia Ponte – GO observaram que as concentrações encontradas estão abaixo do limite máximo estabelecido pela legislação, bem como o aumento da concentração se dá pela proximidade com lançamento de efluentes domésticos ou industriais. Maciel; Drescher; Peixoto (2015) observaram em seu estudo que as concentrações de cloreto variam entre 8,37 a 10,91 mg L<sup>-1</sup> indicando pouca possibilidade de influência nas características do ecossistema aquático natural. Martins et al. (2017) ao estudarem o rio Setúbal – MG verificaram que as médias anuais dos pontos coletados de 6,01 e 6,9 mg L<sup>-1</sup> são mínimas comparadas ao estabelecido pela legislação, demonstrando que o rio não possui fontes de poluição em suas proximidades, similares ao observado neste estudo.

Macêdo (2005) afirma que em águas naturais os níveis de cloreto são baixos, corroborando os resultados obtidos nos trechos analisados do Rio Brandão – RJ.

Os resultados obtidos no ponto RB 01, em comparação aos pontos RB 02 e RB 03, apresentam elevadas concentrações que podem ser atribuídas ao aumento da urbanização a jusante, possivelmente devido a presença de efluentes domiciliar e industrial, pois é considerado um indicador de contribuições antropogênicas (FARIAS; NETO; LIMAS, 2011). Apesar de existirem outros métodos mais indicados e precisos para indentificarem esse tipo de

contaminação como o teste de coliformes fecais, os resultados coincidem com os encontrados por Silva et al. (2007) ao estudarem a sub-bacia do rio da Ponte – MG, na qual observou-se que o aumento da concentração do cloreto pode estar associado às contribuições antrópicas.

#### 5.1.3.7. Dureza total

A origem da dureza das águas pode ser natural, através da dissolução das rochas calcárias, ricas de cálcio e magnésio, ou por ação antropogênica pelo lançamento de efluentes domésticos e industriais (BRASIL, 2014). A dureza pode ser associada ao parâmetro da alcalinidade, uma vez que os cátions atrelados aos ânions causadores da alcalinidade são  $\text{Ca}^{+2}$  e  $\text{Mg}^{+2}$ , portanto auxiliando nas condições de indicar o tamponamento de uma amostra de água (APHA, 1998).

A Tabela 19 demonstra as médias e desvios padrão obtidos nas análises realizadas para a dureza total. Na Figura 27 são apresentados os resultados obtidos para dureza total neste estudo.

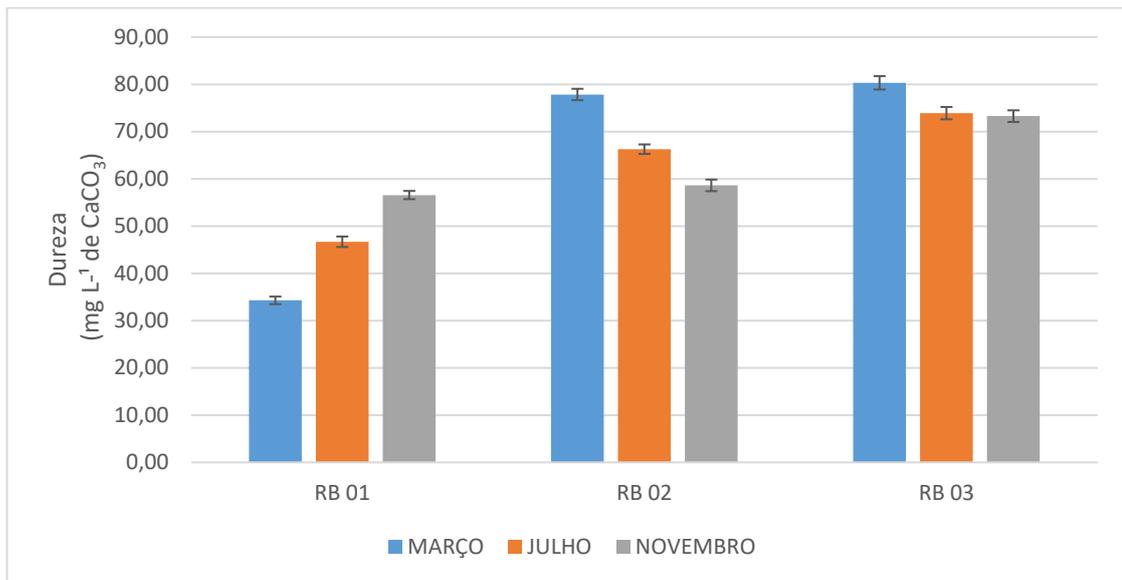
Tabela 19: Resultados da dureza total na água do rio Brandão no período de estudo

Mês	Pontos		
	RB 01 (mg L <sup>-1</sup> de CaCO <sub>3</sub> ) ± s	RB 02 (mg L <sup>-1</sup> de CaCO <sub>3</sub> ) ± s	RB 03 (mg L <sup>-1</sup> de CaCO <sub>3</sub> ) ± s
Março	34,28 ± 0,80	77,85 ± 1,20	80,32 ± 1,41
Julho	46,69 ± 1,11	66,27 ± 1,01	73,89 ± 1,31
Novembro	56,56 ± 0,87	58,62 ± 1,23	73,26 ± 1,24

\*s = desvio padrão

Fonte: Autora (2019)

Figura 27: Resultados de dureza total



Fonte: Autora (2019)

Nos pontos RB 02 e 03 foram encontrados os maiores valores de dureza com 79,15 e 77,57 mg L<sup>-1</sup> de CaCO<sub>3</sub>, respectivamente, que podem ser caracterizados pelo fato de menor presença de mata ciliar e maior incidência de erosão, vistos que estes fatores proporcionam maior tendência a deslocamento de partículas de solo que podem ser carregadas e adentram ao rio, possibilitando a presença de sais e minerais na água. No ponto RB 01 foi observado o menor valor de dureza total, com 58,31 mg L<sup>-1</sup> de CaCO<sub>3</sub>. Trata-se de uma área com maior cobertura vegetal, que apresenta poucos pontos de erosão e, conseqüentemente, possui menor tendência ao deslocamento de partículas de minerais e sais em direção ao rio.

Rocha et al. (2014) observaram alterações para os teores de dureza de acordo com a sazonalidade, seja ela influenciada pela concentração de cálcio e magnésio em épocas de seca ou pelo arraste e acúmulo de partículas da várzea em época de cheias.

Pode-se associar o estudo do rio Lajeado Bonito e Limeira – SC, elaborado por Franchini; Gomes (2017), comparando as atividades urbanas e rurais sobre a qualidade da água, o qual indicam que os pontos localizados mais próximos a área urbana apresentam as maiores concentrações de dureza. Tal fato pode ser justificado pela possível carga de contaminantes, devido a esgotos domésticos e industriais que são lançados no corpo hídrico. O mesmo foi observado no estudo do Rio Brandão – RJ, onde os pontos RB 02 e RB 03 apresentaram elevadas concentrações comparadas ao RB 01. Os resultados encontrados neste estudo são

similares aos obtidos por Siqueira; Aprile; Migueis (2012), que obtiveram valores baixos de dureza oscilando entre 46,00 e 72,00 mg L<sup>-1</sup> de CaCO<sub>3</sub> ao estudar o rio Parauapebas – PA.

Segundo a classificação dada as águas a partir da dureza total encontrada, pode-se constatar que a água do rio Brandão – RJ é de dureza pouco dura na maioria dos pontos analisados, apenas no mês de março e julho, no ponto RB 01, observou-se que a água do rio Brandão possuía característica de água branda, de acordo com a classificação dada pela Fundação Nacional da Saúde – FUNASA (BRASIL, 2014), similares ao obtido por Vigil e Coraiola (2010) ao estudarem o rio Bonito – SC, onde verificaram dureza com características de água branda.

Diante dos padrões exigidos pela Portaria de Consolidação do Ministério da Saúde N° 5, de 2017, que limita em 500 mg L<sup>-1</sup> de CaCO<sub>3</sub> as águas de abastecimento, os teores obtidos foram baixos não apresentando restrição para o uso relacionado a esse parâmetro. O mesmo vale para o resultado encontrado por Silva et al. (2018a) ao estudarem o rio Pitanga – SE. Os mesmos observaram que as concentrações oscilaram entre 54,00 e 71,93 mg L<sup>-1</sup> de CaCO<sub>3</sub> nos pontos, estando dentro do limite permitido pela legislação para o parâmetro para uso água de abastecimento. Carvalho et al. (2017), por sua vez, ao estudarem a água de abastecimento do distrito de Jamacaru no Ceará, obtiveram resultados médios de dureza de 48,00 a 79,33 mg L<sup>-1</sup> de CaCO<sub>3</sub>, os quais se encontravam dentro do estabelecido pela Portaria do Ministério da Saúde.

#### 5.1.3.8. Sólidos Totais

A concentração dos sólidos em ecossistemas aquáticos pode estar relacionada as impurezas encontradas em seu curso, diante disto, deve-se verificar a presença de sólidos totais nas águas para verificar a sua qualidade.

A Tabela 20 demonstra as médias e desvios padrão obtidos nas análises realizadas para os sólidos totais. Na Figura 28 são apresentados os resultados obtidos para dureza total neste estudo.

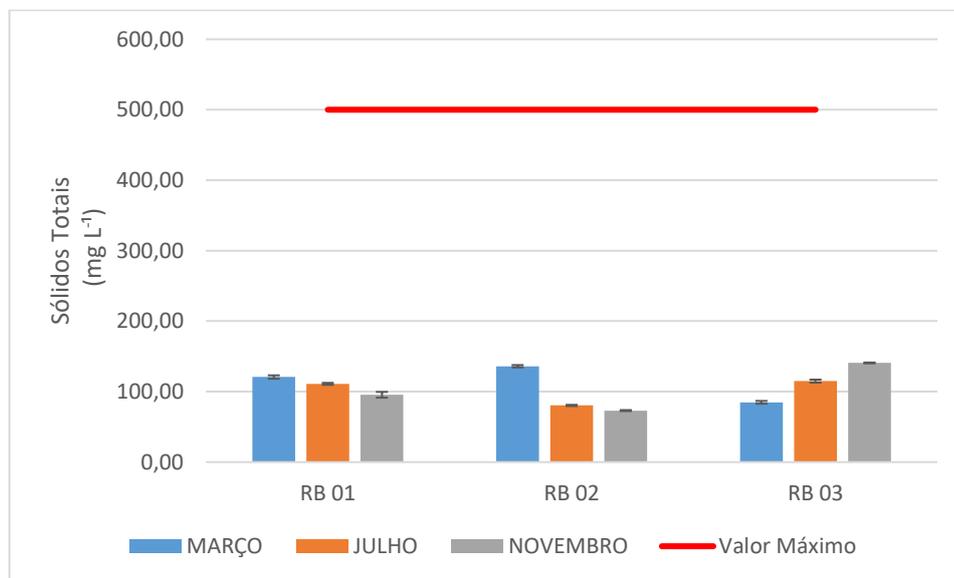
Tabela 20: Resultados de sólidos totais na água do rio Brandão no período de estudo

Mês	Pontos		
	RB 01 (mg L <sup>-1</sup> ) ± s	RB 02 (mg L <sup>-1</sup> ) ± s	RB 03 (mg L <sup>-1</sup> ) ± s
Março	120,70 ± 2,40	136,00 ± 1,70	84,80 ± 1,98
Julho	110,00 ± 1,41	110,20 ± 0,85	114,90 ± 2,12
Novembro	95,50 ± 4,10	111,50 ± 0,71	140,71 ± 0,62

\*s = desvio padrão

Fonte: Autora (2019)

Figura 28: Sólidos totais nos pontos de coleta no Rio Brandão



Fonte: Autora (2019)

Os teores de sólidos sofrem influência de inúmeros fatores, que vão desde a velocidade de vazão, precipitação, extrato vegetacional, atividades antrópicas que podem resultar em alterações do solo e da bacia, contribuindo com processos erosivos, possibilitando o carreamento de partículas (BASSO; MOREIRA; PIZZATO, 2011).

Os resultados obtidos se assemelham aos de Bregunze et al. (2011) ao estudarem o ribeirão Muller. Os autores verificaram que a média das concentrações de sólidos foi de 329,36 mg L<sup>-1</sup>, resultado associado aos picos de concentração observados de acordo com a

sazonalidade da coleta. Já Silva e Sousa (2013), observaram que as concentrações de sólidos totais possuem relação direta com a sazonalidade, sendo menores em época de seca, devido a um menor arraste de sedimentos transportadores pela erosão da mata ciliar, tornando-se acentuada em época de chuvas, por possuir um maior incremento dos teores de sais minerais neste período. Os teores obtidos por Souza; Sá-Oliveira; Silva (2015) ao estudarem o Alto Rio Pedreira em Macapá/AP foram mais elevados nas coletas do período chuvoso, enquanto no período seco foram menores.

De acordo com a Resolução CONAMA N° 357, de 2005, o valor máximo permitido de sólidos dissolvidos total é de  $500 \text{ mg L}^{-1}$ . Conforme observado na pesquisa, os teores estão abaixo do estabelecido pela resolução, equivalente aos encontrados por Zuffo et al. (2013) ao analisarem as águas superficiais em Rondônia, tendo verificado concentrações abaixo do máximo permitido nas bacias dos rios Jamari, Machado e Guaporé em Rondônia. Alves e Moraes (2016), ao estudarem o córrego Barrinha – GO, verificaram que os resultados variavam entre  $80,70$  e  $138,70 \text{ mg L}^{-1}$ , o que atendia à legislação.

#### 5.1.3.9. Fósforo

O fósforo é um nutriente essencial para o crescimento dos organismos, porém em concentrações elevadas podem indicar eutrofização do meio aquático (CORADI; FIA; PEREIRA-RAMIREZ, 2009).

As concentrações de fósforo obtidas para os pontos RB 01, 02 e 03 estão agrupadas na Tabela 21, os pontos em que não foram possíveis quantificar a concentração, não justificam a ausência do mesmo, mas sim que se encontram em concentrações abaixo do limite de detecção do método. As concentrações não ultrapassaram os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA N° 357 de 2005, estipulado em  $0,1 \text{ mg L}^{-1}$ .

Tabela 21: Resultados de fósforo na água do rio Brandão no período de estudo

Mês	Pontos		
	RB 01 (mg L <sup>-1</sup> )	RB 02 (mg L <sup>-1</sup> )	RB 03 (mg L <sup>-1</sup> )
Março	0,044	n.d.	n.d.
Julho	0,043	n.d.	0,029
Novembro	0,048	0,083	0,027

\*n.d.: não detectado

Fonte: Autora (2019)

Segundo Chapman (1996) a maioria das águas naturais apresentam de 0,005 mg L<sup>-1</sup> a 0,02 mg L<sup>-1</sup> de fósforo em sua composição, diferentemente dos resultados obtidos nos pontos neste estudo. Considerou-se que a presença do fósforo no ponto RB 01 esteja relacionada a práticas agrícolas com uso de fertilizantes, que associados ao processo de erosão do solo, podem ser carreados através do escoamento superficial da água das chuvas em direção ao rio, justificando tais concentrações encontradas. Baldissera; Zampieri; Bampi (2011) ao analisarem as águas da microbacia de Tarumanzinho em Águas Frias - SC verificaram que os resultados obtidos se encontravam em desconformidade com a legislação, indicando que a presença de concentração tem como principal agente o uso urbano, seguido do uso agrícola do solo. Dias et al. (2018) ao analisarem as águas superficiais do córrego da Arara – SP verificaram concentrações acima da legislação, justificadas pelo escoamento do solo de áreas agrícolas durante o período chuvoso. Ao avaliarem a qualidade da água do Ribeirão das Abóboras em Rio Verde – GO, Alves et al. (2016) observaram que as maiores concentrações obtidas estão associadas à descarga de efluentes domésticos e industriais.

No ponto RB 02 observou-se a maior concentração entre os demais pontos no mês de novembro, o qual se aproximou do máximo permitido pela legislação. Tal fato pode ser justificado por despejos pontuais de efluentes domésticos, pela proximidade com o lixão desativado e também pela intensa atividade erosiva da margem, que em épocas chuvosas possibilitam o carreamento de material para o solo. O mesmo foi observado por Farage et al. (2010) ao estudarem o rio Pomba –MG e verificarem que o aumento da concentração é justificável em períodos chuvosos devido o escoamento superficial, principalmente em solos desprovidos de mata ciliar.

### 5.1.3.10. Metais

Não foi possível detectar traços metálicos de Cd, Cr, Cu, Ni, Pb e Zn, com o instrumento e métodos aplicados para os pontos do rio Brandão durante o período de estudo, agrupados na Tabela 22. A ausência de detecção não configura ausência dos metais analisados na água do rio, pois os mesmos podem estar em concentrações menores do limite de detecção do equipamento. Sendo assim, estão enquadrados dentro dos valores permitidos pela Resolução CONAMA N° 357 de 2005, constatando que as águas não estão contaminadas por estes metais.

Tabela 22: Resultados dos traços metálicos estudados nos pontos de coleta do rio Brandão

Mês da Coleta	Pontos	Cd	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
Março	RB 01	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
	RB 02	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
	RB 03	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Julho	RB 01	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
	RB 02	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
	RB 03	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Novembro	RB 01	n.d	n.d	n.d	1,224	n.d	n.d	n.d
	RB 02	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
	RB 03	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d

\* n.d.: não detectado

Fonte: Autora (2019)

Independente da vazão do rio Brandão não houve detecção do cádmio, como também foi observado nos estudos de Lunardi (2012) e Oliveira e Silva (2013) ao estudarem o córrego Barbado - MT e por Rocha e Azevedo (2015) ao estudarem os metais presentes nas águas superficiais da Bacia do Córrego de São Mateus - MG. Duarte (2013) ao estudar os sítios da Bacia do Médio Tocantins – TO observou a presença de cádmio em determinados pontos amostrais e em outros pontos não foi possível por se encontrarem abaixo do limite de detecção do método.

A presença do cádmio geralmente ocorre associada a outros metais como chumbo e zinco na natureza e são raros geoquimicamente. Podem estar presentes em insumos agrícolas e consequentemente a partir da utilização do mesmo em áreas de cultivo podendo ser carregados ao recurso hídrico através do escoamento superficial. Ao estudarem o rio Ivaí – PR, Santos e Coelho (2008) encontraram níveis de concentração abaixo do limite de detecção no método usado, equivalente aos dados encontrados nesta pesquisa. Diferentemente dos estudos feitos por Gomes et al. (2016), que ao avaliarem pontos pré-determinados ao longo do baixo curso do Rio Doce em Natal obtiveram concentrações de cádmio acima do permitido pela legislação do CONAMA Nº 357 de 2005, deixando claro que a concentração de metais pode estar relacionada com as atividades agrícolas e o descarte de efluentes sem o devido tratamento.

Em nenhum dos pontos analisados foi detectado o metal cobre durante as coletas realizadas durante o ano de 2019. O mesmo foi observado por Sanches et al. (2014) ao analisarem o córrego Pirapitinga em Ituiutaba - MG. Também não foi verificada quantificação do metal por Gonçalves et al. (2015) ao estudarem as águas superficiais das bacias dos rios Cuiabá e São Lourenço – MT. No entanto, Kar et al. (2008) e Adefimi e Awokunmi (2010) obtiveram concentrações de cobre na maioria das águas estudadas do rio Ona, localizado na Nigéria. Já Opaluwa et al. (2012) obtiveram a concentração média de  $0,95 \text{ mg L}^{-1}$  para a água do rio Nasarawa na Nigéria, admitindo que o aumento da concentração do metal no sistema aquático possivelmente ocorre a partir do escoamento de terras agrícolas após a utilização de fertilizantes químicos que contenham este metal na sua composição. Associou-se a baixa ou ausência da concentração do cobre a adsorção do metal a frações silicáticas da argila, na qual formaram-se moléculas pesadas, que precipitaram nos sedimentos, conforme os resultados de Schiller et al. (2017).

No estudo de Lemes (2001) não houve detecção para o cromo ao analisar as águas do Rio Mogi-Guaçu e Pardo – SP, como também observado neste estudo. Ao analisar a nascente e as águas superficiais próximas a mineradora em Himachal Pradesh na Índia, Prasad e Bose (2001) verificaram pequenas concentrações para o cromo, do mesmo modo que Vilela (2016) ao estudar alguns trechos do Rio Paraíba do Sul – SP e Santos et al. (2006) ao analisarem as águas superficiais do rio Tarumã – AM e seus afluentes, onde encontraram baixos teores de cromo comparados a outros elementos. Distintamente do observado nesta pesquisa, os estudos de Muhammad; Shah; Khan (2011) e de Ochieng; Lalah; Wandiga (2007) identificaram nos pontos analisados concentrações médias de  $0,025$  a  $0,188 \text{ mg L}^{-1}$  para o cromo, dentro dos

limites permitidos. Porém, por se tratar de uma área de atividade pesqueira e lazer, a presença do metal tornou-se uma fonte de preocupação.

A presença de chumbo ocorre de forma natural, em pequenas concentrações devido à baixa solubilidade de suas rochas, mas também pode ser inserida no meio aquático através de atividades antrópicas, podendo ser considerado um bom indicador de poluição da água. No rio Brandão não houve detecção do metal chumbo, assim como observado por Sabia et al. (2013), que ao estudarem o rio Carás – CE não verificaram presença do metal. O oposto foi observado por Melo et al. (2012) ao estudarem o rio Ribeira – PR, quando constataram que a maioria das concentrações foram superiores a  $0,01 \text{ mg L}^{-1}$ . Por sua vez, os estudos de Sarmani (1989) no rio Langat na Malásia constataram concentrações de chumbo oscilando de  $0,05$  a  $0,07 \text{ mg L}^{-1}$  e as investigações de Zhang et al. (2010) sobre as zonas ribeirinhas da área de Panyu-Nansh e no estuário do Rio das Pérolas, localizado na China, constataram resultados de chumbo com intervalo de  $0,012 \text{ mg L}^{-1}$ , acima do limite pré-estabelecido de  $0,01 \text{ mg L}^{-1}$  pelos padrões de qualidade ambiental para águas do país. O estudo de Mohiuddin et al. (2011) apontaram concentrações de chumbo diferentes de acordo com a estação, se diferenciando do estudo de Magalhães et al. (2016) que detectou elevadas concentrações do metal, porém sem nenhuma tendência temporal nas matrizes analisadas.

Conceição et al. (2015) verificaram em seu estudo a concentração de níquel nas águas fluviais da Bacia do Alto Sorocaba – SP, obtendo resultados abaixo dos limites de detecção do método empregado no período da seca; no entanto no período de chuva as concentrações oscilaram entre  $0,020$  e  $0,025 \text{ mg L}^{-1}$  e ultrapassam os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA Nº 357 de 2005, devido aos processos de erosão que permitem o carreamento desse elemento para o corpo hídrico. O mesmo foi observado no estudo de Oliveira; Campos; Medeiros (2010) ao estudarem os metais presentes no Rio Salite – BA, onde observaram que as concentrações se apresentaram acima do limite legislado somente no período úmido, variando de  $0,71$  a  $1,00 \text{ mg L}^{-1}$ . Já Ortiz et al. (2008) verificaram que a sazonalidade influencia nas concentrações de níquel, evidenciando um comportamento cíclico. No rio Brandão – RJ observou-se que independente da sazonalidade não foi possível detectar concentrações do metal nos pontos analisados.

No estudo de Faria et al. (2007) há presença de níquel na água do distrito industrial de Mangabeira e, em sua maioria, se encontra dentro dos limites estabelecidos pelo CONAMA. O mesmo também foi encontrado por Sampaio (2003), que observou em seu estudo que dois

pontos analisados se encontravam acima do estipulado pela Resolução CONAMA N° 357 de 2005, com concentração de 0,027 e 0,030 mg L<sup>-1</sup>. O contrário foi constatado no estudo de Silva et al. (2018b), na qual as concentrações de níquel que variaram entre 0,001 e 0,009, em nenhum ponto ultrapassou os limites estabelecidos, ainda que nas proximidades tenha ação antrópica e possível influência da proximidade com o lixão Salinópolis-PA.

O estudo desenvolvido por Guedes; Lima; Souza (2005) ao analisarem as águas do rio Jundiá – RN indicou a presença de concentrações com média de 0,03 mg L<sup>-1</sup> de zinco, abaixo do limite estipulado pela Resolução CONAMA N° 357 de 2005 e em apenas um dos pontos não foi possível detectar a presença do metal. O mesmo foi encontrado por Corrêa (2014) ao estudar o rio Maranguapinho – CE, onde foi observada a concentração máxima de 0,01 mg L<sup>-1</sup> zinco, abaixo do máximo estipulados pela legislação. O trabalho de Lima (2013) sobre o rio Cassiporé – AM constatou que a média de concentração de 0,14 mg L<sup>-1</sup> se encontrava abaixo do permitido pela legislação CONAMA. Ao estudar a bacia do rio Wen-Rui Tang na China, Qu et al. (2018) indicaram que a presença dos metais é derivada principalmente a atividades antrópicas, decorrentes de escoamento superficial e águas residuais. Já Ribeiro et al. (2012) confirmaram que não somente os resíduos industriais influenciaram nas concentrações obtidas, pois foram verificados picos onde a influência de agricultura e pecuária eram maiores ao longo do segmento no rio São Francisco – MG. Castilhos et al. (2011) analisaram em sua pesquisa que as concentrações de zinco são expressivas em termos de contaminação, ultrapassando os limites máximos estabelecidos pela Resolução CONAMA N° 357 de 2005, provavelmente associado ao uso indiscriminado de pesticidas e fertilizantes.

Observou-se que a concentração de manganês no ponto RB 01 no mês de novembro apresentou valor maior do que o permitido pela Resolução CONAMA N° 357 de 2005. Este metal em concentrações elevadas, acima das máximas permitidas, pode ser considerado neurotóxico e é capaz de causar disfunções neurais e lesões no sistema nervoso, além de alterar a cor e o sabor da água (DAS et al., 2011). As concentrações encontradas corroboram os estudos realizados por Alves et al. (2010) ao verificarem as concentrações médias de 0,08 mg L<sup>-1</sup> do manganês nas águas do córrego Monte Alegre – SP. No estudo de Nascimento e Barbosa (2005), no entanto foi observada concentração média de 0,148 mg L<sup>-1</sup>, acima do permitido pela legislação CONAMA. O mesmo foi também observado por Aprile e Bouvy (2010) ao estudarem a concentração do manganês nas águas do rio Tapacurá – PE, onde encontraram concentração média de 0,27 mg L<sup>-1</sup>. Resultado similar foi apresentado no estudo de Peres;

Coelho; Ferreira (2009) ao analisarem a microbacia do córrego Fundão em Catalão – GO, onde identificaram a presença de manganês com valores acima do permitido pela Resolução CONAMA N° 357 de 2005. Sousa (2009) verificou que as concentrações encontradas para o manganês foram maiores no período chuvoso, enquanto nos períodos de seca não houve detecção do metal ao estudar a Baía de São Marcos – MA, similar ao obtido nos resultados dessa pesquisa.

## 5.2. REVITALIZAÇÃO AMBIENTAL DO RIO BRANDÃO

O processo de urbanização pode impactar os corpos d'água, principalmente quando não existe o planejamento adequado. Processos desenfreados de ocupação das várzeas, o lançamento de efluentes domésticos e industriais sem o devido tratamento e as intervenções físicas realizadas no corpo hídrico, acarreta em respostas imediatas do canal, como início de processos erosivos da várzea e do leito, diminuição de espécies entre outras (ALENCAR, 2017). Dentre os possíveis manejos da água de rios retificados e pertencentes as áreas urbanas, destaca-se a abordagem definida como revitalização, cujo objetivo é restabelecer as relações entre os corpos hídricos e a paisagem, fortalecendo a situação ecológica do rio, de maneira a reintroduzir a vida ao canal, não o privando de outros usos (SILVA, 2010).

Nas áreas urbanas a recuperação de rios se torna mais complexa, pois a recuperação dos recursos não pode comprometer as zonas urbanas, principalmente devido as retificações e recuperação da mata ciliar, já ocorridas nestes trechos. Os processos de revitalização de rios e córregos urbanos compreendem em plantio de árvores, reintrodução de espécies nativas extintas no local, criação de parques fluviais em áreas de várzea para fins socioambientais, entre outros (COSTA, 2011).

Ao analisar os resultados dos parâmetros físico-químicos e dos traços metálicos obtidos na pesquisa acerca da qualidade do rio Brandão, bem como as caracterizações da várzea, foi observado que os pontos RB 02 e RB 03 são considerados os pontos que mais sofreram modificações ao longo dos anos com o crescimento urbano e industrial da cidade, se tornando suscetíveis aos efeitos do crescimento, com maior predisposição a erosão da mata ciliar e contaminações a partir do despejo não tratado de esgotamento sanitário e industrial .

Logo a implementação de projetos de intervenção na urbanística do trecho do Rio Brandão devem ocorrer, não somente pensando nas condições sanitárias do corpo d'água, mas também nas questões sociais que a reestruturação acarretaria, tomando de exemplo obras já executadas em espaços urbanos nacionais e internacionais, como o da cidade de Madri - Espanha e o Parque das Corujas em São Paulo – Brasil.

O caso do Rio Manzanares, localizado na Espanha, que teve suas margens modificadas ao longo dos anos com o crescimento urbano, chegando a ser margeado por uma rodovia, é um exemplo do exposto acima. A modificação do desenho ambiental foi a partir do soterramento da rodovia dando lugar a uma extensa área verde, sendo criado o Parque Linear, também chamado de “Madrid-Rio”. Para tanto, foi necessária adoção de novas soluções a fim de não afetar as engenharias já existentes (MAGDALENO, 2017). Os investimentos para a modificação do desenho ambiental foram altos, porém houve um retorno devido ao turismo que foi estimulado, além de contribuir com a qualidade dos frequentadores e da região que o cerca (FRANCO; CASTAÑER; SOUSA, 2014).

Um outro caso de modificação do desenho ambiental foi no córrego das Corujas, situado próximo ao espigão da Avenida Paulista, zona oeste da cidade de São Paulo, nos bairros de Vila Madalena e Vila Beatriz. O córrego sofreu retificação na década de 1940, após o início do arreamento para construção de loteamentos. Atualmente o córrego encontra-se, na sua maior parte, tamponado, exceto pelo trecho do Parque das Corujas (OLIVEIRA; SOARES; BONZI, 2012). A construção do Parque das Corujas, segundo Martins (2012), é a implantação da infraestrutura verde, modificando o desenho ambiental existente, revitalizando a área do córrego, inibindo os efeitos da poluição e os problemas de inundações e drenagem pluvial, bem como a maior participação da comunidade, tornando-a mais segura e movimentada.

Logo, para que se encontre êxito na revitalização de rios urbanos, bem como na modificação do desenho ambiental é necessário a elaboração de planos que levem em consideração as particularidades de cada caso. Sendo necessário, ainda, a cooperação mútua de inúmeros gestores de diferentes áreas, para que se articule o planejamento de urbanização e paisagismo que atendam às necessidades locais. Assim, promove-se uma relação mais aproximada e humanizada dos moradores com o rio, possibilitando também a melhoria da qualidade de vida em todo o trecho do entorno ocupado de sua várzea e, com isso, amplia as oportunidades de novos projetos de pesquisa.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos resultados obtidos e em vista ao principal objetivo desta pesquisa, concluiu-se que o rio Brandão não apresentou concentrações acima do máximo permitido pela legislação em nenhum dos parâmetros físico-químicos, fósforo e nos metais Cd, Cr, Cu, Ni, Pb e Zn estudados.

Durante as três coletas realizadas, houve alterações consideradas normais devido ao fato de uma coletada ter sido realizada em época de cheia e outra em estiagem. Observou-se que durante os meses de análise as mudanças climáticas influenciaram nos resultados obtidos.

Confirmou-se que os focos de poluição são diferentes entre os pontos e que as proximidades com as variações urbanas afetaram os resultados, principalmente os dos pontos RB 02 e RB 03.

Observou-se que a variação na temperatura foi maior na coleta realizada no mês de março, devido ao clima mais quente e ao período de cheia, em comparação ao resultado obtido na coleta de julho, estação mais fria e de estiagem. Não houve diferença expressiva nos resultados de pH obtidos que se enquadram dentro dos valores permitidos pela legislação, entre 6 e 9.

Os resultados de para a condutividade foram diferentes dos encontrados na literatura, as quais afirmam que em épocas de seca, os valores são maiores do que em época chuvosa, devido ao fator de diluição.

Os resultados obtidos para turbidez, característica por sólidos em suspensão foram maiores no mês de cheia, devido ao arraste dos materiais sólidos presentes na várzea assoreada, enquanto no mês de seca, esta atividade foi reduzida. Os dados obtidos enquadram-se dentro do permitido pela legislação.

Os teores obtidos para a alcalinidade foram maiores na primeira coleta, no mês de março, fato possivelmente relacionado ao arraste de partículas de sais, que contribuíram para o aumento da concentração. Os resultados obtidos para cloreto foram maiores na coleta realizada em julho, estação de seca e estão dentro do limite pela legislação. Segundo a classificação das águas, a dureza da água do rio Brandão foi considerada moderada e dentro dos limites permitidos, com resultados similares nas duas coletas.

As concentrações obtidas de P não ultrapassaram os limites estabelecidos pela legislação e os metais Cd, Cr, Cu, Ni, Pb e Zn não apresentaram concentrações detectáveis a partir da

análise realizada com o ICP OES nas águas do rio Brandão, não sendo possível descartar a presença destes metais em concentrações menores ao limite de detecção do método empregado nas águas do rio. No entanto o Mn apresentou concentração elevada, acima do permitido pela legislação na coleta do mês de novembro no ponto RB 01, nas demais coletas realizadas não houve detecção deste metal nos pontos estudados.

Espera-se que os resultados obtidos nesta pesquisa possam ser utilizados em avaliações das condições do rio Brandão e demais rios, pensando na garantia dos serviços ecossistêmicos que possam ser prestados pela infraestrutura verde que os rios tem a oferecer, associando as condições de infraestrutura e conscientização social, podendo ser utilizado como exemplo para tomada de decisões de municípios em relação a recuperação de seus corpos hídricos.

## 7. REFERÊNCIAS

ADEFIMI, S. O.; AWOKUNMI, E. E. Determination of physico-chemical parameters and heavy metals in water samples from Itaogbolu área of Ondo-State, Nigeria. *African Journal of Environmental Science and Technology*. [s.l.], v. 4, n. 3, p. 145-148, 2010.

AFONSO, J. C. A crise hídrica e a disponibilidade de água para as necessidades humanas. *Revista de Química Industrial: A importância de se discutir os biocombustíveis*, Rio de Janeiro, v. 746, n. 83, p. 4-9, 2015.

AGEVAP. ASSOCIAÇÃO PRÓ-GESTÃO DAS ÁGUAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL. *Relatório Técnico sobre a situação dos Reservatórios com subsídios para Ações de Melhoria da Gestão na Bacia do Rio Paraíba do Sul*. Resende, 2010. Disponível em: < <https://docplayer.com.br/42691292-Relatorio-tecnico-sobre-a-situacao-dos-reservatorios-com-subsidios-para-aco-es-de-melhoria-da-gestao-na-bacia-do-rio-paraiba-do-sul.html>>. Acesso em: 26 de jun. 2019.

---

\_\_\_\_\_. *Relatório Técnico: Bacia do Rio Paraíba do Sul – Subsídios às Ações de Melhoria de Gestão*. Resende, 2011. Disponível em: < <http://www.agevap.org.br/downloads/Relatorio%20Geral%20versao%20para%20site%2029dez11.pdf>>. Acesso em: 23 de mai. 2018.

---

\_\_\_\_\_. *Atlas - Região Hidrográfica Médio Paraíba do Sul. Biênio 2015-2017*. CBH - MPS, Parte 1, 2017. Disponível em: <<http://www.cbhmedioparaiba.org.br/conteudo/atlas-CBH-MPS.pdf>>. Acesso em: 20 mai. 2018.

AGUIAR, M. R. M. P.; NOVAES, A. C.; GUARINO, A. A. W. S. Remoção de metais pesados de efluentes industriais por aluminossilicatos. *Química Nova*, São Paulo, v. 25, n. 6, p. 1145-1154, 2002.

ALENCAR, J. C. Técnicas para revitalização de rios urbanos. In: *Potencial de corpos hídricos em bacias hidrográficas urbanizadas para renaturalização, revitalização e recuperação. Um estudo da bacia do Jaguaré*. São Paulo, 2017. 310f. Tese (Doutorado em Ciências) – Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2017.

ALEXANDRE, J. R.; OLIVEIRA, L. M. L. F.; SANTOS, T. C.; CANTON, G. C.; CONCEIÇÃO, J. M.; EUTRÓPIO, F. J.; DOBBS, L. B.; RAMOS, A. C. Zinco e Ferro: de micronutrientes a contaminantes do solo. *Natureza online*. Santa Teresa, v. 10, n.1. p. 23-28, 2012.

ALMEIDA, L. Q. *Vulnerabilidades socioambientais dos rios urbanos: Bacia hidrográfica do rio Maranguapinho. Região Metropolitana de Fortaleza/Ceará*. Rio Claro, 2010. 278f. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2010.

ALVARENGA, L. A.; MARTINS, M. P. P.; CUARTAS, L. A.; PENTEADO, V. A.; ANDRADE, A. Estudo da qualidade e quantidade da água em microbacia, afluente do rio Paraíba do Sul – São Paulo, após ações de preservação ambiental. *Revista Ambiente & Água*. Taubaté, v. 7, n. 3, p. 228-240, 2012.

ALVES, E. C.; FLORES DA SILVA, C.; SALA COSSICH, E.; GRANHEN TAVARES, C. R.; DE SOUZA FILHO, E. E.; CARNIEL, A. Avaliação da qualidade da água da bacia do rio Pirapó – Maringá, Estado do Paraná, por meio de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos. *Acta Scientiarum Technology*. Maringá, v. 30, n. 1, p. 39-48, 2008.

ALVES, L. S.; MARTINS, L. A.; JESUS, L. B. Avaliação da qualidade da água da bacia do rio Camarajipe (Salvador – Brasil): Diagnóstico dos parâmetros físico-químicos, microbiológicos e determinação do IQA. *Revista Brasileira do Meio Ambiente*. [s.l.], v. 6, n. 1, p. 71-80, 2019.

ALVES, R. I. S.; TONANI, K. A. A.; NIKAIDO, M.; CARDOSO, O. O.; TREVILATO, T. M. B.; SEGURA-MUÑOZ, S. I. Avaliação das concentrações de metais pesados em águas superficiais e sedimentos do Córrego Monte Alegre e afluentes, Ribeirão Preto, SP, Brasil. *Ambiente & Água*. Taubaté, v. 5, n. 3, p. 122-132, 2010.

ALVES, W. S.; MORAES, W. A. Qualidade e estado trófico da água do córrego Barrinha localizado no município de Rio Verde, Sudoeste de Goiás, Brasil. *Geoambiente On-line: Revista Eletrônica do Curso de Geografia – UFG/REJ*. Jataí, n. 26, p. 1-16, 2016.

ALVES, W. S.; SANTOS, L. N. S.; MEDEIROS, V. S.; AQUINO, D. S.; MORAIS, W. A.; SALEH, B. B.; PEREIRA, V. C.; MOURA, D. M. B. Avaliação da qualidade da água e estado trófico do Ribeirão das Abóboras, em Rio Verde – GO, Brasil. *Geociências*. São Paulo, v. 36, n. 1, p. 13-29, 2017.

ANDREAZZA, R.; CAMARGO, F. A. O.; ANTONIOLLI, Z. I.; QUADRO, M. S.; BARCELOS, A. A. Biorremediação de áreas contaminadas com cobre. *Revista de Ciências Agrárias*. Lisboa, v. 36, n.2, p. 127-136, 2013

APHA, AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. *Standard Methods for the examination of water and wastewater*. 20º ed, Washington, D.C.: American Public Health Association, 1998. 769p.

APRILE, F. M.; BOUVY, M. Heavy metal levels in surface waters from a tropical river basin, Pernambuco State, northeastern Brazil. *Acta Scientiarum Biological Sciences*. Maringá, v, 32, n. 4, p. 357-364, 2010.

ATSDR - AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY. *Toxicological profile for cooper*. Atlanta, GA: U.S. Departament of Health and Human Services, Public Health Service. 2005. 314p.

AVELLAR, R. G. *Rio Paraíba do Sul - Sua importância como recurso hídrico e os impactos de sua exploração em relação aos usos múltiplos*. 2015. 81f. Trabalho de Conclusão de Curso

(Tecnólogo em Gestão Ambiental) - Curso de Tecnólogo em Gestão Ambiental - Departamento de Educação Superior do CEFET/RJ, Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, Rio de Janeiro, 2015.

AZEVEDO, F. A.; CHASIN, A. A. M. Metais: Gerenciamento da Toxicidade. São Paulo: Editora Atheneu, 2003. 554p.

BALDISSERA, I. T.; ZAMPIERI, S. L.; BAMPI, D. Monitoramento da qualidade da água na microbacia Tarumanzinho em Águas Frias, SC, Brasil. *Revista de Ciências Ambientais*. Canoas, v. 5, n. 2, p. 5-14, 2011.

BARAL, A.; ENGELKEN, R. D. Chromium-based regulations and greening in metal finishing industries in the USA. *Environmental Science & Policy*. [s.l.], v. 5, n. 2, p. 121-133, 2002.

BARBARA, V. F.; CUNHA, A. C.; RODRIGUES, A. S. L.; SIQUEIRA, E. Q. Monitoramento sazonal da qualidade da água do rio Araguari/AP. *Revista Biociências*. [s.l.], v. 16, n. 1, p. 57-72, 2010.

BARRELLA, W.; PETRERE JR, M.; SMITH, W. S.; MONTAG, L. F. A. As relações entre as matas ciliares, os rios e os peixes. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. de F. *Mata Ciliares: Conservação e recuperação*. São Paulo: Edusp, 2001. 320p. 2º ed. cap. 12, p. 187-207.

BASSO, E. R. *Monitoramento e Avaliação da Qualidade de Água de Duas Represas e uma Lagoa no Município de Ilha Solteira, SP*. 2006. 111f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil – Ênfase em Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Ilha Solteira, 2006.

BASSO, L. A.; MOREIRA, L. G.; PIZZATO, F. A influência da precipitação na concentração e carga de sólidos em cursos d'água urbanos: o caso do arroio Dilúvio, Porto Alegre - RS. *Geosul*. Florianópolis, v. 26, n. 52, p. 145-163, 2011.

BENATTI, J. H. Várzea e as populações tradicionais: a tentativa de implementar políticas públicas em uma região ecologicamente instável. In: ALVES, F. *A função socioambiental do patriômínio da União na Amazônia*. Brasília: IPEA, 2016. 359p. cap. 1, p. 17-29. <Disponível em:

[https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/160623\\_livro\\_funcao\\_socioambiental.pdf](https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/160623_livro_funcao_socioambiental.pdf)>. Acesso em: 25 de mar. 2020

BENTES, J. C. G. Análise Ambiental-Urbana da Conurbação Volta Redonda-Barra Mansa, no Sul Fluminense. In: IV ENCONTRO NACIONAL DA ANPPAS. Brasília, *Anais...* Brasília, p. 1-20, 2008.

BITTAR, D. B. *Determinação dos metais pesados Cd, Cu, Cr e Pb nas águas do rio Uberabinha e proposta de adsorção por adsorventes naturais*. Uberlândia, 2008, 71f. Dissertação (Mestrado em Química) – Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2008.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; MIERZWA, J. C.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. *Introdução à Engenharia Ambiental*. 2º ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005. 336p.

BRANDELERO, S. M. *Quantificação de parâmetros cinéticos de nitrogênio e oxigênio em águas superficiais para aplicação em modelos matemáticos de qualidade da água. Estudo de caso: Rio Meia Ponte, Goiás*. 2008. 131f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Meio Ambiente) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2008.

BRASIL. ANA - AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. *Livro da Bacia do Rio Paraíba do Sul*. Brasília, 2001. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2001/BaciadoRioParaibadoSul.pdf>>. Acesso em: 19 mai. 2018

\_\_\_\_\_. *Disponibilidade e demandas de Recursos Hídricos no Brasil*. (Caderno de Recursos Hídricos, 2), 126f. Brasília, 2007a. Disponível em <<http://arquivos.ana.gov.br/planejamento/estudos/sprte/w/2/2-ANA.swf>>. Acesso em: 12 abr. 2018

\_\_\_\_\_. *Fatos e Tendências: Água*. Brasília, 2009. Disponível em <<http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2006/AguaFatosETendencias.pdf>>. Acesso em: 19 mai. 2018

\_\_\_\_\_. *Indicadores da qualidade da água*. Disponível em <<http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>>. Acesso em: jul. 2019

\_\_\_\_\_. CONAMA -CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução Nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, DF. 18 de mar. de 2005.

\_\_\_\_\_. Resolução Nº 370, de 6 de abril de 2006a. Prorroga o prazo para complementação das condições e padrões de lançamento de efluentes, previsto no art. 44 da Resolução Nº 357, de 17 de março de 2005. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, DF. 7 de abr. 2006.

\_\_\_\_\_. Resolução Nº 393, de 8 de agosto de 2007b. Dispõe sobre o descarte contínuo de água de processo ou de produção em plataformas marítimas de petróleo e gás natural, e dá outras providências. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, DF. 9 de ago. 2007.

\_\_\_\_\_. Resolução Nº 397, de 3 de abril de 2008. Altera o inciso II do § 4º da tabela X do § 5º, ambos do art. 34 da Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA nº 357, de 2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem

como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, DF. 7 de abr. 2008.

\_\_\_\_\_. Resolução Nº 410, de 4 de maio de 2009b. Prorroga o prazo para complementação das condições e padrões de lançamento de efluentes, previsto no art. 44 da Resolução Nº 357, de 17 de março de 2005, e no art. 3º da Resolução Nº 397, de 3 de abril de 2008. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, DF. 5 de mai. 2009.

\_\_\_\_\_. Resolução Nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução Nº 357, de 17 de março de 2005, do CONAMA. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, DF. 16 de mai. 2011.

\_\_\_\_\_. Constituição da República Federativa do Brasil, de 5 de outubro de 1988, que após Assembleia Nacional Constituinte para instituir um Estado Democrático. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF. 5 out. 1988.

\_\_\_\_\_. Decreto Nº 1.842, de 22 de março de 1996. Institui o Comitê para Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul – CEIVAP, e dá outras providências. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF. 25 mar. 1996.

\_\_\_\_\_. Lei Nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e Gerenciamento de Recursos Hídricos. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF. 9 de jan. 1997.

\_\_\_\_\_. Lei Nº 9.984, de 17 de julho de 2000. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas – ANA. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*. Brasília, DF. 18 de jul. 2000.

\_\_\_\_\_. Lei Nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Dispõe sobre diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências – Estatuto da Cidade. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*. Brasília, DF. 17 de jul. 2001.

\_\_\_\_\_. Lei Nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispões sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis Nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis Nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória Nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, DF. 28 de mai. de 2012.

\_\_\_\_\_. MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *Águas Subterrâneas: Um recurso a ser conhecido e protegido*. 2007c. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/estruturas/167/\\_publicacao/167\\_publicacao28012009044356.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/167/_publicacao/167_publicacao28012009044356.pdf)>. Acesso em: 15 mai. 2018.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. *Água*. 2013. Disponível em: [https://www.mma.gov.br/estruturas/secex\\_consumo/\\_arquivos/3%20-%20mcs\\_agua.pdf](https://www.mma.gov.br/estruturas/secex_consumo/_arquivos/3%20-%20mcs_agua.pdf). Acesso em: 13 ago.2019.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. *Sustentabilidade urbana: impactos do desenvolvimento econômico e suas consequências sobre o processo de urbanização em países emergentes: textos para as discussões da Rio + 20*, v. 3, 270p. Brasília: MMA, 2015a.

\_\_\_\_\_. MS. MINISTÉRIO DA SAÚDE. *Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano*. Brasília: Ministério da Saúde, 2006b. Disponível em: <[http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/vigilancia\\_controle\\_qualidade\\_agua.pdf](http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/vigilancia_controle_qualidade_agua.pdf)>. Acesso em: 9 de mar. 2019

\_\_\_\_\_. Portaria Nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os processos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, DF, 12 de dez. de 2011.

\_\_\_\_\_. FUNDAÇÃO NACIONAL DA SAÚDE. *Manual de controle de qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS* – Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde – Brasília: FUNASA, 2014.

\_\_\_\_\_. Portaria de Consolidação Nº 5, de 28 de setembro de 2017. Dispõe da consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde – Anexo XX. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, DF, 03 de out. de 2017.

\_\_\_\_\_. SNRH. SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE RECURSOS HÍDRICOS. *Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil: Regiões Hidrográficas Brasileiras – Edição Especial*. Brasília: DF, 2015b. <Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/regioeshidrograficas2014.pdf>>. Acesso em: 10/08/2019

\_\_\_\_\_. *Sistema HidroTelemetria*. <Disponível: <http://www.snirh.gov.br/hidrotelemetria/exportarDados.aspx#%20CLORETO>>. Acesso em: 10 de jun. 2019

BREGUNCE, D. T.; JORDAN, E. N.; DZIEDZIC, M.; MARANHO, L. T.; CUBAS, S. A. Avaliação da qualidade da água do Ribeirão dos Muller, Curitiba-PR. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. [s.l.], v. 16, n. 3, p. 39-47, 2011.

BRITO, L. T. de L.; SRINIVASAN, V. S.; SIVA, A. S.; GHEYU, H. R.; GALVÃO, C. O.; HERMES, L. C. Influência das atividades antrópicas na qualidade das águas da bacia hidrográfica do Rio Salitre. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. Campina Grande, v. 9, n. 4, p. 596-602, 2005.

BUENO, L. F.; GALBIATTI, J. A.; BORGES, M. J. Monitoramento de variáveis de qualidade da água do Horto Ouro Verde – Conchal – SP. *Revista Engenharia Agrícola*. Jaboticabal, v. 25, n. 3, p. 742-748, 2005

BURNETT, C. F. L. *Urbanização e desenvolvimento sustentável: a sustentabilidade dos tipos de urbanização na cidade de São Luís do Maranhão*. São Luís: UEMA, 2006.

CALHEIROS, R. O.; LIMA, S. B. M.; FANTIN, A. C. M. Caracterização do estado e uso das várzeas e consequente impacto ambiental na microbacia do Rio Camanducaia, afluente do Rio Jaguarí, SP. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE MEIO AMBIENTE DA AUGM. São Carlos, *Anais...* São Carlos, p. 1-15, 2009.

CALLENDER, E. Heavy metals in the Environment – Historical trends. *Treatise ON Geochemistry*. Westerly: Elsevier Ltd, v. 9, p. 67-105, 2003. Disponível em: <[http://naes.unr.edu/gustin/nres765/pdfs%20of%20articles/TreatiseonGeochemistry\\_HeavyMetals-Calendar\\_2013.pdf](http://naes.unr.edu/gustin/nres765/pdfs%20of%20articles/TreatiseonGeochemistry_HeavyMetals-Calendar_2013.pdf)> Acesso em 07 de jan. 2020.

CAMPOS, R. F. F.; COSTA, D. D. Análise do impacto ambiental pela dispersão de poluentes atmosféricos, através da queima de resíduos. *InterfacEHS: Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade*. São Paulo, v. 12, n.1, p. 182-191, 2017.

CARMO, E. S.; BONETTO, N. C. F. Implantação de matas ciliares para recuperação e reabilitação de recursos hídricos. *Revista Acadêmica Oswaldo Cruz*. São Paulo, ano 3, n. 9, p. 1-13, 2016.

CARVALHO, A. P.; SILVA, J. N.; SANTOS, V. S.; FERRAZ, R. R. Avaliação dos parâmetros de qualidade da água de abastecimento alternativo no distrito de Jamacaru em Missão Velha-CE. *Revista de Iniciação Científica, Tecnológica e Artística*. São Paulo, v. 7, n. 1, p. 35-51, 2017.

CARVALHO, G. L.; SIQUEIRA, E. Q. Qualidade da água do rio Meia Ponto no perímetro urbano do município de Goiânia-Goiás. *REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil*. [s.l.] v. 1, n. 2, p. 19-33, 2011.

CASTILHOS, Z.; CESAR, R.; COLONESE, J.; EGLER, S.; ARAÚJO, P.; FELZMANN, W.; MERTEN, G.; ROCHA, B.; TOUCHE, S. Caracterização das águas superficiais e teores de mercúrio em sedimentos e em peixes. In: CASTILHOS, P. A. B. (Eds.) *Ecorregião Aquática Xingu-Tapajós*. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2011. 248p. cap. 4, p. 103-138.

CASTRO, C. M.; MELLO, C. E. V. Evolução urbana na cidade de Volta Redonda (RJ). *Cadernos da FaEL*, v.1, p 1-13, 2008. Disponível em < <https://docplayer.com.br/12388359-Evolucao-urbana-na-cidade-de-volta-redonda-rj-cleber-marques-de-castro-e-eduardo-vieira-de-mello-1.html>>. Acesso em: 21 de nov. 2019

CASTRO, C. Y. S. F.; COELHO, M. I. S.; GÓIS, G. B. O processo de urbanização e o desenvolvimento sustentável em Mossoró – RN: Uma reflexão necessária. In: III JORNADA INTERNACIONAL DE POLÍTICA PÚBLICAS QUESTÃO SOCIAL E DESENVOLVIMENTO NO SÉCULO XXI. 2007, São Luís. *Anais...* São Luís: Universidade Federal do Maranhão, p. 1-7, 2007.

CASTRO, J. L. S.; FERNANDES, L. S.; FERREIRA, K. E. J.; TAVARES, M. S. A.; ANDRANDE, J. B. L. Mata Ciliar: Importância e Funcionamento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL. Campo Grande, 2017. *Anais...* Campo Grande, p. 1-3, 2017.

CAVALCANTI, B. S.; MARQUES, G. G. Recursos hídricos e gestão de conflitos: A Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul a partir da crise hídrica de 2014 - 2015. *Revista de Gestão dos Países de Língua Portuguesa*. Lisboa, v. 15, n. 1, p. 4-16, 2016.

CEIVAP – CÔMITE DE INTEGRAÇÃO DA BACIA DO RIO PARAÍBA DO SUL. *Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul e Planos de Ação de Recursos Hídricos das Bacias Afluentes: Relatório de Diagnóstico – RP 06*. 2014. Disponível em: <<http://ceivap.org.br/conteudo/relatorio-diagnostico-rp6-tomo1.pdf>>. Acesso em: 2 de jun. 2018.

CETESB. COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Variáveis de qualidade de água*. São Paulo, 2009.

---

\_\_\_\_\_. *Índice de qualidade das águas*. São Paulo: Governo do Estado de São Paulo, Secretaria do Meio Ambiente, 2014.

---

\_\_\_\_\_. *Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo. 2017 – Apêndice E: Significado Ambiental das Variáveis de Qualidade*. São Paulo: CETESB, 2018. 301p. Disponível em <<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2017/11/Ap%C3%AAndice-E-Significado-Ambiental-e-Sanit%C3%A1rio-das-Vari%C3%A1veis-de-Qualidade-2016.pdf>>. Acesso em: 05 de ago. 2019

CHAPMAN, D. V. *Water quality assessment: A guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring*. Londres: E & FN Spon, 2º ed. 1996, 609p.

CHERNICHARO, C. A. L.; RUTKOWSKI, E. W.; JÚNIOR, I. V. *Esgotamento Sanitário: Qualidade da água e controle da poluição. Guia do Profissional em Treinamento – Nível 2. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – ReCESA*. Belo Horizonte, 2007, 100p. Disponível em <<http://nucase.desa.ufmg.br/wp-content/uploads/2013/07/ES-QACP.2.pdf>>. Acesso em: 10 de mai. 2018

CIFLORESTAS. *Cartilha do Código Florestal Brasileiro*. Disponível em <<http://www.ciflorestas.com.br/cartilha/index.html>>. Acesso em: 11 de ago. 2019.

CLARKSON, P. M. Effects of exercise on chromium levels. Is supplementation required? *Sport Medicine*. Massachusetts: Spring Link, v. 23, n.6, p. 341-349, 1997.

CONCEIÇÃO, F. T.; SARDINHA, D. S.; GODOY, L. H.; FERNANDES, A. M.; PEDRAZZI, F. J. M. Influência sazonal no transporte específico de metais totais e dissolvidos nas águas fluviais da Bacia do Alto Sorocaba (SP). *Geochimica Brasiliensis*. [s.l.], v. 29, n. 1, p. 23-34, 2015.

COSTA, F. B.; FERREIRA, V. O. Análise de parâmetros que compõem o índice de qualidade das águas (IQA) na porção mineira da Bacia do Rio Paraíba. *Observatorium: Revista Eletrônica de Geografia*. Santa Mônica, v.7, n. 18, p. 22-47, 2015.

COSTA, R. C. *Parques fluviais na revitalização de rios e córregos urbanos*. Rio Grande, 2011. 109f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Ciências Humanas e da Informação, Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2011.

COPI, E. *Caracterização físico-química e determinação de metais pesados em resíduos sólidos provenientes do processo de lodo ativado*. São Carlos, 2001. 64f. Dissertação (Mestrado em Química) - Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001.

COPPETEC – FUNDAÇÃO COORDENAÇÃO DE PROJETOS, PESQUISAS E ESTUDOS TECNOLÓGICOS. *Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul: Resumo. Diagnóstico dos Recursos Hídricos – Relatório Final*. Laboratório de Hidrologia e Estudo de Meio Ambiente, 2006.

CORADI, P. C.; FIA, R.; PEREIRA-RAMIREZ, O. Avaliação da qualidade da água superficial dos cursos de água do município de Pelotas-RS, Brasil. *Ambiente & Agua*, Taubaté, v. 4, n. 2, p. 46-56, 2009.

CORRÊA, J. M. *Metais pesados em água, sedimentos e peixes no Rio Maranguapinho, Região Metropolitana de Fortaleza, Ceará*. Fortaleza, 2014. 138f. Tese (Doutorado em Geologia) – Departamento de Geologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.

CUNHA, C. L. N.; ROSMAN, P. C. C.; MONTEIRO, T. C. N. Avaliação da poluição em rios usando modelagem computacional. *Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental*. [s.I.], v. 8, n. 3, p. 126-134, 2003.

CURADO, A. L.; OLIVEIRA, C. C.; COSTA, W. R.; ANHÊ, A. C. B. M.; SENHUK, A. P. M. S. Urban influence of the water quality of the Uberaba River basin: na ecotoxicological assessment. *Revista Ambiente & Água*. Taubaté, v. 13, n. 1, p. 21-27, 2018.

DAS, A. P.; SUKLA, L. B.; PRADHAN, N.; NAYAK, S. Manganese biominering: A reviews. *Bioresource Technology*. Bhubaneswar, v. 102, n. 16, p. 7381-7387, 2011.

DECARLI, N.; FILHO, P. F. Plano Diretor no Estatuto da Cidade: Uma forma de participação social no âmbito de gestão dos interesses públicos. *Senatus: Cadernos da Secretaria de Informação e Documentação*. Brasília, v. 6, n. 1, p. 35-43. 2008. Disponível em <[https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/131832/Plano\\_diretor\\_estatuto\\_cidade.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/131832/Plano_diretor_estatuto_cidade.pdf?sequence=3&isAllowed=y)>. Acesso em: 20 de dez. 2019

DEMANBORO, A. C. Gestão Ambiental e Sustentabilidade na macrometrópole paulista – Bacia do Rio Paraíba do Sul. *Sociedade & Natureza*. Uberlândia, v. 27, n. 3, p. 515-529, 2015.

DERISIO, J. C. *Introdução ao controle de poluição ambiental*. São Paulo: Oficina de Textos, 4ª ed. 2012, 228p.

DIAS, N. O.; SILVA, A. T.; FELICI, E. M.; BALARIM, N. G.; MARIA, Y. R. Caracterização da qualidade das águas superficiais da microbacia do Córrego da Arara em Sandovalina-SP. *Colloquium Exactarum*. [s.I.], v. 10, n. 3, p. 01-08, 2018.

DIBARTOLA, P. S.; WILLARD, M.D. Fluid, electrolyte and acid-base disorders: In small animal practice. Missouri, 4º ed. 2006, 718p. Disponível em: <

[https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=en3Z1N81F80C&oi=fnd&pg=PP1&dq=Fluid,+electrolyte+and+acid-base+disorders:+In+small+animal+practice.&ots=9Wzy8u68oo&sig=HtaYF8u3anrkTzqKX8x\\_2GX2bk8#v=onepage&q=Fluid%2C%20electrolyte%20and%20acid-base%20disorders%3A%20In%20small%20animal%20practice.&f=false](https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=en3Z1N81F80C&oi=fnd&pg=PP1&dq=Fluid,+electrolyte+and+acid-base+disorders:+In+small+animal+practice.&ots=9Wzy8u68oo&sig=HtaYF8u3anrkTzqKX8x_2GX2bk8#v=onepage&q=Fluid%2C%20electrolyte%20and%20acid-base%20disorders%3A%20In%20small%20animal%20practice.&f=false). Acesso em 04 de dez. 2019.

DICIO - Dicionário Online de Português. Disponível em <<https://www.dicio.com.br/ictiofauna/>>. Acesso em: 12 de ago. 2019

DOHARE, D.; DESHPANDE, S.; KOTIYA, A. Analysis of GroundWater Quality Parameters: A review. *Research Journal of Engineering Sciences*. [s.l.], v.3, n.5, p. 26-31, 2014.

DUARTE, R. M. *Estudo de metais pesados na bacia do médio Tocantins*. Imperatriz, 2013. 62f. Monografia (Graduação em Engenharia de Alimentos) – Centro de Ciências Sociais, Saúde e Tecnologia, Universidade Federal do Maranhão, Imperatriz, 2013.

EPA. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Method 6010C (SW-846): Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry. Washington, DC. rev. 3, 2000. 30f. Disponível em < <https://19january2017snapshot.epa.gov/sites/production/files/2015-07/documents/epa-6010c.pdf>> Acesso em 17 de jan. 2020

FARAGE, J. A. P.; MATOS, A. T.; SILVA, D. D.; BORGES, A. C. Determinação do índice de estado trófico para fósforo em pontos do Rio Pomba. *Engenharia na Agricultura*. Viçosa, v. 18, n.4, p. 322-329, 2010.

FARIAS, M. S. S.; NETO, J. S.; LIMA, V. L. A.; LIRA, V. M.; FRANCO, E. S. Riscos sociais e ambientais devido a presença de metais pesados nas águas superficiais no distrito industrial de Mangabeira. *Qualitas Revista Eletrônica*. Campina Grande, v. 6, n. 2, p. 1-10, 2007.

FARIAS, M. S. S.; NETO, J. D.; LIMAS, V. L. A. Monitoramento da qualidade da água na bacia hidrográfica do Rio Cabelo: parâmetros físico-químicos. *GEPROS - Gestão da Produção, Operações e Sistema*. Bauru: UNESP, v. 6, n.1, p. 161-170, 2011. Disponível em < <https://revista.feb.unesp.br/index.php/gepros/article/viewFile/870/332>>. Acesso em: 10 de nov. 2019.

FERREIRA, S. S.; MENEGUELLI, A. Z. Diagnóstico ambiental de um fragmento de mata ciliar do rio Urupá no município de Urupá-RO. *Revista Saberes UNIJIPA*. Ji-Paraná, v. 5, n.1. p. 13-27, 2017.

FONSECA, H. S.; SALVADOR, N. N. B. Estudo integrado da qualidade das águas da bacia hidrográfica do rio Bonito em Descalvado – SP. *Revista Instituto Adolfo Lutz*. São Paulo, v. 64, n. 2, p. 179-185, 2005.

FONSECA, S. M. *Influências de unidades de conservação na qualidade da água de corpos hídricos: Estudo de caso na ARIE Floresta da Cicuta*. Volta Redonda, 2018. 117f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) – Escola de Engenharia Industrial Metalúrgica de Volta Redonda, Universidade Federal Fluminense, Volta Redonda, 2018.

FRANCHINI, C.; GOMES, G. A. Avaliação do fluxo hidrológico dos rios Lajeado Bonito e Limeira comparando atividades urbanas e rurais sobre a qualidade da água. *Periódico Eletrônico – Fórum Ambiental da Alta Paulista*. [s.I.], v. 13, n. 1, p. 52-59, 2017.

FRANCO, M. A. R. *Planejamento ambiental para a cidade sustentável*. São Paulo: Annablume: Fapesp, 2001.

FRANCO, M. A. R.; CASTAÑER, C. M.; SOUSA, R. C. Infraestrutura verde e resiliência urbana para as mudanças climáticas na península ibérica: estudo de caso. *Revista LabVerde*. [s.I.], n.9, p. 129-163, 2014.

GASPAROTTO, F. A. *Avaliação ecotoxicológica e microbiológica da água de nascentes urbanas no município de Piracicaba – SP*. Piracicaba, 2011, 89f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Programa de Pós-Graduação em Ciências. Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2011

GIRÃO, E. G.; ANDRADE, E. M.; ROSA, M. F.; ARAÚJO, L. F. P.; MEIRELES, A. C. M. Seleção dos indicadores da qualidade de água no Rio Jaibas pelo emprego da análise da componente principal. *Revista Ciência Agronômica*. Fortaleza, v.38, n.1, p. 17-24, 2007.

GLEICK, P. H. *The world's water. 2000-2001: The Biennial Report on Freshwater Resources*. Whashington D.C.: Island Press, 2000. 300p.

GOMES, M. A. F. *Nutrientes vegetais no meio ambiente: ciclos bioquímicos, fertilizantes e corretivos*. 2º ed. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2008. 62p.

GOMES, W. K. A. M.; SOUZA, R. F.; CRISPIM, M. C. Avaliação espacial e temporal da qualidade da água em Rio de área costeira do Nordeste Brasileiro. *Geo Temas*. Pau dos Ferros, v. 6, n. 2, p. 03-14, 2016.

GONÇALVES, E. M. *Avaliação da Qualidade da Água do Rio Uberabinha*. Rio de Janeiro, 2009. 135f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia dos Processos Químicos e Bioquímicos. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

GONÇALVES, P. E. R. S.; OLIVEIRA, A. P.; FANTIN-CRUZ, I.; ZEILHOFER, P. Distribuição espacial de metais potencialmente tóxico em água superficial nas bacias dos rios Cuiabá e São Lourenço – MT. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. Porto Alegre, v. 20, n. 1, p. 157-168, 2015.

GORDE, S. P.; JADHAV, M. V. Assessment of water quality parameters: A review. *Journal of Engineering Research and Applications*. [s.I.], v.3, n. 6, p. 2029-2035, 2013.

GUIMARÃES, C. P. *Aplicação de indicadores de qualidade ambiental em um aterro sanitário no norte de Mato Grosso*. Cuiabá, 2009. 79f. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) - Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2009.

GUIMARÃES, A. G.; PRADO, F. S.; SANTOS, G. O.; DINIZ, R. G.; MARASCA, I.; MAIA, C. H. Qualidade da água e potencial de assoreamento em represas com influência de diferentes usos do solo. *Científica Multidisciplinary Journal*. [s.l.], v. 5, n. 3, p. 125-139, 2018.

GUEDES, J. A.; LIMA, R. F. S.; SOUZA, L. C. Metais pesados em água do rio Jundiá – Macaíba/RN. *Revista de Geologia*. [s.l.], v. 18, n. 2, p. 131-142, 2005.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Cidades e Estados – Panorama*. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/>>. Acesso em: 15 de jan. de 2020. IBGE, 2019.

ICMBIO - INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO. *Plano de Manejo ARIE Floresta da Cicuta*, 2016. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/portal/unidadesdeconservacao/biomas-brasileiros/mata-atlantica/unidades-de-conservacao-mata-atlantica/2161-arie-floresta-da-cicuta>>. Acesso em 05 de mai. de 2018.

INSTITUTO TRATA BRASIL. Painel do Saneamento Brasil, 2019. Disponível em: <<https://www.painelsaneamento.org.br/>>. Acesso em 07 de dez. de 2019

JÍMENEZ, F.; FAUSTINO, J. Experiencias y potencialidades del pago de servicios ambiental e sencuencias hidrográficas en América Central. In: *Integrated Management of Environmental Services in Human-Dominated Tropical Landscapes*. Catie - Turrialba: Tropical Agriculture Research and Higher Education Center. 2003. 70p. 4<sup>th</sup> Session, p. 63-69.

JIMENEZ, R. S.; BOSCO, S. M. D.; CARVALHO, W. A. Remoção de metais pesados de efluentes aquosos pela zeólita natural escolécita – influência da temperatura e do pH na adsorção em sistemas monoelementares. *Química Nova*. São Paulo, v. 27, n.5, p. 734-738, 2004.

JUNIOR, A. C. G. Descontaminação e monitoramento de águas e solos na região amazônica utilizando materiais adsorventes alternativos, visando a remoção de metais pesados tóxicos e pesticidas. *Inclusão Social*. Brasília, v. 6, n.2, p. 105-113, 2013.

KAGEYAMA, P. Y.; GANDARA, F. B. Recuperação de áreas ciliares: In: RODRIGUES, R. R.; LOURENÇO FILHO, H. F. (Ed.) *Matas Ciliares: Conservação e recuperação*. São Paulo: USP/FAPESP, 2004, 320p. p. 249-270.

KANTOR, I. Cartografia e diplomacia: usos geopolíticos da informação toponímica (1750-1850). *Anais do Museu Paulista: História e Cultura Material*. São Paulo, v. 17, n. 2, p. 39-61, 2009.

KAR, D.; SUR, P.; MANDAL, S. K.; SAHA, T.; KOLE, R. K. Assessment of heavy metal pollution in surface water. *International Journal of Environmental Science and Technology*. [s.l.], v. 5, n. 11, p. 119-124, 2008.

KLEIN, C.; AGNE, S. A. A. Fósforo: De Nutriente à Poluente. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*. Santa Maria, v. 8, n. 8, p. 1713-1721, 2012.

LEITE, A. E. B. *Simulação do lançamento de esgotos domésticos em rios usando um modelo de qualidade d'água, SisBAHIA®*. Rio de Janeiro, 2004. 94p. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) - Escola Nacional de Saúde Pública - Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2004.

LEMES, M. J. L. *Avaliação de metais e elementos-traço em águas e sedimentos das bacias hidrográficas dos rios Mogi-Guaçu e Pardo*, São Paulo. São Paulo, 2001. 215f. Dissertação (Mestrado em Ciências na área de Tecnologia Nuclear) – Instituto de Pesquisas Energética e Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

LIBÂNIO, M. *Fundamentos de qualidade e tratamento de água*. 3ª ed. Campinas: Editora Átomo, 2010. 496p.

LIMA, J. E. F. W. *Recursos Hídricos no Brasil e no Mundo: Documentos 33*. Planaltina: Embrapa Cerrados. 2001. 46p.

LIMA, R. G. S. *Volta Redonda do café e do leite*. Volta Redonda: Ed. Prefeitura de Volta Redonda, 2004. 70p.

LIMA, V. F.; MERÇON, F. Metais pesados no ensino de química. *Química Nova na Escola*. [s.l.], v. 33, n. 4, p 199-205, 2011.

LIMA, D. P. *Avaliação da contaminação por metais pesados na água e nos peixes da bacia do Rio Cassiporé, Estado do Amapá, Amazônia, Brasil*. Macapá, 2013. 147f. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Tropical) – Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Tropical, Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2013.

LOPES, A. C. *A Aventura da Cidade Industrial de Tony Garnier em Volta Redonda*. Rio de Janeiro, 1993. 235f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1993.

LOPES, F. W. A.; JÚNIOR, A. P. M. Influência das condições naturais de pH sobre o índice de qualidade das águas (IQA) na bacia do ribeirão de Carrancas. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. Belo Horizonte, v. 6, n. 2, p. 134-147, 2010.

LOPES JR., I.; FIGUEIREDO, B. R.; ENZWEILER, J.; VENDEMIATTO, M. A. Chumbo e arsênio nos sedimentos do rio Ribeira e de Iguape, SP/PR. In: SILVA, C. R.; FIGUEIRA, B. R.; CAPITANI, E. M.; CUNHA, F. G. *Geologia Médica no Brasil*. Rio de Janeiro, 2006. 220p. cap. 14, p. 88-97.

LUNARDI, K. *Avaliação da presença de metais pesados nas águas do Arroio Barracão no município de Guaporé – RS*. Lajeado, 2012. 97p. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) – Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Centro Universitário UNIVATES, Lajeado, 2012.

LUZ, E. *Monitoramento da qualidade da água da bacia hidrográfica do rio Ligeiro no município de Pato Branco – PR*. Pato Branco, 2018. 157f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2018.

MACÊDO, J. A. B. *Métodos Laboratoriais de Análises físico-químicas e microbiológicas*. 3ª ed., Belo Horizonte: Conselho Regional de Química, 2005.

MACEDO, T. L.; REMPEL, C.; MACIEL, M. J. Análise físico-química e microbiológica de água de poços artesianos em um município do Vale do Taquari – RS. *Revista Tecno-Lógica*. Santa Cruz do Sul, v. 22, n. 1, p. 58-65, 2018.

MACIEL, A.; DRESCHER, C. F.; PEIXOTO, S. C. Avaliação da qualidade da água do rio Jacuí e divulgação dos resultados a comunidade escolar. *Disciplinarum Scientia. Série: Naturais e Tecnológicas*. Santa Maria, v. 16, n. 1, p. 433-444, 2015.

MAGALHÃES, G. C.; FANTIN-CRUZ, I.; ZEILHOFER, P.; DORES, E. F. G. C. Metais potencialmente tóxicos em rios a montante do Pantanal Norte. *Ambiente & Água*. Taubaté, v. 11, n. 4, p. 833-850, 2016.

MAGDALENO, F. Aesthetic vs. Functional restoration of urban and peri-urban rivers: The Manzanares River in Madrid. *Journal City Safety Energy*, Madrid, n. 1, p. 48-59, 2017.

MANAHAN, S. E. *Fundamentals of environmental chemistry*. 2 ed. New York: Lewis Publishers, 2001. 1024p.

MARENGO, J. A.; ALVEZ, L. M. Tendências Hidrológicas da Bacia do Rio Paraíba do Sul. *Revista Brasileira de Meteorologia*. Cachoeira Paulista, v. 20, n. 2, p. 215-226, 2005.

MARINHO, K. L. C.; FRANÇA, V. R. O princípio do Desenvolvimento Sustentável na Constituição Federal de 1988. In: XVII ENCONTRO PREPATÓRITO PARA O CONGRESSO NACIONAL DO CONPEDI, 2008. Salvador. *Anais...* Salvador: Fundação Boiteux, 2008, p. 645-663.

MARMONTEL, C. V. F.; RODRIGUES, V. A. Parâmetros indicativos para qualidade da água em nascentes com diferentes coberturas de terra e conservação da vegetação ciliar. *Revista Floresta e Ambiente*. Botucatu, v. 22, n. 2, p. 171-181, 2015.

MARTINS, L. A. *Avaliação do desempenho das tipologias paisagísticas de drenagem natural da praça Dolores Ibarruri em São Paulo – SP. Relatório Parcial*. São Paulo: FAUUSP. 2012. 145p.

MARTINS, G. L. A.; COSTA, A. S. V.; BARROS, A. R.; RAMALHO, F. M. G. Qualidade da água do rio Setúbal em Jenipapo de Minas – MG após construção de barragem. *Ambiente & Água*. Taubaté, v. 12, n. 6, p. 1026 – 1039, 2017.

MEDEIROS, W. M. V.; SILVA, C. E.; LINS, R. P. M. Avaliação sazonal e espacial da qualidade das águas superficiais da bacia hidrográfica do rio Longá, Piauí, Brasil. *Ambiente & Água*. Taubaté, v. 13, n. 2, p. 1-17, 2018.

MELLO, E. V. *Alterações Tecnogênicas em Sistemas Fluviais no Município de Volta Redonda, Médio Vale do Rio Paraíba do Sul Fluminense*. Rio de Janeiro, 2006. 178f. Dissertação

(Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

MELO, V. F.; ANDRADE, M.; BATISTA, A. H.; FAVARETTO, N. Chumbo e zinco em águas e sedimentos de área de mineração e metalurgia de metais. *Química Nova*. [s.l.], v. 35, n. 1, p. 22-29, 2012.

MERCANTE, C. T. J. A Poluição e a vida na água. *Textos Técnicos do Instituto de Pesca*. 2005. Disponível em: <[http://www.pesca.sp.gov.br/poluicao\\_agua.pdf](http://www.pesca.sp.gov.br/poluicao_agua.pdf)>. Acesso em: 20 jun. 2018.

MERTEN, G. H.; MINELLA, J. P. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. *Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável*. Porto Alegre, v.3, n.4, p. 33-38, 2002.

MESSIAS, T. G. Influência da toxicidade da água e do sedimento dos rios São Joaquim e Ribeirão Claro na bacia do Corumbataí. Piracicaba, 2008. 125p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

MIYABE, M. T.; DROSTE, A. Avaliação do potencial genotóxico de cádmio e chumbo por meio de bioensaio com *Tradescantia pallida* (Rose) D.R. Hunt. Var. *purpurea* Boom. *Revista Conhecimento Online*. Novo Hamburgo, v.3, p 122-136, 2018.

MOHIUDDIN, K. M.; OGAWA, Y.; ZAKIR, H. M.; OTOMO, K.; SHIKAZONO, N. Heavy metals contamination in water and sediments of na urban river in a developing country. *International Journal of Environmental Science and Technology*. [s.l.], v. 8, n. 4, p. 723-736, 2011.

MOREIRA, A. A. *Paraíba do Sul: Um rio, Quatro Cidades, um Patrimônio Socioambiental em Questão*. Rio de Janeiro, 2014. 423f. Tese (Doutorado em Urbanismo) - Programa de Pós-Graduação em Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

MOREIRA, A. A.; PAULA, A. Córrego Brandão: *Seminário de Extensão à Comunidade*. Volta Redonda, UGB, 2012 – Resultado do Trabalho Desenvolvido na Disciplina: Projeto de Extensão à Comunidade, 2012.

MOREIRA, F. R.; MOREIRA, J. C. Os efeitos do chumbo sobre o organismo humano e seus significados para a saúde. *Revista Panam Salud Publica*. Pan Am: Public Health, v. 15, n. 2, p. 119-129, 2004.

MORSCH, M. R. S.; MASCARÓ, J. J.; PANDOLFO, A. Sustentabilidade urbana: Recuperação dos rios como um dos princípios de estrutura verde sustentável. *Ambiente Construído*. Porto Alegre, v. 17, n. 4. p. 305-321, 2017.

MORUZZI, R. B.; REALI, M. A. P. Oxidação e remoção de ferro e manganês em águas para fins de abastecimento público ou industrial – Uma abordagem geral. *Revista de Engenharia e Tecnologia*. São Carlos, v. 4, n. 1, p. 29-43, 2012.

MUHAMMAD, S.; SHAH, M. T.; KHAN, S. Health risk assessment of heavy metals and their source a apportionment in drinking water of Kohistan region, northern Pakistan. *Microchemical Journal*. [s.l.], v. 98, p. 334-343, 2011.

MUSETTI, R. A. Direito ambiental e ciências ambientais: integração responsável. *Revista Jurídica do Centro de Estudos Judiciários (CEJ)*. Brasília, n. 35, p. 56-61, 2006.

NAGAJYOTI, P. C.; LEE, K. D.; SREEKANTH. Heavy metals occurrence and toxicity for plants: a review. *Environ Chemistry Lett.* Seoul, n.8, p. 199-216, 2010.

NASCIMENTO, S. A. M.; BARBOSA, J. S. F. Qualidade da água do Aquífero freático no Alto Cristalino de Salvador, bacia do Rio Lucaia, Slavador, Bahia. *Revista Brasileira de Geociências*. [s.l.], v. 35, n. 4, p. 543-550, 2005.

NICÁCIO, J. E. M. A manutenção de mata ciliar: um ativo permanente. *Revista de Estudos Sociais*. Cuiabá: UFTM, v. 6, n. 3, p. 85-92, 2001.

NOGUEIRA, F. F.; COSTA, I. A.; PEREIRA, U. A. *Análise de parâmetros físico-químicos da água e do uso e ocupação do solo na sub-bacia do Córrego da Água Branca no município de Nerópolis – Goiás*. Goiânia, 2015. 56f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Escola de Engenharia Civil e Ambienta, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.

OCHIAI, E. I. Toxicity of heavy metals and biological defense: Principles and applications in bioinorganic chemistry. *Journal of Chemical Education*, Huntingdon: Easton, v.72, p. 479-483, 1995.

OCHIENG, E. Z.; LALAH, J. O.; WANDIGA, S. O. Analysis of heavy metals in water and surface sediment in Five Rift Valley Lakes in Kenya for assessment of recent increase in anthropogenic activities. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. [s.l.], v. 79, p. 570-576, 2007.

OECO. ASSOCIAÇÃO O ECO. *O que são ecótonos?* Disponível em <<https://www.oeco.org.br/dicionario-ambiental/28830-o-que-sao-ecotonos/>>. Acesso em 12 de ago. de 2019

OLIVEIRA, C. N.; CAMPOS, V. P.; MEDEIROS, Y. D. P. Avaliação e identificação de parâmetros importantes para a qualidade de corpos d'água no Semiário Baiano: Estudo de Caso: Bacia Hidrográfica do Rio Salitre. *Química Nova*. [s.l.], v. 33, n. 5, p. 1059-1066, 2010.

OLIVEIRA, E. M.; SOARES, M. C.; BONZI, R. S. Aplicação do desenho ambiental para bacia do córrego das Corujas: Potencialidades e limitações na implantação de um parque linear. *Revista LABVERDE*. São Paulo, n. 4, p. 31-62, 2012.

OLIVEIRA, A.; SILVA, N. Determinação da concentração de Metais em águas do córrego Barbado, Cuiabá-MT. *Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental*. Florianópolis, v. 2, n. 1, p. 47-64, 2013.

OLIVEIRA, S. A.; PEIXOTO, M. N. O.; MELLO, E. V. Lugares de perigo na cidade do aço: uma discussão sobre geotecnogênese, vulnerabilidade e risco ambiental em Volta Redonda (RJ). In: XI ENCONTRO NACIONAL DA ANPEGE. 2015. Presidente Prudente, *Anais...* Presidente Prudente: Universidade Federal de Grande Dourados. 2015. p.6471-6481. Disponível em <<http://www.enanpege.ggf.br/2015/anais/arquivos/23/633.pdf>>. Acesso em 10 de ago. de 2019

OPALUWA, O. D.; AREMU, M. O.; OGBO, L. O.; MAGAJI, J. I.; ODIBA, I. E.; EKPO, E. R. Assessment of heavy metals in water, fish and sediments from UKE Stream, Nasarawa State, Nigeria. *Current World Environment*. [s.l.], v. 7, n. 2, p. 213-220, 2012.

ORTIZ, N.; GODÓI, E. L.; POLAKIEWIEZ, L.; PIRES, M. A. F. Monitoramento de águas de superfície densamente poluídas – O córrego Pirajuçara – localizado na Região Metropolitana de São Paulo. *Exacta*. São Paulo, v. 6, n. 2, p. 245-257, 2008.

PATIL, P. N.; SAWANT, D. V.; DESHMUKH, R.N. Physico-chemical parameters for testing of water – A review. *International Journal of Environmental Sciences*. Maharashtra, v.3, n. 3, p. 1194-1207, 2012. Disponível em: <[https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/36683609/EIJES31120.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DPhysico-chemical\\_parameters\\_for\\_testing.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A%2F20200113%2Fus-east-1%2Fs3%2Faws4\\_request&X-Amz-Date=20200113T183545Z&X-Amz-Expires=3600&X-Amz-SignedHeaders=host&X-Amz-Signature=2da94a8957a4dda03c7f6ec05a1e055587656502aedb4b15a28cae3ea4f4c014](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/36683609/EIJES31120.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DPhysico-chemical_parameters_for_testing.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A%2F20200113%2Fus-east-1%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Date=20200113T183545Z&X-Amz-Expires=3600&X-Amz-SignedHeaders=host&X-Amz-Signature=2da94a8957a4dda03c7f6ec05a1e055587656502aedb4b15a28cae3ea4f4c014)>. Acesso em 7 de jan. 2020.

PEIXOTO, J.S. Monitoramento da qualidade da água no baixo São Francisco e ações de educação ambiental. São Cristóvão, 2016. 86f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos) - Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos, Universidade Federal do Sergipe, São Cristóvão, 2016.

PEREIRA, R. S. Identificação e caracterização das fontes de poluição em sistemas hídricos. *Revista Eletrônica de Recursos Hídricos*. Porto Alegre, v. 1, n. 1 p. 23-40, 2004.

PEREIRA, M.O.; CALZA, C.; ANJOS, M.F.; LOPES, R.T.; ARAUJO, F.G. Metal concentrations in surface sediments of Paraíba do Sul River (Brazil). *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*. Budapest, v. 269, p. 707-709, 2006.

PERES, V. N.; COELHO, L. M.; FERREIRA, I. M. Avaliação da qualidade da água superficial da microbacia do Córrego Fundo – Catalão (GO). *Revista de Ciências Ambientais*. Canoas, v. 3, n. 2, p. 67-85, 2009.

PORATH, S. L. *A Paisagem dos Rios Urbanos: a presença do Rio Itajaí-Açu na cidade de Blumenau*. Florianópolis, 2003. 166f... Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

POSTEL, S. L. Entering an era of water scarcity: Scarcity: The challenges ahead. *Ecological Applications*. Massachusetts, v. 10, n.4, p. 941-948, 2000.

PRASAD, B.; BOSE, J. Evaluation of the heavy metal pollution index for surface and spring water near a limestone mining area of the lower Himalayas. *Environmental Geology*. [s.l.], v. 41, p. 183–188, 2001.

QU, L.; HUANG, H.; XIA, F.; LIU, Y.; DAHLGREN, R. A.; ZHANG, M.; MEI, K. Risk analysis of heavy metal concentration in surface waters across the rural-urban interface of the Wen-Rui Tang River, China. *Environmental Pollution*. [s.l.], v. 237, p. 639-649, 2018.

QUEIROZ, R.S. Caminhos que andam: os rios e a cultura brasileira. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (Orgs.) *Água doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação*. 3 ed. São Paulo: Escrituras, 2006. 732p. cap. 22, p. 719-738.

QUEISSADA, D. D.; SILVA, F. T.; PAIXA, T. C. B. Tratamento integrados em efluente metal-mecânico: precipitação química e biotratamento em reator do tipo air-lift. *Engenharia Sanitária e Ambiental*. Lorena, v. 16, n.2, p. 181-188, 2011.

REZA, R.; SINGH, G. Heavy metal contamination and its indexing approach for river water. *International Journal of Environmental Science and Technology*. [s.l.], v.7, n.4. p-785-792, 2010.

RIBEIRO, E. V. *Avaliação da Qualidade da Água do Rio São Francisco no segmento entre Três Marias e Pirapora – MG*. Belo Horizonte, 2010. 196f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

RIBEIRO, E. V.; MAGALHÃES JUNIOR, A. P.; HORN, A. H.; TRINDADE, W. M. Metais pesados e qualidade da água do Rio São Francisco no segmento entre Três Marias e Pirapora – MG: Índice de Contaminação. *Geonomos*. Belo Horizonte, v. 20, n. 1, p. 49-63, 2012.

RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. de F. *Matas Ciliares*. 2ª ed. cap. 15, p. 249-269, São Paulo: EDUSP, 2000. 732p.

RODRIGUES, E. F. *Diagnóstico de Cheias Urbanas na cidade de Volta Redonda - RJ*. Rio de Janeiro, 2008, 133f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio de Janeiro, p. 133. Rio de Janeiro, 2008.

ROCHA, C. H. B.; FREITAS, F. A.; SILVA, T. M. Alterações em variáveis limnológicas de manancial de Juiz de Fora devido ao uso da terra. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. Campina Grande, v. 18, n. 4, p. 431-436, 2014.

ROCHA, C. H. B.; AZEVEDO, L. P. Avaliação da presença de metais pesados nas águas superficiais da Bacia do Córrego São Mateus, Juiz de Fora (MG), Brasil. *Revista Espinhaço*. [s.l.], v. 4, n. 2, p. 33-44, 2015.

SABIA, R. J.; SILVA, D. L.; BARROS, G. D. T.; LIMA, A. O. Contaminação dos metais pesados em águas superficiais provocados por resíduos industriais dispostos no lixão de Juazeiro do Norte – CE. In: XXXIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2013. Salvador. *Anais...* Salvador: ABEPRO, 2013, p. 1-6.

SAMPAIO, A. C. S. *Metais pesados na água e sedimentos dos rios da bacia do Alto Paraguai*. Campo Grande, 2003. 79f. Dissertação (Mestrado em Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2003.

SANCHES, S. M.; HIPÓLITO, S. G.; VIEIRA, E. M.; PASSOS, C. Vigilância e controle da qualidade da água do Córrego Pirapitinga no município de Ituiutaba (MG). *Revista Agrogeoambiental*. [s.l.], v. 6, n. 3, p. 71-82, 2014.

SANTI, G. M.; FURTADO, C. M.; MENEZES, R. S.; KEPPELER, E. C. Variabilidade espacial de parâmetros e indicadores de qualidade da água na sub-bacia hidrográfica do Igarapé São Francisco, Rio Branco, Acre, Brasil. *Ecologia Aplicada*. Lima, v. 11, n. 1, p. 23-31, 2012.

SANTOS, I. N.; HORBE, A. M. C.; SILVA, M. S. R.; MIRANDA, S. A. F. Influência de um aterro sanitário e de efluentes domésticos nas águas superficiais do Rio Tarumã e afluentes – AM. *Acta Amazonica*. [s.l.], v. 36, n. 2, p. 229-236, 2006.

SANTOS, R. C. M. M. *Estudo de parâmetros relevantes da poluição da água por efluentes de lavanderia e tinturaria industriais em um rio não perene*. Recife, 2008. 78f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento de Processos Ambientais) - Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento de Processos Ambientais, Universidade Católica de Pernambuco, Recife, 2008.

SANTOS, M. L.; LENZI, E.; COELHO, A. R. Ocorrência de metais pesados no curso inferior do rio Ivaí, em decorrência do uso do solo em sua bacia hidrográfica. *Acta Scientiarum Technology*. Maringá, v. 30, n. 1, p. 99-107, 2008.

SANTORO, P. F.; CYMBALISTA, R.; CARDOSO, P. M. *Plano Diretor: Participar é um direito*. São Paulo: Polis. 2005. 39p. Disponível em <<http://www.polis.org.br/uploads/959/959.pdf>>. Acesso em: 19 de jul. 2019

SARDINHA, D. S.; CONCEIÇÃO, F. T.; SOUZA, A. D. G.; SILVEIRA, A.; JULIO, M.; GONÇALVZ, J. C. S. I. Avaliação da Qualidade da Água e autodepuração do Ribeirão do Meio, Leme (SP). *Engenharia Sanitária Ambiental*. Rio de Janeiro, v. 13, n. 3, p. 329-338, 2008.

SARMANI, S. B. The determination of heavy metals in water, suspended materials and sediments from Langat River, Malaysia. *Hydrobiologia*. [s.l.], v. 176, p. 233-238, 1989.

SCHAEFFER, W. B.; ROSA, M. R.; AQUINO, L. C. S.; MEDEIROS, J. de D. *Áreas de Preservação Permanente e Unidades de Conservação & Áreas de Risco: O que uma coisa tem a ver com a outra? Relatório de Inspeção da área atingida pela tragédia das chuvas na Região Serrana do Rio de Janeiro*. Brasília: MMA, 2011. 97p. Disponível em

<[http://www.mma.gov.br/estruturas/202/\\_publicacao/202\\_publicacao01082011112029.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/202/_publicacao/202_publicacao01082011112029.pdf)>.  
Acesso em: 20 mai. 2018.

SCHILLER, A. P.; SCHAWANTES, D.; GONÇALVES JÚNIOR, A. C.; MANFRIN, J, KLAIS, B. T.; PARRALES, A. F.; KUHN, A. Teores de metais em cursos hídricos de Toledo – PR. *Revista de Ciências Ambientais*. Canoas, v. 11, n. 3, p. 53-70, 2017.

SETTA, B. R. S. Análise preliminar da degradação ambiental na área do lixão do município de Volta Redonda – RJ. In: V SIMPÓSIO DE GESTÃO AMBIENTAL E BIODIVERSIDADE. 2016, Três Rios. *Anais...* Três Rios, 2016, p. 212-220, 5 v.

SETTA, B. R. S. Telhados verdes como políticas públicas ambientais para o município de Volta Redonda - RJ. *Revista LABVERDE*. v. 8, n. 1, art. 1., p. 13-35, 2017.

SILVA, A. K. G.; MACHADO, D. A.; JUNIOR, H. A. N.; LENA, J. C. A qualidade das águas na região dos garimpos de topázio imperial na sub-bacia do rio da Ponte, Ouro Preto-MG. *REM: - Revista Escola de Minas*. Ouro Preto, v. 60, n. 4, p. 603-611, 2007.

SILVA, G. J. A.; WERLE, H. J. S. Planejamento urbano e ambiental nas municipalidades: da cidade à sustentabilidade, da lei à realidade. *Revista Eletrônica da Área Paisagem e Ambiente*. [s.l.], n. 05, p. 1-24, 2007.

SILVA, L. C. Manejo de rios degradados: uma revisão conceitual. *Revista Brasileira de Geografia Física*. [s.l.], v.3, p. 23-32, 2010

SILVA, S. S. F.; SANTOS, J. G.; CÂNDIDO, G. A.; RAMALHO, A. M. C. Indicador de sustentabilidade Pressão-Estado-Impacto-Resposta no Diagnóstico do Cenário Sócio Ambiental resultante dos Resíduos Sólidos Urbanos em Cuité, PB. *Revista de Administração, Contabilidade e Sustentabilidade*. [s.l.], v.2, n.3, p. 76-93, 2012.

SILVA, A. G.; SOUZA, L. D. Efeitos antrópicos e sazonais na qualidade da água do rio do Carmo. *Holos*. [s.l.], a. 29, v. 5, p. 122-136, 2013.

SILVA, A. R. S.; BARBOSA, S. A.; SANTOS, M. N.; MACHADO, A.; SANTOS, L. O. Avaliação da qualidade da água do rio Pitanga, São Cristóvão - SE. *Revista Inter Faces Científicas: Saúde e Ambiente*. Aracaju, v. 6, n. 3, p. 63-74, 2018a.

SILVA, R. S. B.; SOUSA, A. M. L.; SODRÉ, S. S. V.; VITORINO, M. I. Avaliação sazonal da qualidade das águas superficiais e subterrâneas na área de influência do Lixão de Salinópolis, PA. *Ambiente & Água*. Taubaté, v. 13, n. 2, p. 1-17, 2018b.

SILVA, M. V. A.; PEREIRA, M. N.; SILVEIRA, P. N.; SANTOS, J. S. I.; FILHO, E. D. S. Avaliação dos parâmetros físico-químicos da transposição do rio São Francisco do eixo leste na cidade de São Domingos do Cariri – PB. In: VI ENCONTRO INTERNACIONAL DE JOVENS INVESTIGADORES. 2019, Salvador. *Anais...* Salvador, 2019. p. 1-16, v. 6. Disponível em <[https://www.editorarealize.com.br/revistas/joinbr/trabalhos/TRABALHO\\_EV124\\_MD4\\_SA53\\_ID894\\_10082019194247.pdf](https://www.editorarealize.com.br/revistas/joinbr/trabalhos/TRABALHO_EV124_MD4_SA53_ID894_10082019194247.pdf)> Acesso em: 27 de nov. de 2019

SILVA, T. T. *Avaliação da qualidade da água do rio Jucu/ES (Brasil), por meio de parâmetros físico-químicos e biológicos*. Vitória, 2019. 127f. Dissertação (Mestrado em Química) - Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2019.

SIMÕES, F. S.; YABE, M. J. S.; MOREIRA, A. B.; BISINOTI, M. C. Avaliação do efeito da piscicultura em sistemas aquáticos em Assis e Cândido Mota, São Paulo, por indicador de qualidade da água e análise estatística multivariada. *Química Nova*. São Paulo, v.30, n.8, p. 1835-1841, 2007

SIQUEIRA, G. W.; APRILE, F.; MIGUEIS, A. M. Diagnóstico da qualidade da água do rio Parauapebas (Pará – Brasil). *Acta Amazonica*. [s.I.], v. 42, n. 3, p. 413-422, 2012.

SOARES, A. A. V. *Modelos de Implantação de Matas Ciliares em Margem de Reservatório*. Lavras, 2012. 95f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

SOMLYODY, L.; VARIS, O. Freshwater under pressure. *International Review for Environmental Strategies*. [s.I.], v. 6, n. 2, p. 181-204, 2006.

SOUSA, J. K. C. *Avaliação de impactos ambientais causados por metais-traço em água, sedimento e material biológico na Bacia de São Marcos, São Luís – Maranhão*. João Pessoa, 2009. 90f. Tese (Doutorado em Química) – Programa de Pós-graduação em Química, Universidade Federal da Paraíba, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2009.

SOUSA, S. S.; SILVA, W. S.; MIRANDA, J. A. L.; ROCHA, J. A. Análise físico-química e microbiológica da água do rio Grajaú, na cidade de Grajaú – MA. *Ciência e Natureza*. Santa Maria, v. 38, n. 3, p. 1615 – 1625, 2016.

SOUZA, R. F. P.; JUNIOR, A. G. S. Poluição Hídrica e Qualidade de vida: O caso do saneamento básico no Brasil. In: XLII CONGRESSO DA SOBER. 2004, Cuiabá. *Anais....* Cuiabá, Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural, 2004, p. 25-28, v. 42. Disponível em <<http://www.sober.org.br/palestra/12/06P372.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2019

SOUZA, M. C. B. *Influência da mata ciliar na qualidade da água de trecho do Rio Jacarecica – Maceió/AL*. Maceió, 2012. 195f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2012.

SOUZA, J. R.; MORAES, M. E. B.; SONODA, S. L.; SANTOS, H. C. R. G. A importância da qualidade da água e seus múltiplos usos: caso Rio Almada, Sul da Bahia, Brasil. *REDE - Revista Eletrônica do Prodema*. Fortaleza, v. 8, n.1, p. 26-45, 2014.

SOUZA, N. S.; SÁ-OLIVEIRA, J. C.; SILVA, E. S. Avaliação da qualidade da água do Alto Rio Pedreira, Macapá, Amapá. *Biota Amazônia*. Macapá, v. 5, n. 2, p. 107-118, 2015.

TELLES, D. D.; COSTA, R. P. *Reúso de Água: Conceitos, Teorias e Práticas*. 2ª ed., São Paulo: Edgar Blucher Ltda, 2010. 424p.

TEODORO, V. L. I.; TEIXEIRA, D.; COSTA, D. J. L.; FULLER, B. B. O Conceito da Bacia Hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental. *Revista Uniara: Revista do Centro Universitário de Araraquara*. Araraquara, v. 20, p. 137-156, 2007.

TORRES, D. M.; ANDRADE, E. K. F.; GOMES, M. D. B.; SILVA, R. D. R. Qualidade das águas em trecho urbano no rio Potengi. In: *30º CONGRESSO ABES*. 2019. Natal. *Anais...* Natal, Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2019, p. 137-157, v. 30. Disponível em <http://abes.locaweb.com.br/XP/XP-EasyArtigos/Site/Uploads/Evento45/TrabalhosCompletoPDF/IV-239.pdf>. Acesso em: 01 de dez. de 2019.

TUNDISI, J. G. Waterresources in the future: problems and solutions. *Estudos Avançados*. v. 22, n. 63. São Paulo, 2008, 9p.

UNESCO. *World Water Development Report: Water for a sustainable world*. 2015. 139p. Disponível em: <http://unesdoc.unesco.org/images/0023/002318/231823E.pdf>. Acesso em: 15 maio 2018.

VEIGA, G. D. *Análises físico-químicas e microbiológicas de água de poços de diferentes cidades da região sul de Santa Catarina e efluentes líquidos industriais de algumas empresas da grande Florianópolis*. Florianópolis, 2005. 55f. Relatório final (Estágio Supervisionado – Curso de Química), Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2005.

VIGIL, S. V. G.; CORAIOLA, M. Avaliação dos parâmetros físico-químicos do corpo d'água que alimentará a usina termelétrica Santa Catarina Bioenergia I de 30MW. *Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais*. Curitiba, v. 8, n. 2, p. 145-151, 2010.

VILELA, M. V. *Avaliação de contaminação por metais pesados nas águas do rio Paraíba do Sul*. São José dos Campos, 2016. 49f. Monografia (Graduação em Engenharia Química) – Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo, Universidade do Vale do Paraíba, São José dos Campos, 2016.

VITÓ, C. V. G.; SILVA, L. J. B. F.; OLIVEIRA, K. M. L.; GOMES, A. T.; NUNES, C. R. O. Avaliação da qualidade da água: Determinação dos possíveis contaminantes da água de poços artesianos na região noroeste fluminense. *ACTA Biomedica Brasiliensia*. Itaperuna, v. 7, n.2, 2016.

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

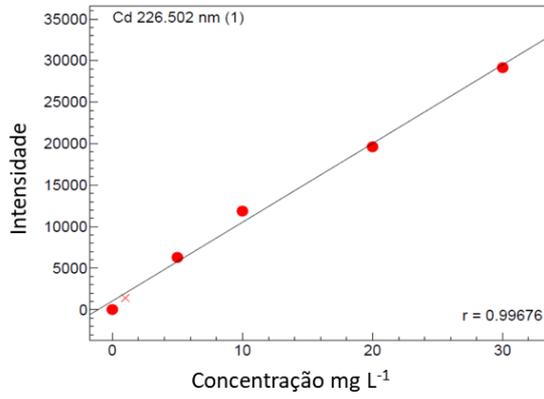
ZHANG, H.; CUI, B.; XIAO, R.; ZHAO, H. Heavy metals in water, soils and plants in riparian wetlands in the Pearl River Estuary, South China. *Procedia Environmental Sciences*. [s.l.], v. 2, p. 1344-1354, 2010.

ZUFFO, C. E.; NASCIMENTO, G. F.; ABREU, F. A. M.; CAVALCANTE, I. N. Caracterização da qualidade de águas superficiais em Rondônia. *Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ*. Rio de Janeiro, v. 36, n. 2, p. 25-39, 2013.

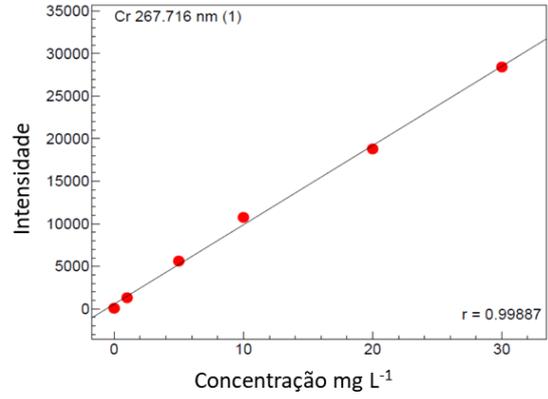
ANEXOS

Anexo 1: Curvas analíticas do ICP OES para os metais

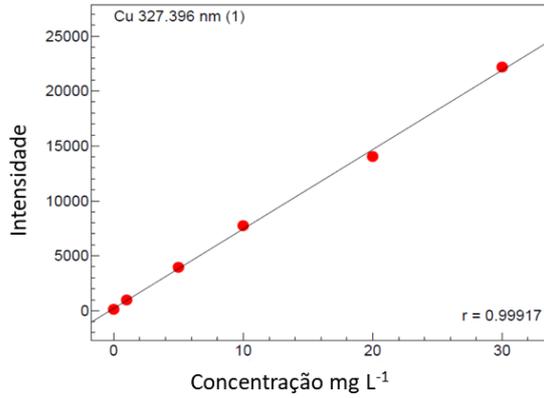
**Cd**



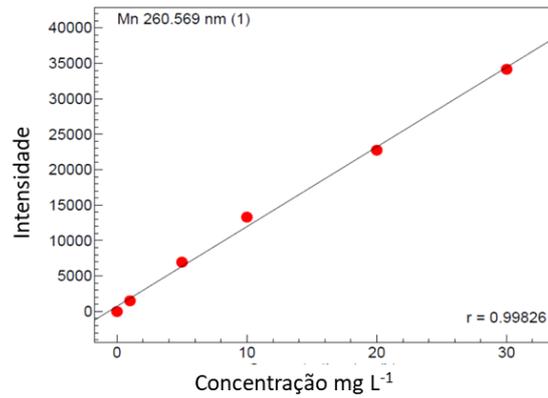
**Cr**



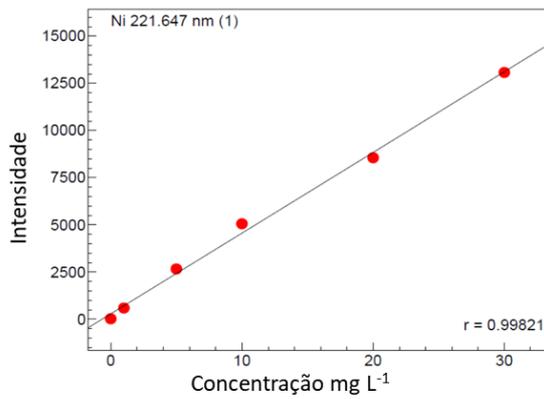
**Cu**



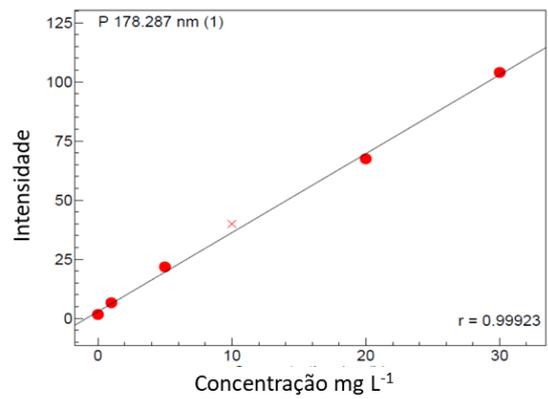
**Mn**

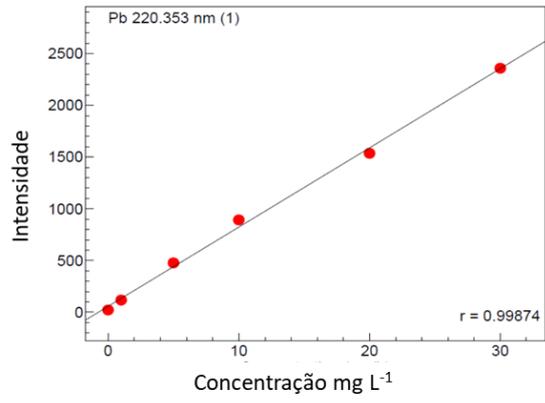


**Ni**



**P**



**Pb****Zn**