

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**  
**CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

**GABRIEL CORDEIRO MENDES**

**AVALIAÇÃO ESPACIAL DE METAIS-TRAÇO NO SEDIMENTO:**  
**Estudo de Caso no Rio Alegria**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**MEDIANEIRA**

**2018**

**GABRIEL CORDEIRO MENDES**

**AVALIAÇÃO ESPACIAL DE METAIS-TRAÇO NO SEDIMENTO:  
Estudo de Caso no Rio Alegria.**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado como requisito parcial à  
obtenção do título de Engenheiro  
Ambiental, da Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dra. Carla Cristina  
Bem

Co-orientador: Prof. Dr. Ismael  
Laurindo Costa Junior



---

## TERMO DE APROVAÇÃO

### **AVALIAÇÃO ESPACIAL DE METAIS-TRAÇO NO SEDIMENTO: Estudo de Caso no Rio Alegria**

Por

**Gabriel Cordeiro Mendes**

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado às 14:00h do dia 26 de junho de 2018 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel no Curso de Engenharia Ambiental, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Medianeira. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Prof. Dr. Carla Cristina Bem  
UTFPR – Câmpus Medianeira  
(Orientador)

---

Prof. Dr. Ismael Laurindo Costa Junior  
UTFPR – Câmpus Medianeira  
(Co-Orientador)

---

Prof. Dr. Eliane Rodrigues dos Santos  
Gomes  
UTFPR – Câmpus Medianeira  
(Convidado)

---

Prof. Dr. Larissa de Bortolli Chiamolera  
Sabbi  
UTFPR – Câmpus Medianeira  
(Responsável pelas atividades de TCC)

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na coordenação do curso -

## AGRADECIMENTOS

Meus agradecimentos destinam-se às pessoas que percorreram esta longa jornada chamada UTFPR Medianeira junto comigo.

Agradeço em principal a minha rainha, minha mãe, Rosilene, a qual é meu maior objetivo de vida e minha força para continuar lutando por tudo que acredito, ao meu querido sobrinho Matheus Mendes e minha irmã que amo muito Cristina Peretti.

Aos meus amigos que me ajudaram nos momentos que mais precisei e tornaram-se verdadeiros irmãos para mim, obrigado, Monique Iris Garcia, Bianca Schimelpfeng Damião, Ana Rita Damião, Kennidy Bortoli, Márcio Albino, Edilaine C. Reghini. Ao Nathan Moro Lopes, Janine Pena e Ane Karoline Maia sou grato por iluminarem meu caminho até aqui e estarem do meu lado sempre quando precisei, desde antes de entrar na universidade, amo muito vocês, obrigado por tudo!

Aos meus colegas acadêmicos e também irmãos de coração, que tornaram minha jornada uma experiência excepcional, Mourize Borella, Raíssa Ostjen, Gláucia Sarate, Daliane Davies, Bruna Hinterholz, Gabriel Narvaes, Daniel Alves, Alvaro Quadros, Otávio Cavini e Jasmine Gani.

Agradeço a minha professora Orientadora Dra. Carla Cristina Bem por me auxiliar em todas as etapas que precisei, por mostrar-se ser um ser humano e profissional de caráter excepcional, nunca esquecerei todos os ensinamentos e dedicação remetida a mim. Sou grato pela orientação dada pelo meu co-orientador Dr. Ismael Laurindo que me ajudou na obtenção de dados e me auxiliou sempre que precisei, além de ter a capacidade de tornar qualquer atividade algo divertido e proporcionador de entretenimento, como por exemplo nossas coletas em campo.

Agradeço a todos os alunos envolvidos neste trabalho, Junior Britzke, Jonikey Ross e Josimara, meus sinceros agradecimentos.

Sou grato a todos os profissionais excepcionais que conheci durante meu trajeto na UTFPR, não somente profissionais e sim seres humanos extraordinários. Professora Juliana Bortoli, Laercio Frare, Eliane Gomes, Carla Limberguer e Fernando Periotto e aos meus grandes amigos Vinicius Welter Goulart e Priscilla Maders.

Por final agradeço ao meu amigo e companheiro Felipe Nicolau Bonke por fazer parte da minha vida e ser uma das maiores bases da minha estrutura emocional, e também por ter ajudado na elaboração deste trabalho.

Nunca fui muito bom em expressar meus sentimentos, mas tenham certeza da minha eterna gratidão e memória por todas as experiências que vos me proporcionaram.

Seja a melhor vers3o de si mesmo. ”  
(Gabriel Mendes)

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Métodos para avaliação da qualidade da água.....	26
Figura 2. Transporte de sedimentos no ciclo hidrológico .....	30
Figura 3. Localização espacial do município de Medianeira .....	44
Figura 4. Mapa de hidrografia urbana do Município de Medianeira mostrando o percurso do Rio Alegria.....	47
Figura 5. Localização dos pontos de Coleta utilizados nas campanhas. ....	48
Figura 6. Percurso do Rio Alegria e seus pontos de amostragem. ....	49
Figura 7. Fluxograma de descontaminação de vidrarias para análise de metais-traço biodisponíveis e metais-traço pseudo-totais. ....	53
Figura 8. Fluxograma de análise dos metais pseudo-totais, metodologia 3050 da Environmental Protection Agency (EPA) com adaptações feitas por Kalwa, (2011). ....	54
Figura 9. Fluxograma de análise dos metais-traço biodisponíveis metodologia 3050 da Environmental Protection Agency (EPA) com adaptações feitas por Kalwa (2011).....	55
Figura 10. Pontos de coleta de amostras utilizados nas coletas.....	57
Figura 11. Valores de pH nas águas do rio Alegria em relação a CONAMA 357/05. ....	59
Figura 12. Valores de Alcalinidade Total nas águas do rio Alegria. ....	60
Figura 13. Valores de Oxigênio Dissolvido nas águas do rio Alegria em relação a CONAMA 357/05. ....	62
Figura 14. Valores de Nitrito nas águas do rio Alegria conforme a resolução CONAMA 357/05. ....	64
Figura 15. Valores de Nitrato nas águas do rio Alegria conforme a resolução CONAMA 357/05. ....	65
Figura 16. Valores de nitrogênio amoniacal nas águas do rio Alegria conforma a resolução CONAMA 357/05. ....	67
Figura 17. Valores de Fósforo Total nas águas do rio Alegria em correlação a CONAMA 357/05. ....	68
Figura 18. Valores de Alumínio Biodisponível e Pseudo-Total em correlação com legislações. ....	71
Figura 19. Valores de Zinco Biodisponível e Pseudo-Total em correlação com legislações. ....	73
Figura 20. Valores de Cobre Biodisponível e Pseudo-Total em correlação com legislações. ....	75
Figura 21. Valores de Cromo Biodisponível e Pseudo-Total em correlação com legislações. ....	76

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Poluentes, fontes de emissão atmosférica, processos geradores e seus respectivos efeitos ambientais. ....	22
Tabela 2. Poluentes físico, químicos e biológicos e seus respectivos processos geradores.....	23
Tabela 3. Caracterização dos sedimentos a partir de suas propriedades.....	27
Tabela 4. Caracterização dos sedimentos a partir de seu diâmetro .....	27
Tabela 5. Fatores determinantes na precipitação de sedimentos. ....	31
Tabela 6. Metais presentes em alguns minerais. ....	33
Tabela 7. Concentrações de alguns metais em compartimentos naturais. ....	34
Tabela 8. Fontes antrópicas de alguns metais.....	36
Tabela 9. Padrões de lançamento de metais e semimetais segundo a resolução CONAMA 430/2011. ....	37
Tabela 11. Valores guia de qualidade de sedimentos usados na resolução CONAMA 454/12 a partir dos dados da VQGS Canadense. ....	39
Tabela 12. Parâmetros de referência para analitos em sedimento de fundo para a legislação estadunidense.....	41
Tabela 13. Metais aferidos e efeitos adversos a saúde. ....	42
Tabela 14. Pontos utilizados para coleta de amostras no Rio Alegria, Medianeira-PR. ....	46
Tabela 15. Análises e metodologias utilizadas. ....	50
Tabela 16. Procedimentos utilizados no armazenamento e coleta das amostras.....	52
Tabela 17. Valores de pH nas águas do rio Alegria. ....	58
Tabela 18. Valores de Alcalinidade total nas águas do rio Alegria.....	60
Tabela 19. Valores de Oxigênio Dissolvido nas águas do rio Alegria. ....	61
Tabela 20. Formas de nitrogênio predominantes em diversas formas de poluição. ....	63
Tabela 21. Valores de Nitrito nas águas do rio Alegria. ....	63
Tabela 22. Valores de Nitrato nas águas do rio Alegria. ....	64
Tabela 23. . Limites permissíveis de nitrogênio amoniacal com base no pH. ....	66
Tabela 24. Valores de Nitrogênio Amoniacal nas águas do rio Alegria.....	66
Tabela 25. Valores de Fósforo Total nas águas do rio Alegria.....	67
Tabela 26. Resumo dos parâmetros da coluna d'água nos pontos de amostragem. ....	69
Tabela 27. Valores de Carbono Orgânico Total e Matéria Orgânica.....	70
Tabela 28. Teores de Alumínio no Sedimento. ....	71
Tabela 29. Valores de Zinco Biodisponível e Pseudo-Total.....	73
Tabela 30. Valores de Cobre Biodisponível e Pseudo-Total.....	74
Tabela 31. Valores de Cromo Biodisponível e Pseudo-Total.....	76
Tabela 32. Valores de pH no sedimento. ....	77



Tabela 33. Resumo de amostragem de metais nos sedimentos do rio alegria para as duas campanhas amostrais.....	78
---	----

## LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS E ACRÔNIMOS

<b>FLUCPA</b>	Decreto federal sobre controle da poluição das águas
<b>CWA</b>	Decreto da água limpa
<b>TMDL</b>	Carga máxima total diária
<b>ANA</b>	Agência Nacional das Águas
<b>NT</b>	Nitrogênio Total
<b>CONAMAc</b>	Conselho Nacional do Meio Ambiente (comitê)
<b>pH</b>	Potencial Hidrogênionico
<b>MMA</b>	Ministério do Meio Ambiente
<b>VQGS</b>	Valores guia para qualidade de sedimentos
<b>CCME</b>	Conselho Canadense de Meio Ambiente
<b>TEL</b>	Threshold Effect Level (Níveis de Efeitos Limiares)
<b>PEL</b>	Probable Effects Level (Níveis de Efeitos Prováveis)
<b>NOAA</b>	National Oceanic and Atmospheric Administration
<b>BEDS</b>	Biological Effects Database for Sediments
<b>TEC</b>	Threshold Effect Concentrations (Concentrações de Efeito Limite)
<b>TEL</b>	Threshold Effect Level (Níveis de Efeitos Limiares)
<b>LEL</b>	Lowest Effect Level (Menores Níveis de Efeitos)
<b>PEC</b>	Probable Effect Concentrations (Concentrações de Efeito Provável)
<b>PEL</b>	Probable Effects Level (Níveis de Efeitos Prováveis)
<b>SEL</b>	Severe Effect Level (Níveis de Efeitos Severos)
<b>UET</b>	Upper Effects Threshold (Limite de Efeito Superior)
<b>ARCS</b>	Programa de Avaliação e Remediação de Sedimentos Contaminados
<b>USEPA</b>	Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos
<b>IBGE</b>	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
<b>SANEPAR</b>	Companhia de saneamento do estado do Paraná
<b>EPA</b>	Environmental Protection Agency
<b>EMBRAPA</b>	Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária
<b>OD</b>	Oxigênio Dissolvido

<b>PCA</b>	Ponto de Coleta de Amostra
<b>ETA</b>	Estação de Tratamento de Água
<b>ETE</b>	Estação de Tratamento de Efluentes
<b>MO</b>	Matéria Orgânica
<b>COT</b>	Carbono Orgânico Total
<b>ETAm</b>	Estação de Tratamento de Água Municipal
<b>CONAMA</b>	Conselho Nacional do Meio Ambiente
<b>PIB</b>	Produto Interno Bruto
<b>PNH</b>	Política Nacional dos Recursos Hídricos
<b>MO</b>	Matéria Orgânica
<b>PCA</b>	Ponto de Coleta de Amostra
<b>ETEm</b>	Estação de Tratamento de Esgoto Municipal
<b>ETEI</b>	Estação de Tratamento de Efluentes Industrial
<b>CETESB</b>	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
<b>VminP</b>	Valor Mínimo Permissível
<b>VmaxP</b>	Valor Máximo Permissível

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>15</b>
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>17</b>
2.1 OBJETIVO GERAL .....	17
2.1.1 Objetivos Específicos .....	17
<b>3.2 GESTÃO E POLUIÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS</b> .....	<b>19</b>
3.2.1 Contexto histórico da gestão nacional dos recursos hídricos .....	19
3.2.2 Poluição Hídrica .....	20
3.3 PRINCÍPIOS DE AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO CORPO HÍDRICO .....	24
3.3.1 Monitoramentos dos Recursos Hídricos .....	24
3.4 SEDIMENTOS.....	26
3.4.1 CARACTERIZAÇÃO DOS SEDIMENTOS .....	27
3.4.2 SEDIMENTOS E POLUENTES.....	28
3.4.3 IMPORTÂNCIA DA ANÁLISE DE SEDIMENTOS .....	29
3.5 ÍONS METÁLICOS E OS SISTEMAS AQUÁTICOS .....	30
3.5.1 Fontes de Metais e Corpos Hídricos .....	32
3.5.2 Fontes Naturais de Metais no Ambiente Aquático.....	32
3.5.3 Fontes Antrópicas de Metais no Ambiente Aquático .....	34
3.6 LEGISLAÇÕES E PARÂMETROS PARA SEDIMENTOS E COLUNA D'ÁGUA 37	
3.6.1 Diretrizes Usadas na Qualidade de Sedimentos .....	38
3.6.2 Legislação Canadense (Valores guias de qualidade de sedimentos) .....	38
3.6.3 Legislação Estadunidense NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) .....	39
3.7 METAIS AFERIDOS E SEUS EFEITOS A SAÚDE.....	42
3.7.1 Bioacumulação e Biomagnificação Trófica.....	43
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>44</b>
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	44
4.2 PONTOS DE AMOSTRAGEM .....	46
4.3 MÉTODOS .....	50
4.3.1 Procedimentos Utilizados no Armazenamento e Coleta de Amostras .....	51
4.3.2 Procedimentos Utilizados para Descontaminação de Vidrarias .....	53
4.4.1 Determinação dos Metais-traço Pseudo-totais.....	54
4.4.2 Metais-traço Biodisponíveis.....	55
5.1. CARACTERIZAÇÃO DOS PONTOS DE COLETA .....	56
5.2 RESULTADOS DAS AVALIAÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS DA COLUNA D'ÁGUA 58	
5.2.1 Potencial Hidrogênionico da Coluna d'água (pH).....	58
5.2.2 Alcalinidade Total da Coluna d'água .....	59

5.2.3 Oxigênio Dissolvido (OD) .....	61
5.2.4 Série do Nitrogênio.....	62
5.2.5 Nitrito .....	63
5.2.6 Nitrato.....	64
5.2.7 Nitrogênio Amoniacal .....	65
5.2.8 Fósforo Total .....	67
5.3 RESUMO DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DA COLUNA D'ÁGUA ...	69
5.4 RESULTADOS DAS AVALIAÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS DOS SEDIMENTOS .	70
5.4.1 Matéria Orgânica (MO) e Carbono Orgânico Total (COT).....	70
5.4.2 Teores de Alumínio no Sedimento .....	71
5.4.3 Teores de Zinco no Sedimento .....	73
5.4.4 Teores de Cobre no Sedimento .....	74
5.4.5 Teores de Cromo no Sedimento .....	75
5.4.6 pH dos Sedimentos .....	77
5.5 RESULTADOS GERAIS DAS ANÁLISES DE SEDIMENTOS .....	78
<b>6 CONCLUSÃO .....</b>	<b>80</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>81</b>

MENDES, Gabriel Cordeiro. **Avaliação Espacial dos metais-traço no sedimento estudo de caso no rio Alegria. Medianeira – Paraná 2018.** 2018 90 páginas. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Paraná. Medianeira, 2018.

A água desempenha funções essenciais para as atividades antrópicas, tais como: consumo direto, produção de bens, agricultura, arrefecimento e aquecimento. Historicamente a conservação deste recurso tem sido constantemente negligenciada pelos órgãos governamentais e indivíduos, gerando assim a necessidade de estabelecer legislações cada vez mais severas a fim de controlar a contaminação hídrica. Os meios de contaminação são provenientes das atividades comerciais, industriais e residenciais, cada uma delas apresentando tipos de poluentes predominantes. A contaminação é caracterizada desde a presença de matéria orgânica até metais-traço e compostos emergentes. Tal contaminação pode conter a presença de patógenos e componentes que desencadeiam reações adversas à saúde, destacando os compostos que possuem características teratogênicas e carcinogênicas. O crescimento industrial e agrícola de forma desordenada intensifica o processo de contaminação por componentes nocivos à saúde. Internacionalmente várias resoluções em vigor visam controlar os padrões de lançamento destes compostos e em âmbito nacional dá-se destaque para as resoluções do CONAMA. Os metais-traço possuem ação química de considerável aspecto ambiental uma vez que predominantemente não possuem biodegradabilidade permanecendo assim presente permanentemente nos ciclos biogeoquímicos. Os sedimentos são importantes quando se trata da disposição de compostos que causam efeitos adversos a biota em meios aquáticos, uma vez que, estes sedimentos podem ser utilizados para detectar a presença de poluentes insolúveis presentes em águas superficiais. Considera-se os sedimentos de alta importância para avaliação dos níveis de contaminantes em sistemas aquáticos uma vez que estes além de acumular através de adsorção de elementos traço estes podem liberar contaminantes de seu compartimento ambiental original. À vista dos fatos o presente trabalho avaliou a contaminação espacial por metais-traço biodisponíveis e pseudo-totais no sedimento do Rio Alegria e alguns parâmetros físico-químicos da coluna d'água deste no Município de Medianeira-PR. As metodologias utilizadas são amplamente conhecidas na literatura, sendo a maioria listadas no livro Standard Methods. Os resultados das análises da coluna d'água foram comparados com legislações nacionais e os resultados de metais no sedimento comparados com parâmetros originalmente canadenses utilizados na CONAMA 454/12 e pela legislação da NOAA estadunidense pertinente. Concluiu-se que os teores de contaminação biodisponíveis por metais-traço está em padrões aceitáveis de acordo com os parâmetros de comparação, entretanto a fração pseudo-total, de todos eles requer atenção. Quando aos parâmetros da coluna d'água, tais não possibilitam classificar o Rio Alegria como classe 2, devido a alguns parâmetros da coluna d'água aferidos nos pontos de coleta 3 e 4 estarem acima dos valores máximos permissíveis pelas diretrizes vigentes. Tal pode-se ser justificada por despejos pontuais ocasionados antes do ponto de coleta 3, entretanto justificáveis perante o Plano da Bacia do Paraná III, que classifica do Rio Alegria como classe II e III.

**Palavras Chave:** Metais-traço, sedimentos, contaminação hidrológica

## ABSTRACT

MENDES, Gabriel Cordeiro. **Spatial evaluation of trace metals in sediment: Study case in Alegria. Medianeira- Paraná. – 2018.** 2018 90 pages. Completion of course work (Engenharia Ambiental) - Federal Technology University - Parana. Medianeira, 2018.

Water plays an essential role in human activities such as: direct consumption, production of goods, agriculture and cooling. Historically the conservation of this resource has been constantly neglected by government agencies and individuals, thus generating the need to establish ever more stringent legislation in order to control water contamination. The means of contamination comes from commercial, industrial and residential activities, each of which has predominant types of pollutants. Contamination is characterized from the presence of organic matter to trace metals and emerging compounds. Such contamination may contain the presence of pathogens and components that trigger adverse health reactions, highlighting the compounds that have teratogenic and carcinogenic characteristics. Industrial and agricultural growth in a disorderly manner intensifies the process of contamination by components harmful to health. Internationally, several resolutions in force are aimed at controlling the release standards of these compounds and at the national level the CONAMA resolutions are highlighted. The trace metals have a chemical action of considerable environmental aspect since they predominantly do not have biodegradability and remain permanently present in the biogeochemical cycles. Sediments are important when it comes to the disposal of compounds that cause adverse effects in aquatic environments, as these sediments can be used to detect the presence of insoluble pollutants present in surface waters. It is considered the sediments of high importance for assessing the levels of contaminants in aquatic systems since these besides accumulating through adsorption of trace elements these can release contaminants from their original environmental compartment. Based on these facts the present work evaluated the contamination spatial data by trace metals bioavailable and pseudo-total in the sediment of the Rio Alegria and some physical-chemical parameters of the water column of this one in the Municipality of Medianeira-PR. The methodologies used are widely known in the literature, most of which are listed in the Standard Methods book. The results of the water column analyzes were compared with national legislation and the results of metals in the sediment compared to originally Canadian parameters used in CONAMA 454/12 and relevant NOAA legislation in the from United States. It was concluded that the levels of contamination bioavailable by trace metals are in acceptable standards according to the parameters of comparison, however the pseudo-total fraction of all of them requires attention. When the parameters of the water column are not able to classify the Alegria River as class 2, due to some parameters of the water column measured at collection points 3 and 4 are above the maximum values allowed by the current guidelines. This can be justified by the occasional evictions caused before collection point 3, which are justifiable according to the Paraná III Hydrographic Plan, which classifies Rio Alegria as class II and III.

**Key-Words:** Trace metals, sediments, hydrological contamination

## 1 INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos a complexidade dos poluentes e as evidências de efeito adversos à saúde causados por estes ficaram estabelecidas, mostrando a necessidade de tratamentos e análises mais específicas das águas.

Em um contexto histórico, pode-se citar alguns regulamentos internacionais que foram essenciais no controle de poluentes, tais como: Decreto norte americano sobre Controle da Poluição da água (FLUPCA) de 1948, Decreto da água limpa (CWA) em 1972, até o decreto de Carga Máximo total Diária (TMDL) de 2000, todos norte-americanos. No contexto brasileiro, podemos citar as resoluções do CONAMA para padrões de lançamento de diversos poluentes nos corpos hídricos. Dentre os parâmetros físico-químicos de destaque estão o pH, presença de patógenos, constituintes químicos tóxicos, presença de alguns metais-traço e mais recentemente, os compostos emergentes.

A ingestão ou contato contínuo com alguns metais-traço, principalmente o chumbo, mercúrio e cádmio, pode gerar diversas enfermidades, dentre elas o câncer devido aos efeitos que estes possuem no metabolismo celular, justificando então a criação de diretrizes mais rígidas para o tratamento de água e efluentes onde os maiores desafios são a remoção eficiente desta categoria de poluente, pois necessitam de mecanismos avançados de tratamento

Os metais-traço possuem destaque dentre os compostos orgânicos tóxicos pois seus locais de fixação final são os sedimentos no leito do corpo hídrico e o solo (BAIRD, 2002). Segundo Silvério, 2003 os sedimentos presentes em um determinado corpo hídrico desempenham a função de compartimentos para compostos orgânicos e inorgânicos. Para aferição dos elementos contaminantes de um curso hídrico usa-se os sedimentos deste, já que estão em interação constante com a água intersticial, sendo esta uma das principais entradas de poluentes na coluna d'água (MOZETO et al.2006, WOELZ et al., 2008).

Percebe-se então a justificativa do estudo, uma vez que os sedimentos, vez que estes além de serem compostos capazes de captar a poluição podem liberar contaminantes de seu compartimento original, podendo ser caracterizado também como uma fonte de poluição, tal fato, será definido pelos parâmetros de ressuspensão e dissolução do sedimentos.



## 2. OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

- Analisar espacialmente a concentração de metais-traço no sedimento Rio Alegria no trecho de uma das nascentes até a foz.

#### 2.1.1 Objetivos Específicos

- Analisar parâmetros físico-químicos das amostras de água no trecho de uma das nascentes até a foz: pH, fósforo total, nitrito, nitrato, nitrogênio amoniacal e oxigênio dissolvido.
- Análise de parâmetros físico e químicos dos sedimentos no trecho de uma das nascentes até a foz: pH, Matéria Orgânica e Carbono Orgânico Total
- Determinar as concentrações biodisponíveis e pseudo-totais dos metais-traço no sedimento no trecho de uma das nascentes até a foz: alumínio, cromo, cobre, zinco.
- Realizar a comparação dos teores de metais encontrados com as legislações: CONAMA 354/12 orientada pelo índice VQGS Canadense criado pelo CCME e pela legislação NOAA estadunidense pertinente.
- Observação das características dos pontos de coleta (lamina d'água, mata ciliar, despejos pontuais, turbidez, coloração, presença de cascatas) através de metodologia caminhante.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 A POLUIÇÃO AMBIENTAL

Segundo Branco e Rocha (1987), a poluição ainda é um termo que não possui exatidão na sua descrição conceitual, muito menos difusão correta de informações acerca do mesmo para a população, para alguns a poluição é vista como uma modificação prejudicial em qualquer ambiente onde situa-se uma forma de vida, tal forma de vida para alguns é exclusivamente o homem, enquanto, para outros o conceito é visto como alteração ecológica direta, nociva ligada direta ou indiretamente as atividades antrópicas.

As diretrizes entre meio ambiente e fatores antrópicos começaram a ser estabelecidos no final do século passado. Até então, a política ambiental tinha como escopo a saúde pública focada no controle de disseminação de agentes infecciosos (BRILHANTE et al., 1999). De acordo com o autor supracitado, as tecnologias presentes a partir do século XX mudaram este cenário, apresentando uma vasta gama de profissionais preocupados com a saúde humana, porém desta vez combina-se a interdependência dos fatores ambientais ou saúde ambiental para melhor controle deste fator.

A partir deste novo escopo estabeleceu-se que todo o princípio de contaminação do meio ambiente tem potencial efeito a saúde. Desta forma, reconheceu-se não só os agentes biológicos como nocivos, mas também os agentes físicos e químicos, juntamente com os resíduos provenientes da crescente atividade dos meios urbanos, formando assim um conceito no qual os fatores ambientais estão diretamente associados a questões econômicas e de saúde individual, portanto a melhoria da saúde ambiental está diretamente conectada ao desenvolvimento sustentável (BRILHANTE et al 1999).

## 3.2 GESTÃO E POLUIÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

### 3.2.1 Contexto histórico da gestão nacional dos recursos hídricos

A gestão nacional dos recursos hídricos esteve por muito tempo reservada a avaliação do potencial para geração de energia, enfatizando que o modelo de gestão era focado no modelo estratégico do setor hidroelétrico (MUÑOZ, 2000). De acordo Libânio et.al (2004), devido ao modelo de gestão citado por Muñoz (2000) os setores que utilizavam este recurso, incluindo o setor de saneamento, e que eram dependentes da qualidade do mesmo ficaram, em grande parte, ausentes das decisões de gestão e aproveitamento dos recursos hídricos, assim utilizando seus recursos financeiros de forma não articulada e pontual. Libânio et.al (2005) diz que, tal quadro mudou a partir do processo de redemocratização do país, onde foram criados meio de comunicação institucionais a fim de proporcionar mobilização e representação social, atendendo os princípios da democracia. Libânio et al. (2005), diz que as leis estaduais referentes aos recursos hídricos alteradas no início da década de 90 seguidas pela Política Nacional de Recursos Hídricos, fixada pela lei 9.433/97 proporcionaram um modelo de gestão onde é contemplado os aspectos qualitativos e quantitativos a partir do conceito do princípio do aproveitamento múltiplo e integrado dos recursos hídricos.

Segundo a Agência Nacional das Águas (2005) qualquer atividade de origem antrópica que altere as condições originais das águas é vista como um tipo de uso, podendo este uso ser consuntivo ou não consuntivo. De acordo com o supracitado os usos consuntivos são aqueles que utilizam água de um manancial diretamente para sua destinação, como a irrigação, uso na indústria e abastecimento humano Os usos não consuntivos são aqueles onde o consumo da água não é feito de forma direta e como, geração de energia elétrica, pesca, lazer, navegação, dentre outros. (ANA, 2005)

Devido à importância deste recurso, alterações qualitativas e quantitativas acabam sendo de interesse mútuo em diversas áreas uma vez que tais modificações podem afetar a disponibilidade do recurso, o Sistema Nacional de Recursos Hídricos conceitua a gestão sistemática dos recursos hídricos como algo a ser realizado sem a dissociação dos aspectos qualitativos e quantitativos e que o monitoramento de

qualidade das águas faz-se necessário para gerenciamento do recurso (ANA, 2005).

A qualidade dos ecossistemas aquáticos vem sendo modificada ao longo dos anos, devido aos múltiplos usos dados a este recurso pelo meio antrópico (METCALF, 2016). De acordo com Metcalf et al. (2016), o uso deste recurso desencadeou com o passar dos anos uma degradação ambiental de caráter significativo, diminuição da disponibilidade do recurso para múltiplos usos e problemas de aproveitamento.

### 3.2.2 Poluição Hídrica

Segundo Tucci (2008), a poluição hídrica ocorre devido a adição de componentes direta ou indiretamente, alterando as características originais do corpo hídrico trazendo barreiras na utilização do recurso. Tucci cita que a poluição hídrica tem as seguintes fontes: as atmosféricas, pontuais, difusas e mistas

A deposição atmosférica é sub classificada em fixa (proveniente de indústrias) e móveis (emitida de veículos automotores) (SANTOS, 2014). De acordo com Santos (2014), os meios que causam este tipo de poluição podem ser de origem natural ou artificial, sendo as fontes naturais de origem vulcânica, tempestades de areia e queimadas, enquanto as fontes artificiais vêm das atividades antrópicas

As fontes pontuais de poluição são aquelas onde há pontos específicos de lançamento de poluentes nos corpos d'água, e são representadas majoritariamente pelas indústrias e estações de tratamento de esgoto (MIERZWA, 2001). As fontes de poluição pontual possuem maior facilidade quanto a identificação pois estas causam plumas de contaminação com maior definição e concentração (FOSTER et.al, 2012). A fonte de poluição difusa é definida quando os poluentes chegam ao corpo hídrico de forma aleatória, sem padrões de lançamento específicos. Tais fontes possuem um difícil controle em comparação com a poluição pontual (MIERZWA, 2001). Pequenas fontes pontuais, porém, em grande escala quantitativa podem ser caracterizadas com fontes difusas e conseqüente dificuldade na identificação (FOSTER et.al, 2012). Segundo o autor as fontes mistas são as enquadradas nas demais fontes de poluição.

A Tabela 1, adaptada de RADICCHI (2012), demonstra os principais

poluentes atmosféricos, processos de emissão e efeitos ambientais. Os poluentes atmosféricos entram no contexto da poluição hídrica pois tais podem atingir, por meio de condensação o corpo hídrico. As fontes de poluição podem provocar alterações físicas, químicas e/ou biológicas conforme representado na Tabela 2. As alterações na qualidade do corpo hídrico ocorrem devido a adição de componentes direta ou indiretamente, alterando as características originais do meio, trazendo barreiras na utilização dos recursos hídricos (TUCCI, 2008).

Tabela 1. Poluentes, fontes de emissão atmosférica, processos geradores e seus respectivos efeitos ambientais.

<b>Poluição e Deposição Atmosférica</b>			
<b>Poluente</b>	<b>Fonte</b>	<b>Processo Gerador</b>	<b>Efeitos Ambientais</b>
<b>Óxidos de Enxofre</b>	Antropogênicas	Combustão (Refinarias, centrais térmicas, veículos e processos industriais).	Afeta o sistema respiratório, chuva ácida, danos em materiais
	Naturais	Vulcanismo e Processos Biológicos	
<b>Óxidos de Nitrogênio</b>	Antropogênicas	Combustão (Veículos e Indústrias)	Afeta o sistema respiratório, chuva ácida
	Naturais	Emissões da vegetação	
<b>Compostos Orgânicos Voláteis</b>	Antropogênicas	Refinarias, petroquímicas, veículos, evaporação de combustíveis solventes.	Poluição fotoquímica, inclui compostos tóxicos e carcinogênicos
<b>Monóxido de Carbono</b>	Antropogênicas	Combustão (Veículos)	Reduz a capacidade de transporte de oxigênio no sangue
	Naturais	Emissões da vegetação	
<b>Dióxido de Carbono</b>	Antropogênicas	Combustão	Intensificação do Efeito Estufa
	Naturais	Fogos Florestais	
<b>Chumbo</b>	<b>Antropogênicas</b>	<b>Gasolina com chumbo, incineração de resíduos</b>	<b>Tóxico acumulativo, anemia e destruição do tecido cerebral.</b>
<b>Partículas</b>	Antropogênicas	Combustão, processos industriais, condensação de outros poluentes, extração de minerais	Alergias, vetor de outros poluentes (metais-traço, compostos orgânicos e carcinogênicos).
	Naturais	Erosão eólica, vulcanismo	
<b>CFC</b>	Antropogênicas	Aerossóis, sistemas de refrigeração, espuma, sistema de combate a incêndios	Intensificação do Efeito Estufa, degradação da camada de ozônio.

Fonte: Adaptado de Raddichi, (2012).

Tabela 2. Poluentes físico, químicos e biológicos e seus respectivos processos geradores

Poluentes Físico-Químicos e Biológicos			
Poluentes em Potencial	Fonte	Fonte Específica	Processo Gerador
Patógenos, compostos emergentes, nutrientes e matéria orgânica	Antropogênica	Área Urbana	Saneamento "in situ"
Patógenos, compostos emergentes, metais, compostos químicos, nutrientes e matéria orgânica			Vazamento de esgotos
Patógenos e metais			Lagoas de oxidação
Patógenos, metais e nutrientes			Aplicação de águas residuais em superfícies
Metais e nutrientes			Lixiviado de lixões e aterros sanitários
Compostos Químicos, metais			Vazamento de tanques de Combustível
			Vazamento de lixiviado de resíduos sólidos
		Uso de drenos de pátios	
		Lagoas de efluentes sem revestimento	
Patógenos, compostos emergentes, nutrientes e matéria orgânica		Área Industrial	Lançamento de efluentes em superfície
Patógenos, compostos emergentes, nutrientes e matéria orgânica			Lançamento direto de efluente no corpo hídrico
Agrotóxicos, metais e compostos químicos		Agricultura e Pecuária	Uso de Agroquímicos
Arraste de agrotóxicos, metais, compostos químicos e sedimentos.			Irrigação
Patógenos, compostos emergentes, nutrientes e matérias orgânicas, arraste de agrotóxicos, metais, compostos químicos e sedimentos.			Irrigação com águas residuais
Patógenos, compostos emergentes, nutrientes, matéria orgânica, gases do efeito estufa		Extração Mineral	Beneficiamento e criação de animais
Metais e sedimentos			Desmonte hidráulico
			Vazamento de descarga de água de drenagem
			Vazamento de lagoa de decantação
			Vazamento de lixiviado de resíduos sólidos

Fonte: Adaptado de Ferreira (2001).

### 3.3 PRINCÍPIOS DE AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO CORPO HÍDRICO

A avaliação e monitoramento da qualidade dos corpos hídricos são fatores essenciais para a gestão deste recurso, tais procedimentos permitem a análise e caracterizações específicas essenciais para planejamento, enquadramento, cobrança e outorga dos recursos hídricos (ANA, 2011). A avaliação de qualidade de um corpo hídrico trata da elaboração de relatórios, difusão de informações sobre o meio aquático e análise de dados (BOYACIOGLU, 2008).

Os meios de contaminação dos recursos hídricos são avaliados através do monitoramento de concentrações de componentes presentes no ambiente e vazão. O monitoramento é feito inicialmente de poluentes provenientes de matérias orgânicas e nutrientes (nitrogênio e fósforo), tais possuem impactos já conhecidos a biota, além disso cita-se os chamados compostos emergentes provenientes da excreção de medicamentos, fármacos e produtos de higiene pessoal, os quais não são removidos em sua totalidade pelos meios tradicionais de tratamento de esgotos (TOGOLA e BUDZINSKI, 2007).

#### 3.3.1 Monitoramentos dos Recursos Hídricos

A qualidade da água e sedimentos é feita a partir de análises de parâmetros: físico-químicos do corpo aquático superficial, das características das fontes pontuais de lançamento de efluentes e por final de sua avaliação biológica (BEM, 2015). A autora supracitada diz que a maioria dos resultados de análises físico químicas demonstram, em sua maior parte um parâmetro de qualidade pontual do momento da coleta sendo estes analisados com base na resolução CONAMA 357/2005, 430/2011 e portarias do Ministério da Saúde. Entretanto segundo BEM, (2015) as análises físico-químicas não contemplam as variações e sazonalidade dos parâmetros analisados, sendo assim está representa uma fotografia do momento da coleta não abrangendo a cronologia do ponto aferido.

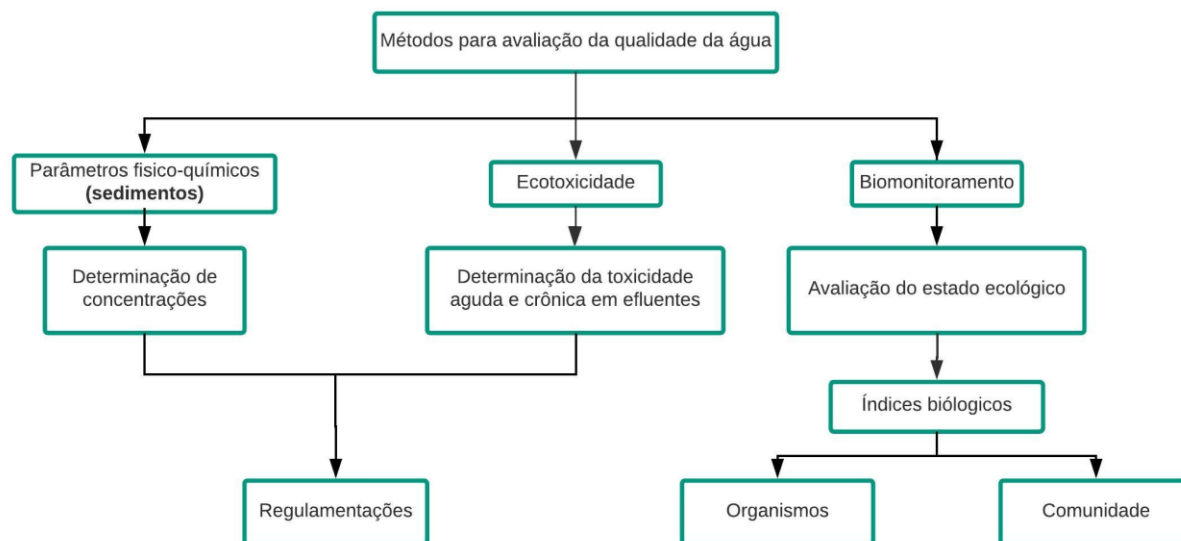
Trindade et.al (2017) diz que, métodos estatísticos multivariados são ótimas ferramentas para explorar a interpretação de dados acerca dos parâmetros dos recursos hídricos. Ainda segundo supracitados, as análises de tendência temporal



possibilitam a avaliação de uma série de dados, úteis para predição e acompanhamento da qualidade da água, de acordo com BEM, (2015) análises de tendência temporal a nível de bacia hidrográfica são onerosas e pode-se usar como alternativa o biomonitoramento

Análises de caráter espacial tem como escopo uso e ocupação do solo no entorno do corpo hídrico, fontes de poluição pontuais da bacia hidrográfica e quais efeitos exercem no corpo hídrico, permitindo identificar setores críticos da sub-bacia (IGAM, 2010). Tais análises dão base para medidas de prevenção, correção e de emergência, necessárias para manter o equilíbrio do ecossistema (CHRISTOFARO, et al, 2009).

Para manter a qualidade dos ecossistemas a resolução CONAMA 430/11 exige análises de toxicidade, onde cita-se que efluentes somente poderão ser lançados direta ou indiretamente após tratamento adequado e enquadramento nos padrões de lançamento estabelecidos pela resolução ou órgão ambiental. (BEM, 2015). A regulamentação feita pelo CONAMA, no entanto, não estabelece padrões de análise de qualidade utilizando a biota aquática, contemplando apenas em seu tocante a qualidade da água e propriedades relacionada e este fator (BEM, 2015). Nacionalmente a análise de sedimentos também não é utilizada legalmente, em sua totalidade, a resolução CONAMA 454/12 apenas contempla o sedimento dragado, sendo assim estabelece procedimentos mínimos para avaliação destes no território nacional (CONAMAc,2004). A Figura 1 mostra as possibilidades à serem utilizadas na análise da qualidade da água e sedimento



**Figura 1. Métodos para avaliação da qualidade da água**  
 Fonte: Adaptado de BEM (2015).

### 3.4 SEDIMENTOS

Os sedimentos são depósitos complexos de material orgânico, componentes passíveis de adsorção e partículas inorgânicas no estado sólido (FERREIRA, 2001). De acordo com Ferreira, (2001) em sistemas naturais os sedimentos têm como base constituinte a deposição de componentes particulados da coluna de água, neste meio ocorre a interação do sedimento com a água formando assim a água intersticial. Segundo Silva (2003) os sedimentos são a fase mineralógica com formas, partículas e composição químicas de caráter distinto.

Ferreira (2001) cita que o processo de sedimentação, os componentes químicos presentes na coluna d'água são adsorvidos e futuramente serão o constituinte do sedimento de fundo, ressalta-se também que os processos erosivos dos solos e a precipitação por processos biológicos e químicos contribuem para a formação de sedimentos nos meios hídricos.

Além disso os sedimentos possuem importante papel na caracterização dos constituintes que são depositados no leito do corpo hídrico em caráter cronológico, bem como indicam modificações no ambiente original que afetam as características do corpo hídrico (ROCHA et al., 2009).

### 3.4.1 CARACTERIZAÇÃO DOS SEDIMENTOS

A caracterização dos sedimentos dá-se através das suas características físicas que estão diretamente relacionadas com sua origem e processo de pós-deposição e que podem ser exemplificados como a compactação, formação mineral autogênica e a diagênese, tais fatores inferem na textura, características químicas, composição mineral e tamanho do sedimento (FERREIRA, 2001).

Em caráter comportamental, segundo Terzagi e Peck (1984), os sedimentos podem ser classificados em: sedimentos finos e Segundo Harrison et.al (1964), os sedimentos podem ser caracterizados em quatro categorias em relação as medidas físicas referentes ao seu tamanho. As Tabelas 3 e 4 apresentam a caracterização dos sedimentos a partir de seus tipos de propriedade e diâmetros respectivamente.

**Tabela 3. Caracterização dos sedimentos a partir de suas propriedades**

<b>Caracterização dos Sedimentos</b>		
<b>Categoria</b>	<b>Tipo de Propriedade</b>	<b>Descrição</b>
1	Primária	Dependem da origem do depósito do ambiente
2	Secundária	Afetadas pelas mudanças pós-depósito
3	Intermediárias	Dependem das categorias 1 e 2 (velocidade de escoamento, permeabilidade e consolidação)
4	Físicas	Relativa as Propriedades Físicas

Fonte: Adaptado de Harrison et.al (1964).

**Tabela 4. Caracterização dos sedimentos a partir de seu diâmetro**

<b>Caracterização comportamental dos Sedimentos</b>			
<b>Tipo de Sedimento</b>	<b>Diâmetro</b>	<b>Componentes</b>	<b>Componentes específicos</b>
<b>Finos</b>	< 50 $\mu$ m	lodo e argila	Argila mineral, matéria orgânica, finos grãos de quartzo, particular de carbonato e feldspato
<b>Grandes</b>	< 0,5 mm	Areia e cascalho	Quartzo misturado e feldspato

Fonte: Adaptado de Terzagi e Peck et.al. (1964)

Os sedimentos mais grossos são feitos de partículas arredondadas enquanto os sedimentos finos possuem formas diversas, as partículas finas têm cargas e tal carga depende da cobertura da partícula e sua força iônica, sendo que a carga superficial também é parte do fator de coesão dos grãos (LAMBERT et.al, 1981).

No corpo hídrico as partículas depositam-se tendenciosamente por ação gravitacional, sendo a velocidade de deposição diretamente relacionada ao formato do grão, seu revestimento e substâncias orgânicas dissolvidas (CHASE,1979). As composições argilosas constituem agregados de tamanhos variados, dependendo principalmente de sua constituição mineralógica e condições hidrológicas (WHITEHAUSE et.al, 1958). Na deposição de sedimentos grosseiros as partículas são dispostas de forma empilhada ao contrário das partículas finas que são depositadas em forma de flocos constituindo uma estrutura de maior coesão (SOLOMONS E FORSTNER, 1984).

### 3.4.2 SEDIMENTOS E POLUENTES

Os sedimentos funcionam como uma forma de compartimento para os poluentes e podem liberar espécies contaminantes caso estes sejam degradados (LIMA et al., 2001). Esta degradação ocorre devido a alterações de pH, potencial redox, ação microbiológica dentre outras, portanto deve-se atentar para a conservação das características físico-químicas citadas (JESUS et al., 2004).

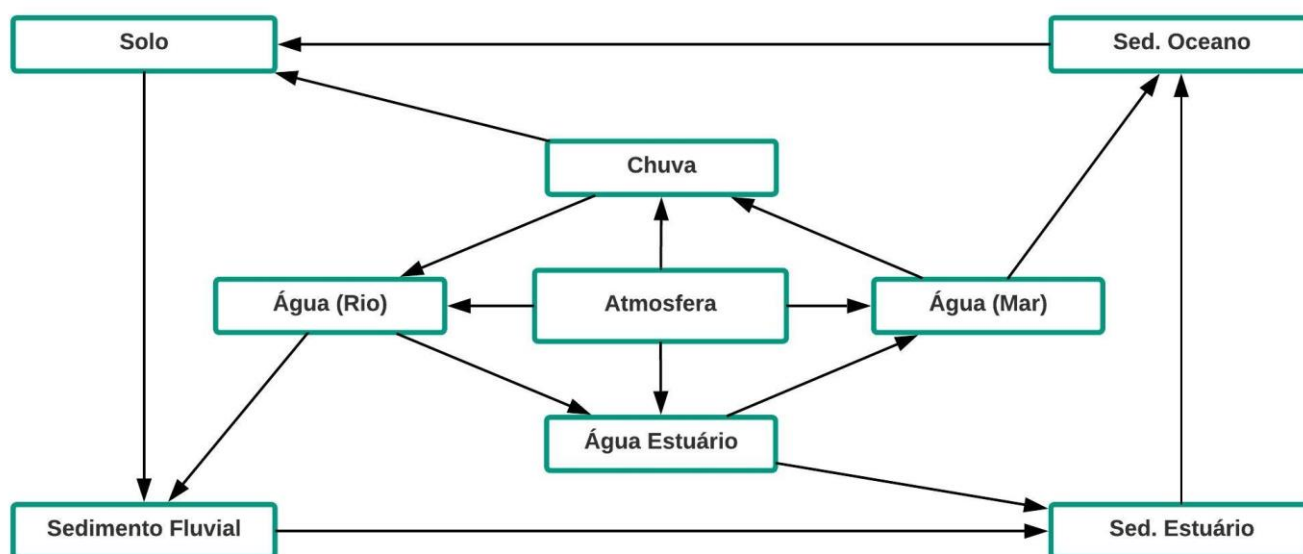
Com base nas condições ambientais o sedimento pode agir como depósito ou fonte de metais-traço em águas superficiais, sendo que estes metais não são fixos permanentemente ao sedimento podendo assim serem degradados quimicamente ou por agentes biológicos no compartimento de sedimentação liberando estes metais na coluna d'água (LERMAN; Solomns e Forstner 1977). Os sedimentos provenientes de arraste erosivo para ecossistemas aquáticos contribuem com o aumento da turbidez, acúmulo de metais e substâncias tóxicas e modificação dos substratos utilizados pela microbiota (TUNDISI, 2008).

Segundo Polleto (2012), alguns elementos traço são comumente encontrados em ambientes urbanos e associados às partículas de sedimento, tais elementos são: chumbo, zinco, cobre, níquel, cádmio e cromo. Análises feitas por Caramão et.al (2011), evidenciaram a presença de alguns agrotóxicos no sedimento, como o Tricloroguaiacol, Propanil, Fipronil, variantes do Propiconazol, Trifloxistrobina, Permetrinas, Difenconazol e Azoxistrobina.

### 3.4.3 IMPORTÂNCIA DA ANÁLISE DE SEDIMENTOS

Os sedimentos desempenham grande papel no transporte de metais-traço no ciclo hidrológico e possuem aspectos particulares que refletem na qualidade de um sistema hídrico e também podem representar o desenvolvimento de dados hidrológicos e químicos.

A análise longitudinal dos sedimentos determina anomalias na zona de mineralização e também as fontes poluidoras. As aferições temporais de sedimentos são úteis uma vez que fornecem informações históricas sobre o transporte de sedimentos no local (ROSE et a. 1979). O diagnóstico de sedimentos é importante pois dá suporte para que seja realizada uma aferição ambiental forense, onde acidentes ambientais ou eventos poluentes ocorridos no passado nem sempre são possíveis de serem detectados através da análise da coluna d'água (MEIGGS em Solomons e Forstner 1980). O transporte de sedimentos no ciclo hidrológico ocorre de forma complexa e é apresentado pela Figura 2.



**Figura 2. Transporte de sedimentos no ciclo hidrológico**  
 Fonte: Adaptado de Solomons et al. 1984

### 3.5 ÍONS METÁLICOS E OS SISTEMAS AQUÁTICOS

Íons metálicos se comportam de forma complexa nos sistemas aquáticos devido à grande quantidade de interações possíveis destes com o material dissolvido, fatores fora do equilíbrio do corpo hídrico e interação com material particulado. Precipitações de forma direta contendo compostos metálicos ocorrem ocasionalmente devido a alterações de pH, potencial de oxidação ou concentração de material responsável pela precipitação. A interação hídrica com sólidos ou interação de corpos hídricos distintos também é responsável na precipitação de sedimentos contendo metais (FERREIRA, 2001). A tabela 5 apresenta quais os principais fatores determinantes na precipitação de sedimentos e os respectivos metais.

**Tabela 5. Fatores determinantes na precipitação de sedimentos.**

<b>Fatores que causam precipitação de íons metálicos no corpo hídrico</b>		
<b>Fator</b>	<b>Principais Elementos</b>	<b>Info. Adicional</b>
<b>Oxidação</b>	Óxidos de ferro e manganês e sulfetos naturais	Precipitam devido a oxidação dos elementos
<b>Redução</b>	Urânio, Vanádio, Cobre, Selênio e Prata	Precipitam sob forma metálica ou do óxido de valência mais baixa
<b>Redução de Sulfetos</b>	Ferro, Cobre, Prata, Zinco, Chumbo, Mercúrio, Níquel, Cobalto, Arsênio e Molibdênio	São precipitados como sulfetos
<b>Ação Sulfato-Carbonato</b>	Bário, Estrôncio e Cálcio	São precipitados devido ao aumento de sulfato ou carbonato
<b>Ação Alcalina</b>	Cálcio, Magnésio, Estrôncio, Manganês, Ferro, Cobre, Zinco, Chumbo, Cádmio	Estes elementos são precipitados por alterações (aumento) de pH.
<b>Ação de Adsorção</b>	Todos	Capturados pelo fator comportamental do sedimento

Fonte: Adaptado de Rose et al. (1979).

Rocha et. al (1999), cita que os sedimentos também possuem matéria orgânica constituídos de uma vasta gama de moléculas, sendo estas, carboidratos, lipídeos, aminoácidos, compostos aromáticos, ácidos carboxílicos e outros. Rocha et. al (1999) destaca o conceito de substâncias húmicas no meio aquático caracterizando-as como: moléculas grandes feitas a partir da polimerização de seres menores presentes no ambiente, constituídos das moléculas citadas.

Em termos conceituais as substâncias húmicas são aquelas que podem ser definidas de acordo com sua solubilidade em água. Sendo o ácido húmico insolúvel em condições onde o pH é menor que 2, já o ácido fúlvico é solúvel em qualquer faixa de pH. (MOBED, 1996). Os compostos de origem húmica natural possuem uma faixa de coloração escura e são refratantes possuindo também alto peso molecular. (ARTINGER, 2000). As substâncias húmicas são complexas e macromoléculas ricas em grupos funcionais oxigenados. (AIKEN, 1989).

A relevância das substâncias húmicas para o estudo de metais-traços é dada devido as interações possíveis deste elemento com os metais e previsão da biodisponibilidade de íons metálicos no ambiente que estas interações podem

causar (ROCHA et al., 1999). O autor supracitado as substâncias húmicas desempenham um grande papel na mobilidade e acumulação de íons metálicos nos ciclos biogeoquímicos básicos, portanto, o comportamento de tais substâncias influencia diretamente na propagação e acumulação de metais no ambiente

### 3.5.1 Fontes de Metais e Corpos Hídricos

Os metais podem ser de origem natural como os traços detríticos e os de origem antrópica podem ser lançados em águas superficiais agregando-se aos sólidos suspensos ou transportados na sua forma dissolvida (BELÓ, 2010).

Quantidades traço de muitos metais, sendo eles cádmio, cromo, cobre, ferro, chumbo, manganês, mercúrio, níquel e zinco são elementos de extrema importância na maioria dos meios hidrológicos. A maioria destes metais são classificados como potenciais poluentes ou poluentes prioritários. (METFCALF, 2016). De acordo com o autor supracitado parte destes metais são base para o crescimento biológico e a ausência destes pode limitar o crescimento de algumas espécies de algas e quantidades excessivas destes podem interferir nas funções benéficas dos metais devido ao índice de toxicidade, portanto, é desejável mensurar as concentrações destes.

### 3.5.2 Fontes Naturais de Metais no Ambiente Aquático

Segundo Ferreira (2001), os metais-traço podem apresentar-se também como impurezas de minerais primários, tais são provenientes de rochas ígneas resultantes da solidificação do magma. Nas rochas sedimentares os elementos traço estão absorvidos pelos minerais secundários resultantes de intemperismo, decomposição química de rochas primárias e desintegração física.



Os minerais primários e secundários possuem expressiva diferença na representatividade de elementos traço, incluindo os metais-traço nos tipos de rocha citados (ALLOWAY E AYRES, 1993). A Tabela 6 apresenta os metais presentes em diferentes minerais, evidenciando assim que o solo e sedimento dos rios, em locais onde suspeita-se de poluição hídrica, podem ter sido responsáveis pela contaminação devido a: processos erosivos e anomalias rochosas com alta concentração de um determinado metal. Ferreira (2001), enfatiza que mesmo proveniente de fontes naturais os metais-traço são passíveis de causar efeitos adversos em ecossistemas.

**Tabela 6. Metais presentes em alguns minerais.**

<b>Mineral</b>	<b>Elementos Presentes</b>
<b>Olivina</b>	Fe (II)
<b>Pirita</b>	Ag, As, Cd, Co, Cu, Mo, Ni, P, Pd, Sn, Te
<b>Feldspato</b>	Ba, Ca, K, Na, Rb, Sr
<b>Mica</b>	Ba, F, Fe, Li, Mn
<b>Apatita</b>	As, F, Pb, Se, V
<b>Monazita</b>	Th
<b>Anfibole</b>	Ca, F, Fe, Li, K, Mg, Mn, Na, Sr, Ti
<b>Pegmatitas</b>	U, W, Y, Zr
<b>Voláteis</b>	Ar, C, H, He, Hg, N, O

**Fonte: Adaptado de Solomons e Forstmer, (1984).**

Os ciclos naturais também fazem parte da descarga de metais-traço no meio ambiente, através das ações de vulcanismo, intemperismo e demais atividades geológicas (MASUTTI, 1999). Para poder determinar a magnitude da poluição em ecossistemas aquáticos através da carga de metais contidos em sedimentos é necessário conhecer os níveis de concentração destes presentes em seus compartimentos naturais (SOLOMONS E FORSTNER, 1984). Os dados apresentados por Solomons e Forstmer (1984) são constantemente usados como base mundial de comparação para sedimentos contaminados por metais. A Tabela 7 demonstra exemplos da concentração dos compartimentos naturais de alguns metais.

Tabela 7. Concentrações de alguns metais em compartimentos naturais.

Metal (mg/Kg <sup>-1</sup> )	Lodos e Argilas	Lodos e Argilas de interior e costeiros	Sedimentos Lacustres	Solos
<b>Ferro</b>	4,72*	*	4,34*	3,2*
<b>Manganês</b>	600	*	760	760
<b>Zinco</b>	95	*	118	59,8
<b>Cromo</b>	83	60	62	84
<b>Níquel</b>	68	32	66	33,7
<b>Cobre</b>	45	31	45	25.8
<b>Chumbo</b>	20	*	34	29,2
<b>Cobalto</b>	19	13	16	12
<b>Mercúrio</b>	0,2	*	0,35	0,098
<b>Cádmio</b>	0,2	*	0,4	0,62

Fonte: Adaptado de Solomons e Forstner (1984).

(\*) O valor de Ferro está expresso em porcentagem.

### 3.5.3 Fontes Antrópicas de Metais no Ambiente Aquático

As atividades antrópicas colocam no meio ambiente quantidades de poluentes na maioria das vezes nocivos ao equilíbrio biológico. Dentre os componentes mais perigosos estão os metais-traço. O despejo destes foi ignorado por muitos anos até que incidentes envolvendo a saúde pública foram aferidos (SCLiar, 2003). Os metais traço presentes no esgoto são provenientes de atividades industriais e comerciais e de alguns produtos aplicados no âmbito residencial como: agentes de limpeza e produtos de higiene pessoal, enquanto as fontes de metais-traço são comumente associadas a esgotos industriais, sendo clássicos em esgotos de

metalúrgicas e manufatura de equipamentos eletrônicos sem tratamento (METCALF, 2016).

Baird (2002) diz que a maioria dos metais-traço são levados ao corpo hídrico por meio aéreo através de gases ou adsorvidos em outros materiais particulados em suspensão. Pereira (2007), cita que as principais fontes antrópicas de contaminação por metais são os fertilizantes, água de irrigação, carvão e óleo, emissões veiculares, incineração de resíduos urbanos, mineração e outros. De acordo com Pereira (2007) a agricultura tem destaque pois é uma fonte não pontual de contaminação por metais-traços nos ecossistemas aquáticos. A tabela 8 apresenta fontes de poluição por metais de origem antrópica e sua fonte preponderante.

Tabela 8. Fontes antrópicas de alguns metais.

Fontes Antrópicas de metais				
Fator	Fonte	Fonte Específica	Contaminantes em Potencial	
Exploração de jazidas	<b>Antropogênica</b>	Mineração	Metais não ferrosos	
Impureza em Fertilizantes		Agricultura	Cd, Cr, Mo, Pb, U e Zn	
Pesticidas			Cu, As, Hg, Pb, Mn e Zn	
Dessecantes			As	
Conservadores de Madeira			As e Cu	
Descarte na criação de suínos			Criação de animais	Cu e As
Excrementos		Cd, Cu, Ni, Pb, Zn e As		
Lodo de Esgoto		Outros	Cd, Ni, Cu, Pb e Zn	
Corrosão de objetos metálicos			Zn e Cd	
Combustão de Comb.Fósseis			Pb, Cd, Zn, Sb, Se, Ba, Cu, Mn e V	
Descarte em Aterros e Lixoes			Cd, Cu, Pb, Sn e Zn, Se, Te, Pb, Mo, Li	
Metalúrgicas			V, Mn, Pb, W, Mo, Cr, Co, Cu, Zn, Sn, Si, Ti, Te, Ge, Tl, Sb, In, Cd, Be, Bi, Li, As, Ag, Sb, Pr, Os, Nb, Nd e Gd	
Eletrônicos		Indústria	Cu, Zn, Au, Ag, Pb, Sn, Y, W, Cr, Se, Sm, Ir, In, Ga, Ge, Re, Sn, Tb, Co, Mo, Hg, Sb, As e Gd	
Baterias			Pb, Sb, Zn, Cd, Ni, Hg e Pm	
Tintas e Pigmentos			Pb, Cr, As, Sb, Se, Mo, Cd, Ba, Zn, Co, Ti	
Catalisadores			Pt, Sm, Sb, Ru, Co, Rh, Re, Pd, Os, Ni, Mo	
Estabilizadores de Polímeros e Incineração de Plástico			Medicina	Cd, Zn, Sn e Pb
Ligas Dentárias				Ag, Sn, Hg, Cu, Zn, Cr e Ba
Medicamentos				As, Bi, Sb, Se, Ba, Ta, Li, Pt

Fonte: Adaptado de Ferreira (2001).

### 3.6 LEGISLAÇÕES E PARÂMETROS PARA SEDIMENTOS E COLUNA D'ÁGUA

Em comparação a índices internacionais os parâmetros de análise de metais-traço em sedimentos são inferiores e negligenciados em relação as legislações internacionais. Em relação aos índices de metais-traço presentes em efluentes, a resolução CONAMA 430/2011 define os seguintes padrões de lançamento máximos para metais demonstrados na tabela 9.

**Tabela 9. Padrões de lançamento de metais e semimetais segundo a resolução CONAMA 430/2011.**

<b>Composto</b>	<b>Valor máximo de lançamento mg.L<sup>-1</sup></b>
<b>Arsênio total</b>	<b>0,5</b>
<b>Bário total</b>	<b>5,0</b>
<b>Cádmio total</b>	<b>0,2</b>
<b>Chumbo total</b>	<b>0,5</b>
<b>Cianeto total</b>	<b>1,0</b>
<b>Cianeto livre</b>	<b>0,2</b>
<b>Cobre dissolvido</b>	<b>1,0</b>
<b>Cromo hexavalente</b>	<b>0,1</b>
<b>Cromo trivalente</b>	<b>1,0</b>
<b>Estanho total</b>	<b>4,0</b>
<b>Ferro dissolvido</b>	<b>15,0</b>
<b>Manganês dissolvido</b>	<b>1,0</b>
<b>Merúrio total</b>	<b>0,01</b>
<b>Níquel total</b>	<b>2,0</b>
<b>Prata total</b>	<b>0,1</b>
<b>Zinco total</b>	<b>5,0</b>

Fonte: Ministério do Meio Ambiente (2011).

### 3.6.1 Diretrizes Usadas na Qualidade de Sedimentos

No Brasil ainda não existe legislação apropriada para controle de contaminantes no fundo de rios, reservatórios e lagos. Utilizando a Resolução CONAMA 454/12, pode-se dispor apenas do sedimento dragado estabelecendo assim os procedimentos mínimos para avaliação deste sedimento (CONAMA, 2004). A resolução CONAMA 454/12 utiliza como parâmetro de orientação os padrões VQGS Canadense, instituídos pelo conselho de meio ambiente Canadense. Também temos a legislação NOAA, estadunidense que além de abranger os parâmetros e índices adotados pela diretriz canadense esta traz uma série de limiares de análise novos para a aferição de contaminantes em sedimentos. Desta forma temos a legislação dos Estados Unidos (NOAA) e a legislação canadense de VQGS atrelada a resolução CONAMA 454/12.

### 3.6.2 Legislação Canadense (Valores guias de qualidade de sedimentos)

A legislação canadense VQGS está inserida como parâmetro de orientação na resolução CONAMA 454/12 e é utilizada como base para comparar os valores guia em dois níveis de qualidade. Esta é a única legislação (CONAMA 454/12) nacional que se aproxima com os procedimentos adequados para análise de sedimentos.

A VQGS tem como base valores de concentrações totais de algumas substâncias presentes em sedimentos dragados da superfície do corpo hídrico, para até 5 cm de espessura de dragagem.

A VQGS é baseada em valores guias de qualidade de sedimentos, que foram estabelecidos pelo Conselho Canadense do Ministério do Meio Ambiente (CCME). A partir destes dados define-se dois limites para cada substância de interesse: o limite TEL (*Threshold Effect Level* ou concentração de efeito limiar) e o PEL (*Probable Effect Level* ou concentração de efeito provável), (CCME, 1999a).

O valor de TEL é o limite superior de concentração onde há baixa probabilidade de efeitos nocivos para a biota aquática, enquanto o valor de PEL é o

limite de concentração relacionado a efeitos nocivos aos organismos aquáticos (CCME, 1999<sup>a</sup>). A partir dos fatos pode-se descrever os níveis de contaminação como demonstrados na tabela 10. Nível 1 TEL: abaixo do previsto, baixo probabilidade de impacto adverso na biota e Nível 2 PEL: acima do previsto, alta probabilidade de efeito adverso na biota. O valor guia para os metais previstos nesta legislação estão expostos na tabela 11.

**Tabela 10. Índices de contaminação utilizados pela legislação canadense.**

**Nível 1 TEL: abaixo do previsto, baixo probabilidade de impacto adverso na biota.**

**Nível 2 PEL: acima do previsto, alta probabilidade de efeito adverso na biota.**

Fonte: CCME 1999.

**Tabela 11. Valores guia de qualidade de sedimentos usados na resolução CONAMA 454/12 a partir dos dados da VQGS Canadense.**

Efeito a Biota	Metais (mg/Kg <sup>-1</sup> )						
	Cádmio	Chumbo	Cobre	Cromo	Mercúrio	Níquel	Zinco
Nível 1	0,6	35	35,7	37,3	0,17	18	123
Nível 2	3,5	91,3	197	90	0,486	35,9	315

Fonte: Ministério do Meio Ambiente (2012).

### 3.6.3 Legislação Estadunidense NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration)

Além da legislação Canadense utiliza-se a legislação Estadunidense, uma vez que a VQGS recomendada pela Conama 454/12 não abrange todos os metais aferidos no estudo. O banco de dados de ambas as legislações foi criado a partir de vários estudos e aferições feitos no território norte americano e principalmente pelas informações contidas em trabalhos que tratam de ecotoxicidade em sedimento feitos pela National Status and Trends Program, organização estadunidense. A este banco de dados foi denominado o nome de BEDS (*Biological Effects Database for Sediments*). Na legislação do NOAA há muitas características de aferição, diferentemente da VQGS que tem apenas duas. Tais parâmetros são:

- I. TEC – *Threshold Effect Concentrations*: Concentrações de Efeito Limite.
- II. TEL – *Threshold Effect Level*: Níveis de Efeitos Limite ou Limiares: tal valor indica uma porcentagem menor que 25% de efeitos adversos a biota
- III. LEL – *Lowest Effect Level*: Menores Níveis de Efeitos: Este critério indica o nível de contaminação que é tolerado pela maior parte dos organismos bentônicos
- IV. PEC – *Probable Effect Concentrations*: Concentrações de Efeito Provável: Parâmetro intermediário entre o LEL e PEL onde indica efeito adverso provável aos organismos bentônicos.
- V. PEL – *Probable Effects Level*: Níveis de Efeitos Prováveis: Este índice indica que há uma chance de efeitos adversos a biota de 50%.
- VI. SEL – *Severe Effect Level*: Níveis de Efeitos Severos: Este índice é o inverso do LEL, neste caso ele indica que os efeitos da contaminação não serão tolerados pela maioria das espécies bentônicas presente nos sedimentos.
- VII. UET – *Upper Effects Threshold*: Limite de Efeito Superior (UET) que é o utilizado para água doce ou AET para água salgada, é o indicador onde mostra que tal concentração já apresentou efeitos adversos a comunidade bentônica.

Há também duas classificações especiais para esta legislação sendo elas:

- A. BACKGROUND – São valores de referência onde representa o limite onde não há efeitos adversos a biota.
- B. ARCS: O programa ARCS (Avaliação e remediação de sedimentos contaminados), iniciativa da USEPA, foi feito nos Grandes Lagos a partir de muitos bioensaios utilizando anfípode *Hyalella a.* Esses resultados,



juntamente com os de outras áreas de água doce, foram usados para gerar um valor de referência de Níveis de Efeito Limite (TEL).

A Tabela 12 demonstra os componentes inorgânicos de interesse e os valores de classificação supracitados.

**Tabela 12. Parâmetros de referência para analitos em sedimento de fundo para a legislação estadunidense.**

Analito		Background	ARCS	TEC	TEL	LEL	PEC	PEL	SEL	UET
Gradiente de Predição de Toxicidade										
*-----Aumento de Toxicidade----->*										
<b>Alumínio (%)</b>	Al	0,26%	2,55%							
<b>Cromo</b>	Cr	7,000 a 13,000	36.286	43.400	37.300	26.000	111.000	90.000	110.000	95.000 H
<b>Cobre</b>	Cu	10,000 -25,000	28.012	31.600	35.700	16.000	149.000	197.000	110.000	86.000 i
<b>Zinco</b>	Zn	7,000 - 38,000	98.000	121.000	123.000	120.000	459.000	315.000	820.000	520.000 M

Fonte: Adaptado de Bunchman (2008)

### 3.7 METAIS AFERIDOS E SEUS EFEITOS A SAÚDE

Os metais aferidos possuem efeitos metabólicos de caráter duplo no metabolismo celular, tal deve-se ao fato de serem essenciais para o funcionamento adequado das funções metabólicas. Entretanto destaca-se na tabela 13 os efeitos adversos que a ingestão acima dos limites diários recomendados pode desencadear no organismo

**Tabela 13. Metais aferidos e efeitos adversos a saúde.**

Metal	Efeitos Adversos a Saúde
Cromo	<p>Câncer do Aparelho Respiratório</p> <p>Lesões nasais e perfuração de septo e cutânea</p> <p>Distúrbios no fígado, rins e aparelho gastrointestinal de caráter fatal</p>
Zinco	<p>Alterações Hematológicas</p> <p>Lesões pulmonares e no sistema respiratório</p> <p>Distúrbios gastrointestinais</p> <p>Lesões no pâncreas</p>
Alumínio	<p>Anemia por deficiência de Ferro</p> <p>Intoxicação Crônica</p> <p>Mal de Alzheimer</p> <p>Depressão</p> <p>Dificuldades Respiratórias</p> <p>Esclerose Cerebral</p>
Cobre	<p>Intoxicação crônica</p> <p>Lesões Hepáticas</p>

Fonte: Adaptado de Canavarro et.al (2007)

### 3.7.1 Bioacumulação e Biomagnificação Trófica

A bioacumulação é um termo que descreve de forma geral um processo em que as substâncias são absorvidas por um determinado organismo sendo este processo proveniente de forma direta (assimilação a partir do meio ambiente), ou de forma indireta através de ingestão de alimentos que contém tais substâncias (USEPA,2006).

Já a biomagnificação trófica é quando há acúmulo de substâncias progressivamente com base no nível trófico, desta forma o topo das cadeias alimentares são os organismos mais prejudicados (USEPA, 2006). Segundo o supracitado, desta forma, mesmo que os limites de um determinado componente estejam dentro dos parâmetros legalmente permissíveis os efeitos de biomagnificação trófica de um determinado ecossistema não podem ser previstos com exatidão. Alguns metais-traço e compostos aromáticos cíclicos e alguns agrotóxicos são exemplos de substâncias passíveis deste efeito.

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O presente estudo foi realizado no município de Medianeira – PR, localizado na região oeste do estado e ao sul do país, localizado nas coordenadas W 25° 17' 42" e S 54° 05' 38", mostrado na figura 3.



**Figura 3. Localização espacial do município de Medianeira**

**Fonte: Abreu (2006)**

Segundo os dados de censo do IBGE 2018 o município de Medianeira possui área de 328,732 km<sup>2</sup> uma população estimada de 41.817 pessoas, densidade demográfica de 127,21 habitantes por km<sup>2</sup>, e é esta próxima no ranking populacional nacional em 5570º lugar, estadualmente em 339º colocado e é o 11º município com maior população da microrregião onde situa-se. A cidade apresenta apenas 23,6%

dos domicílios com sistema e esgotamento sanitário adequados, podendo representar um problema de despejo pontual de esgoto doméstico no corpo hídrico.

Medianeira tem 248km<sup>2</sup> inseridos na bacia do Paraná III e representa 2,8% do total desta bacia, além disso está contida na unidade hidrográfica do Baixo Iguaçu com 77,2km<sup>2</sup> inseridos nesta bacia e representa 0,1% da área total da bacia do Baixo Iguaçu. O solo da área urbana do município é predominantemente argiloso, caracterizado como Latossolo Roxo distrófico, tendo boa capacidade de retenção hídrica, aeração, permeabilidade, alta suscetibilidade a erosão. Segundo a Mineropar,2002 a geologia de Medianeira é formada por derrames basálticos com cobertura arenítica de caráter sedimentar, originando assim solos de terra roxa.

O objeto de estudo é o Rio Alegria que passa no interior do município, contido na bacia do Paraná III, possui sua nascente na linha São Miguel Arcanjo e desemboca no rio Ocoy (LAZZEREIS, 2013).

Segundo as classificações da resolução CONAMA nº 357/05, o Rio Alegria pode ser caracterizado como um corpo hídrico de classe 2, contudo o plano da Bacia do Paraná III cita que este corpo hídrico pertence as classes 2 e 3, sendo uma parcela de classe 3 que passa no interior do município, sendo possível assim utilizar a água deste para abastecimento humano após tratamento convencional ou avançado. O rio é o principal ponto de captação utilizado pela companhia de abastecimento de água local. É importante ressaltar que este rio possui três afluentes, sendo eles o Rio Sanga Magnólia, Sanga Maguari e Sanga Maduri. A vazão média do rio é de 350 L.s<sup>-1</sup> antes das estações de tratamento de água (LAZERREIS, 2013).

## 4.2 PONTOS DE AMOSTRAGEM

A Figura 4 mostra o percurso do Rio dentro da área urbana e a Figura 5 mostra a extensão municipal do Rio Alegria e os pontos de coleta utilizados, representados pelas sigla PCA 1 partindo de uma das nascentes do rio até PCA 4 na foz do rio.

As campanhas de amostragem foram feitas durante inverno (coleta 1) e primavera (coleta 2), do ano de 2017, sendo selecionados quatro pontos de coletas para captação das amostras de água e sedimentos conforme demonstrado na tabela 14.

**Tabela 14. Pontos utilizados para coleta de amostras no Rio Alegria, Medianeira-PR.**

Ponto de Amostragem	Descrição da localidade	Coordenadas Geográficas	
		W	S
PCA 1	Nascente	54°05'81.2'	25°27'92.7'
PCA 2	ETA Municipal	54°07'96.2'	25°29'09"
PCA 3	Vila Alegria	25°28'40.3"	54°11'30.9'
PCA 4	Foz	25°21'66.1"	54°16'67.9'

Fonte: Autoria Própria, (2018).

A Figura 4 mostra o percurso do Rio dentro da área urbana e a Figura 5 mostra a extensão municipal do Rio Alegria e os pontos de coleta utilizados, representados pelas sigla PCA 1 partindo de uma das nascentes do rio até PCA 4 na foz do rio.

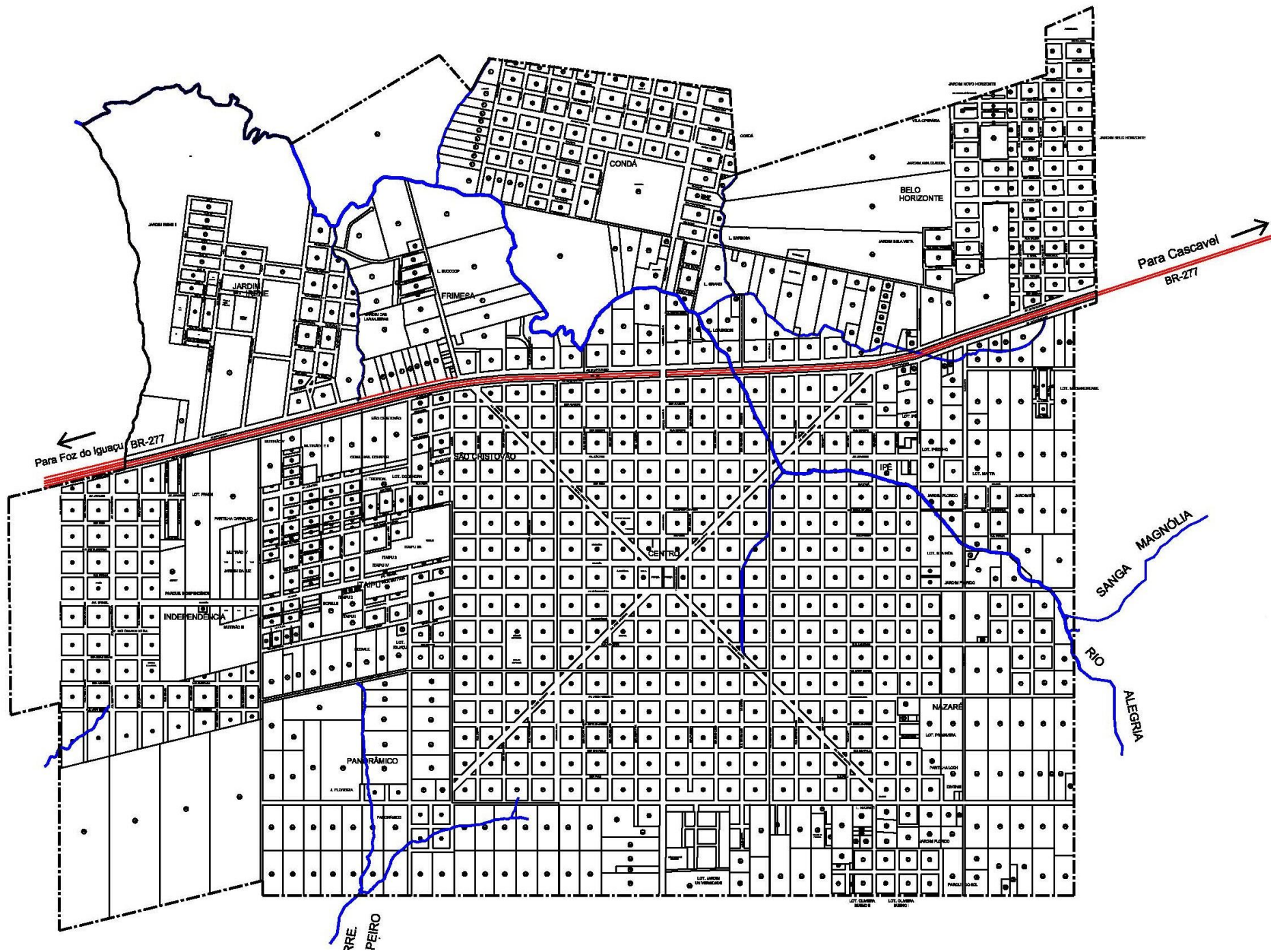


Figura 4. Mapa de hidrografia urbana do Município de Medianeira mostrando o percurso do Rio Alegria.  
Fonte: Plano diretor municipal de Medianeira

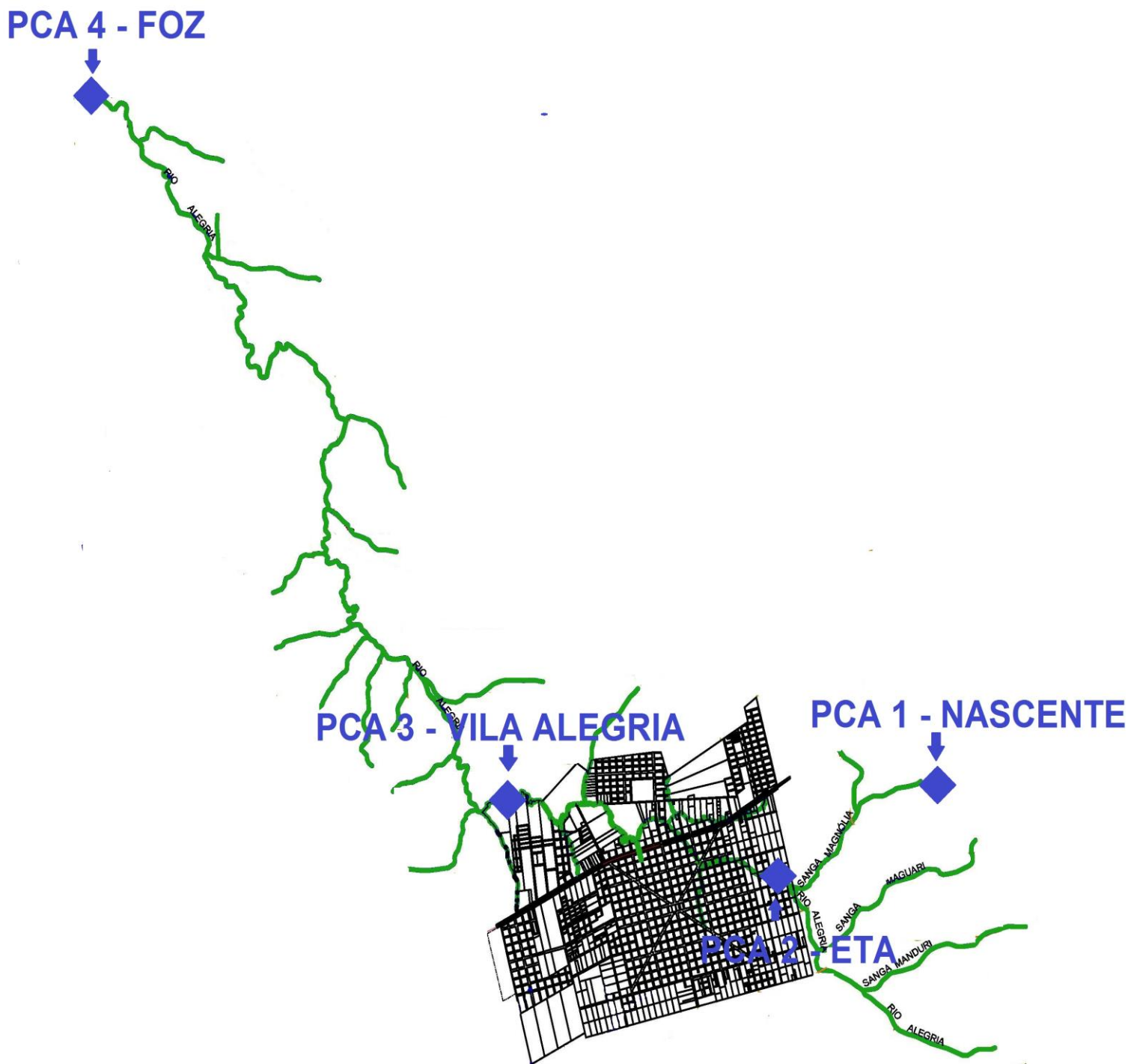


Figura 5. Localização dos pontos de Coleta utilizados nas campanhas.  
Fonte: Adaptado do Plano diretor municipal de Medianeira .



A Figura 6 representa o percurso do rio Alegria, os pontos de coleta utilizados e algumas de suas interferências antrópicas principais, que são, a ETAm a qual interfere na vazão do corpo hídrico e possui mata ciliar precária e a ETAi de um abatedouro e frigorífico agroindustrial e ETMm , que são responsáveis por grande parte do lançamento pontual de efluentes no corpo hídrico estudado, além dos despejos pontuais observados através de metodologia caminhante.

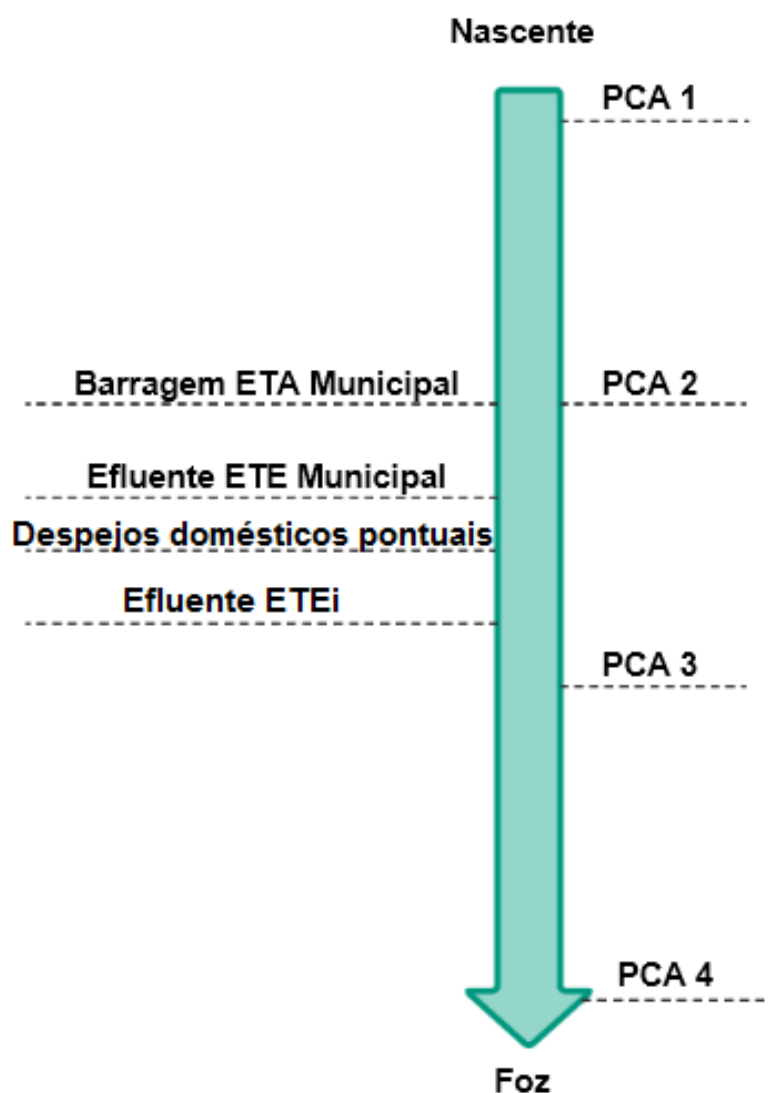


Figura 6. Percurso do Rio Alegria e seus pontos de amostragem.  
Fonte: Aatoria Própria, (2018).

### 4.3 MÉTODOS

As campanhas de coleta objetivaram a análise os parâmetros físicos e químicos no sedimento de fundo e coluna d'água do corpo hídrico em diferentes pontos a fim de averiguar a presença de metais-traço.

A Tabela 15 apresenta as análises realizadas e metodologias.

**Tabela 15. Análises e metodologias utilizadas.**

<b>Análise</b>	<b>Método</b>
<b>Fósforo Total</b>	STANDARD METHODS, <i>method 4500 - P E</i> (Apha, 2012)
<b>Metais-Traço biodisponíveis<sup>(1)</sup></b>	MÉTODO 3050 EPA, MODIFICADO POR Kalwa (2012)
<b>Metais-Traço pseudo-totais</b>	MÉTODO 3050 EPA, MODIFICADO POR Kalwa (2012)
<b>Nitrito</b>	STANDARD METHODS, <i>method 4500 - B C-2</i> (Apha, 2012)
<b>Nitrato</b>	STANDARD METHODS, <i>method 4500 E</i> APHA, 2012
<b>Nitrogênio Amoniacal</b>	STANDARD METHODS, <i>method 4500 - F</i> APHA, 2012
<b>Fósforo Total</b>	STANDARD METHODS, <i>method 4500 - P</i> APHA, 2012
<b>pH (Coluna d'água)</b>	Aferição comum com PHmetro
<b>pH (Sedimento)</b>	MÉTODO DO KCI EMBRAPA (1979)
<b>Oxigênio Dissolvido<sup>(1)</sup></b>	STANDARD METHODS, <i>method 4500 - O C &amp; 5210 B</i> (APHA, 2012)
<b>Carbono Orgânico e Matéria Orgânica</b>	EMBRAPA SOLOS (1997)

Fonte: Autoria Própria, (2018)

(1): Metodologia adaptada.

#### 4.3.1 Procedimentos Utilizados no Armazenamento e Coleta de Amostras

A Tabela 16 demonstra os procedimentos que foram utilizados na coleta e armazenagem das amostras para análise em laboratório seguindo os padrões estabelecidos pela metodologia de cada análise apontados na Tabela 16.

Tabela 16. Procedimentos utilizados no armazenamento e coleta das amostras

PARÂMETRO	COLETA (FRASCO)	PERÍODO MÁXIMO ANÁLISE / CONSERVAÇÃO	FRAÇÃO DA AMOSTRA	VOLUME/PESO	Unidade de medida
<b>OD</b>	Frasco Winkler	Fixação em campo do OD Winkler e quantificação no laboratório (12h)	TOTAL	300	ml
<b>Alcalinidade</b>	Polietileno	24h (4°C), s/ preservação	TOTAL	100	ml
<b>Nitrito</b>	Polietileno	24h (4°C), s/ preservação	DISSOLVIDA	30	ml
<b>Nitrato</b>	Polietileno	48h (4°C), s/ preservação	DISSOLVIDA	6	ml
<b>Nitrogênio Amoniacal</b>	Polietileno	7 dias (4°C), s/ preservação	DISSOLVIDA	50	ml
<b>Metais-traço (Cr, Cu,Al e Zn )</b>	Sacos de polietileno	Seco e acondicionado em sacos de polietileno	EM SEDIMENTO	100 cada ponto	g
<b>Fósforo Total</b>	Polietileno	7 dias (4°C), acidificar com 0,1ml H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> / 50ml amostra	TOTAL E DISSOLVIDA	15 cada fração	ml

Fonte: Adaptado do Manual de Análise de Procedimentos Laboratoriais Integra Clima-Sul, Aplicado ao Monitoramento de Corpos Hídricos, BEM et.al (2010)

#### 4.3.2 Procedimentos Utilizados para Descontaminação de Vidrarias

Os procedimentos utilizados para descontaminação de material são de suma importância a fim de eliminar elementos e resíduos que possam interferir nos espectros de análise utilizados, a detecção de metais-traço exige uma descontaminação de material mais severa devido à alta sensibilidade de aferição dos equipamentos utilizados na obtenção de resultados. O procedimento utilizado está demonstrado na figura 7.

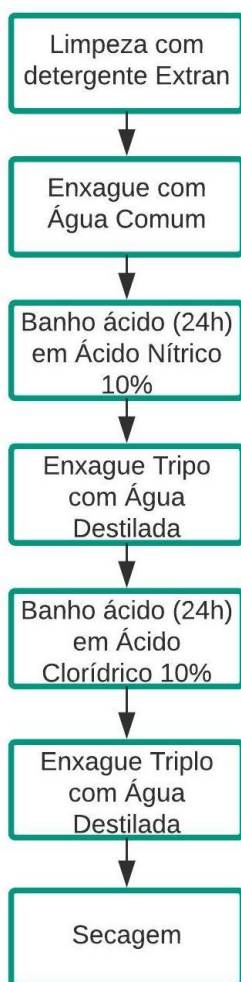


Figura 7. Fluxograma de descontaminação de vidrarias para análise de metais-traço biodisponíveis e metais-traço pseudo-totais.

Fonte: Adaptado de STANDARD METHODS, (2012).

## 4.4 PROCEDIMENTOS PARA PREPARO E ANÁLISE DE AMOSTRAS

### 4.4.1 Determinação dos Metais-traço Pseudo-totais

A determinação dos metais pseudo-totais quantifica a fração de metais-traço que não estão biodisponíveis no ambiente. O procedimento de preparo de amostra está exposto na figura 8.

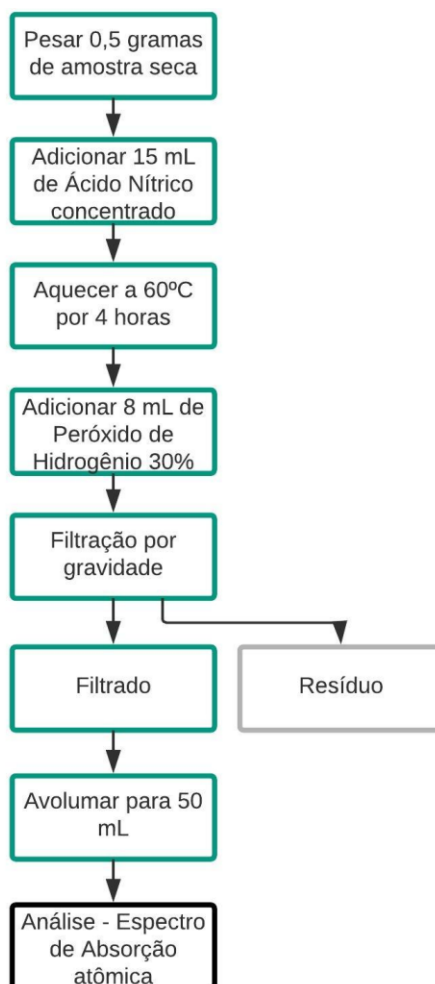


Figura 8. Fluxograma de análise dos metais pseudo-totais, metodologia 3050 da Environmental Protection Agency (EPA) com adaptações feitas por Kalwa, (2011).

Fonte: Adaptado de EPA (Environmental Protection Agency) e Kalwa, (2011)

#### 4.4.2 Metais-traço Biodisponíveis

Para a análise dos metais biodisponíveis no sedimento coletado utiliza-se a fração destes que é extraída após um ataque de ácido fraco (DEPAULA; MOZETO, 2001, *apud* FISZMAN *et al.*, 1984). Extrações com ácidos diluídos a frio, funcionam como uma espécie de simulação de remoção dos metais das frações mais reativas dos sedimentos, sendo importante esta análise para avaliar o caráter de mobilidade destes (BEVILACQUA *et al.*, 2009). O procedimento para extração dos metais-traço biodisponíveis está demonstrado na figura 9.



**Figura 9.** Fluxograma de análise dos metais-traço biodisponíveis metodologia 3050 da Environmental Protection Agency (EPA) com adaptações feitas por Kalwa (2011).

Fonte: Adaptado de EPA (Environmental Protection Agency) e Kalwa (2011)

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. CARACTERIZAÇÃO DOS PONTOS DE COLETA

No decorrer do ano de 2017 foram realizadas duas campanhas de coleta, sendo uma durante a estação da primavera e outra na estação de inverno. Na figura 10 podem ser observados os pontos de coleta utilizados no percurso do Rio Alegria.





**Figura 10. Pontos de coleta de amostras utilizados nas coletas.**  
**Fonte: Autoria Própria, (2018).**

O primeiro ponto amostral, PCA 1, está situado em uma das nascentes do Rio Alegria localizadas na área rural do município de Medianeira. É evidente a presença de mata ciliar neste ponto, juntamente com folhas e cascalho no percurso do corpo hídrico, presença mínima de processos erosivos e lâmina da água pouco expressiva (baixa profundidade)

O ponto PCA 2 tem sua localização, precisamente na barragem de captação da ETm. A presença de mata ciliar não é satisfatória (com base na observação do trecho seguinte que apresenta a mata ciliar original) neste local, sendo em sua maioria, composta por vegetação de pequeno porte ou gramínea. Percebe-se um volume de água e lâmina da água de maior expressividade (profundidade considerável) O processo erosivo deste ponto é de caráter considerável, devido à ausência de mata ciliar adequada, causa possível turbidez visualmente elevada e coloração escura, possivelmente justificado pelo arraste de sedimentos para o corpo hídrico, o PCA 2 localiza-se em uma zona de transição entre meio rural e urbano.

O ponto PCA 3 localiza-se ao final da área urbana delimitada pelo plano diretor original e adentra o bairro conhecido como Vila Alegria. O local de coleta apresenta mata ciliar de caráter satisfatório (sem evidências de degradação ou alteração), processos de erosão pequenos e lâmina da água fina (baixa profundidade). As características antrópicas deste ponto de coleta são mais impactantes ambientalmente, devido aos despejos da ETEm e da ETEi, além de despejos pontuais de efluente doméstico observados nas proximidades do ponto de coleta. Ainda neste ponto foi observado um grande acúmulo de resíduos sólidos neste ponto de coleta.

O ponto PCA 4 está localizado na foz do Rio Alegria. Este local possui mata ciliar mista (com pontos de pastagem substituindo a vegetação original), possui uma lâmina da água média (média profundidade). O processo de autodepuração do rio contribui para clarificação da água e redução da turbidez neste ponto, com base na comparação feita visualmente entre o PCA 2 e 3 em relação ao PCA 4.

## 5.2 RESULTADOS DAS AVALIAÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS DA COLUNA D'ÁGUA

### 5.2.1 Potencial Hidrogênionico da Coluna d'água (pH)

Em geral, o pH é considerado uma medida de balanço ácido de uma solução, e tem como sua definição o logaritmo negativo da concentração de íons de hidrogênio (CHAPMAN e KIMSTACH, 1996). Os valores do potencial hidrogenionico podem representar no corpo hídrico a dissolução de rochas, oxidação de matéria orgânica, despejos de origem antropogênica e absorção de gases atmosféricos (SPERLING, 2005). A Tabela 17 apresenta os valores de pH aferidos nas amostras retiradas da coluna d'água.

**Tabela 17. Valores de pH nas águas do rio Alegria.**

Parâmetro: pH				
Coleta	Ponto de Coleta			
	PCA 1	PCA 2	PCA 3	PCA 4
Coleta 1	6,6	6,3	6,1	6,8
Coleta 2	6,7	6,5	6,2	7,1

Fonte: Autoria Própria, (2018).

Na figura 11 é representado os valores de pH da tabela 17 juntamente com linhas de metas, mostrando o valor máximo e mínimo permissível, a fim de comparar os valores aferidos com a resolução CONAMA 357/05. O Rio Alegria por ser considerado um corpo hídrico de classe 2 e 3, tendo o seu enquadramento de pH adequado na faixa de 6,0 e 9,0.

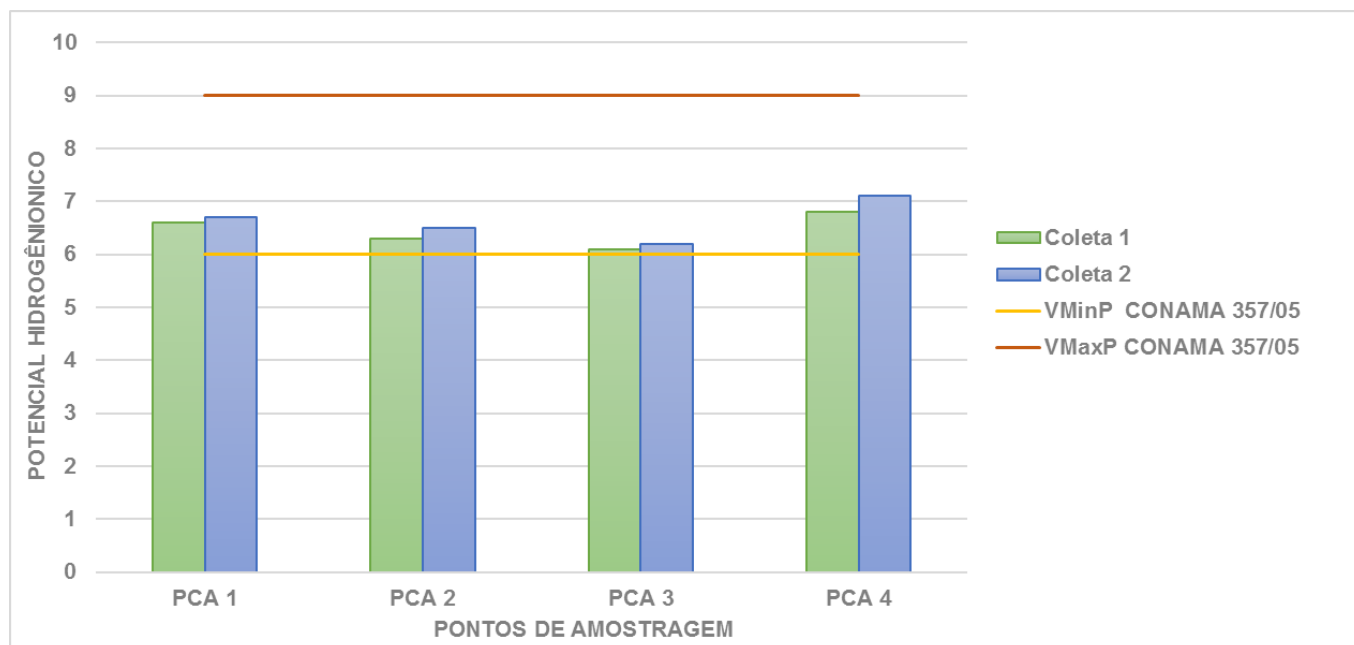


Figura 11. Valores de pH nas águas do rio Alegria em relação a CONAMA 357/05.

Fonte: Autoria Própria, (2018).

Os valores de pH aferidos estão de acordo com a resolução CONAMA 357/05, tendo como pontos críticos as coletas feitas no ponto 3, os quais mais se aproximaram do valor mínimo permissível para corpos hídricos de classe 2 e 3 refletindo um possível início de acidificação.

### 5.2.2 Alcalinidade Total da Coluna d'água

A alcalinidade total de uma amostra de água é definida como a capacidade de reagir de forma quantitativa com um ácido forte até um valor definido de pH. (CETESB, 2011). A principal fonte de compostos alcalinos em águas naturais é proveniente de descarga de efluentes industriais, sendo a alcalinidade em si um parâmetro que não se enquadra nos padrões de potabilidade. (CETESB, 2011).

A alcalinidade e o pH são parâmetros importantes para o estudo da concentração de metais-traço no sedimento, uma vez que a ação destes podem causar a precipitação de muitos metais-traços, conforme demonstrado na tabela 5 ou a liberação dos mesmos de seu compartimento através de corrosão. A Tabela 18 apresenta os valores de alcalinidade aferidos nas amostras retiradas da coluna

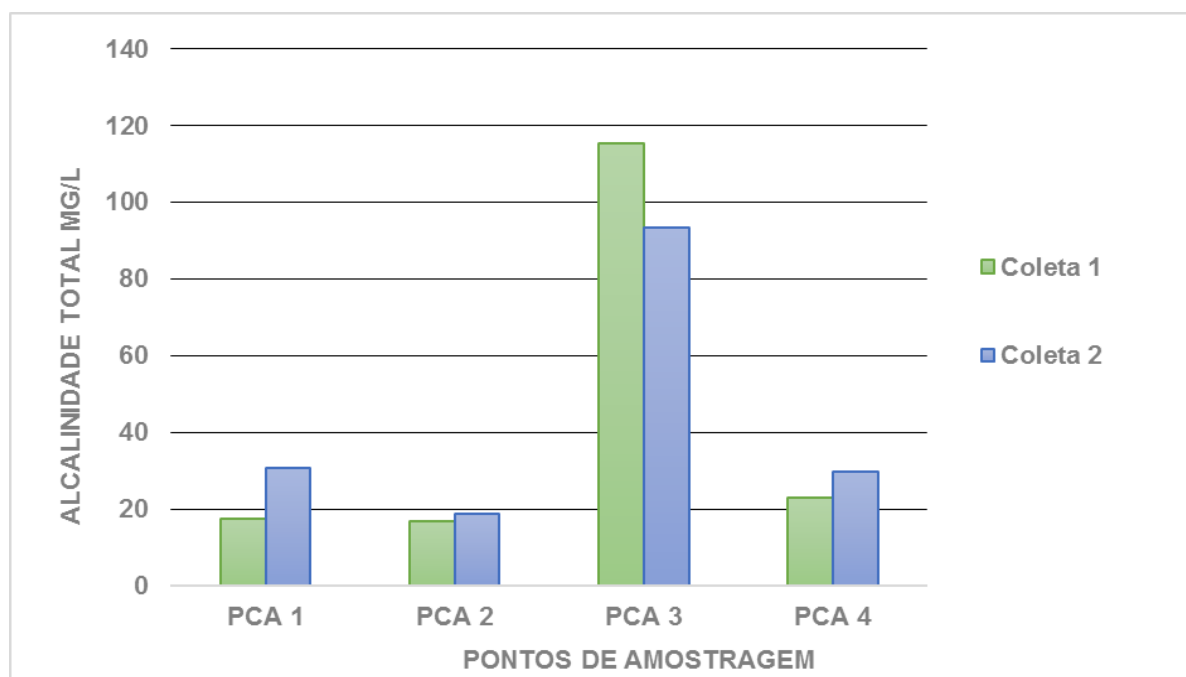
d'água.

**Tabela 18. Valores de Alcalinidade total nas águas do rio Alegria.**

Parâmetro: Alcalinidade (mg.L <sup>-1</sup> )				
Coleta	Ponto de Coleta			
	PCA 1	PCA 2	PCA 3	PCA 4
Coleta 1	17,4	16,9	115,3	22,86
Coleta 2	30,81	18,89	93,44	29,82

Fonte: Aatoria Própria, (2018).

A figura 12 apresenta os resultados de Alcalinidade nas estações de amostragem.



**Figura 12. Valores de Alcalinidade Total nas águas do rio Alegria.**

Fonte: Aatoria Própria, (2018).

Apesar da alcalinidade não estar relacionada com padrões de potabilidade e legislação observa-se uma discrepância extrema do PCA 3 em relação aos demais pontos de coleta de amostra, devido aos despejos de efluentes industriais, domésticos e da ETE municipal. Segundo Rose et.al (1979), a alcalinidade de um corpo hídrico é responsável pelo processo de deposição de metais-traço no sedimento, caso este fator cause aumento do pH, sendo os metais passíveis de precipitação para o fundo do corpo hídrico o: Cálcio, Magnésio, Estrôncio,

Manganês, Ferro, Cobre, Zinco, Chumbo e Cádmiio. A alcalinidade total representa, em termos genéricos o potencial de neutralização de íons  $H^+$  no corpo hídrico. Observa-se um menor potencial de neutralização dos íons  $H^+$  no PCA 1, 2 e 3.

Entretanto com base nos resultados apresentados para o pH na coluna d'água, fica evidente que há um maior risco de desequilíbrio nas reações de neutralização no PCA 3, uma vez que os índices de pH se mantiveram semelhantes em todos os pontos de amostragem. Observou-se variações de sazonalidade mais expressivas nos pontos.PCA 3 e 1.

### 5.2.3 Oxigênio Dissolvido (OD)

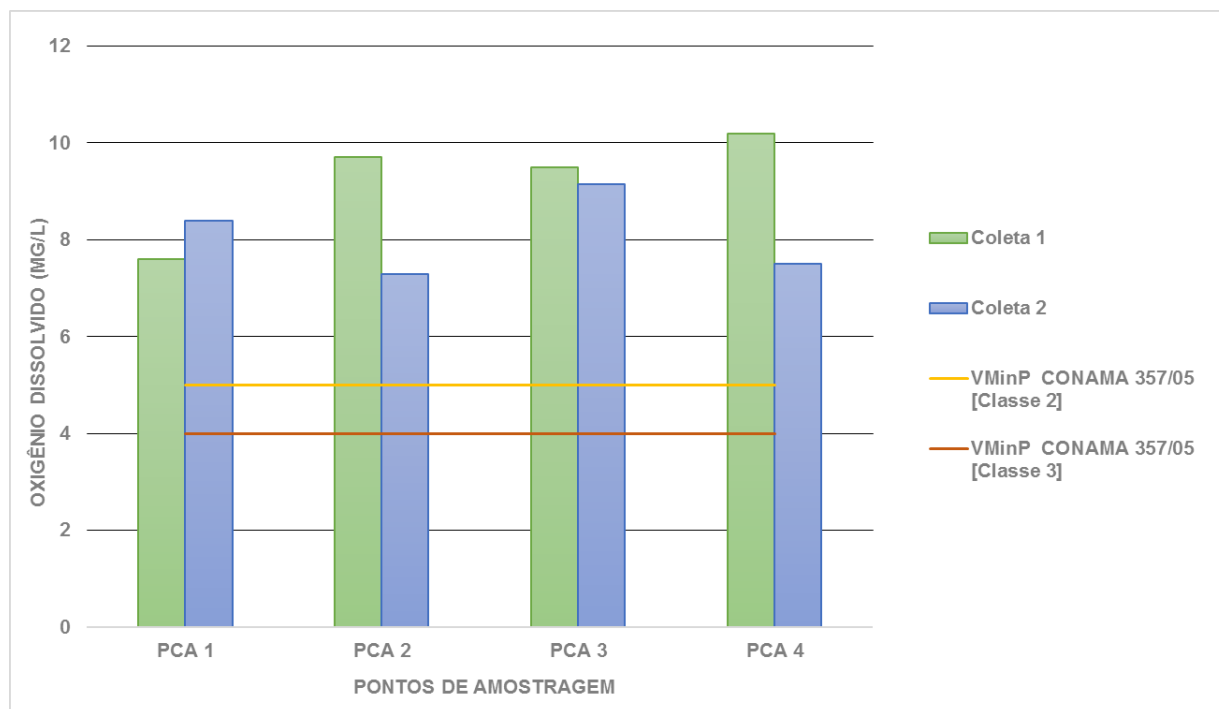
As campanhas amostrais tiveram sua concentração de oxigênio dissolvido apresentadas na tabela 19.

**Tabela 19. Valores de Oxigênio Dissolvido nas águas do rio Alegria.**

<b>Parâmetro: Oxigênio Dissolvido (mg.L<sup>-1</sup>)</b>				
Coleta	Ponto de Coleta			
	<b>PCA 1</b>	<b>PCA 2</b>	<b>PCA 3</b>	<b>PCA 4</b>
Coleta 1	7,6	9,7	9,5	10,2
Coleta 2	8,4	7,3	9,15	7,5

**Fonte: Aatoria Própria, (2018).**

Observou-se que as concentrações de oxigênio dissolvido, em todos os pontos de coleta, acima dos VMP da CONAMA 357/05, com variações de sazonalidade mais expressivas nos pontos PCA 2 e 3. Tal fato deve-se principalmente ao relevo dos pontos de coleta de amostra, onde formam-se pequenas cascatas após o PCA 3 possibilitando, assim, o aumento da oxigenação por meio de aeração. Os valores atendem os parâmetros de classe 3 e 2 que são atribuídos ao Rio Alegria, sendo estas concentrações maior ou iguais a 5 e 4 respectivamente. A figura 13 mostra os valores expostos na tabela 19 juntamente com linhas de meta para o corpo hídrico, representando os parâmetros desejáveis pela CONAMA 357/05.



**Figura 13. Valores de Oxigênio Dissolvido nas águas do rio Alegria em relação a CONAMA 357/05.**

Fonte: Aatoria Própria, (2018).

#### 5.2.4 Série do Nitrogênio

A disposição de nitrogênio nos corpos hídricos possui deve ser vista com destaque uma vez que a presença deste elemento é o responsável pela diminuição do oxigênio dissolvido, devido ao consumo deste por bactérias aeróbias e desencadeador de processos de eutrofização, consequência do fato citado anteriormente. A presença de nitrogênio nos corpos hídricos também pode ser um indicador fontes pontuais de poluição e despejos recentes de efluentes. Além destes fatores, segundo a Agência Nacional das Águas (2018), o escoamento superficial de solos agrícolas em solos onde foram aplicados fertilizantes são uma fonte extensa de compostos nitrogenados. Segundo Von Sperling (2005) as fontes de nitrogênio podem funcionar como indicadores de poluição recente e remota conforme mostrado na tabela 20.

Tabela 20. Formas de nitrogênio predominantes em diversas formas de poluição.

Condição	Forma predominante de nitrogênio
Esgoto Bruto	Nitrogênio orgânico, amônia
Poluição recente em curso d'água	Nitrogênio orgânico, amônia
Poluição média em curso d'água	Orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato
Poluição remota em curso d'água	Nitrato
Efluente de tratamento sem nitrificação	Amoniacal
Efluente de tratamento com nitrificação	Nitrato
Efluente nitrificado e desnitrificado	Concentração mais reduzida de todas as formas de nitrogênio

Fonte: Von Sperling, 1996

### 5.2.5 Nitrito

A tabela 21 apresenta os índices de Nitrito  $\text{NO}_2^-$  aferidos durante as campanhas de amostragem.

Tabela 21. Valores de Nitrito nas águas do rio Alegria.

Parâmetro: Nitrito $\text{NO}_2^-$ (mg.L <sup>-1</sup> )				
Coleta	Ponto de Coleta			
	PCA 1	PCA 2	PCA 3	PCA 4
Coleta 1	Menor que 0,05	Menor que 0,05	0,2	0,25
Coleta 2	Menor que 0,05	Menor que 0,05	0,2	0,24

Fonte: Autoria Própria, (2018).

Os valores encontrados estão dentro da CONAMA 357/05, uma vez que o limite deste parâmetro é de 1,0 mg.L<sup>-1</sup> para corpos hídricos classe 2 e 3, estando assim todos os pontos em conformidade. A figura 14 demonstra os valores aferidos e a linha de meta, os pontos PCA 1 e PCA 2 apresentaram valores abaixo dos limites de detecção do método de aferição utilizado. Os índices maiores nos pontos PCA 3 e PCA 4 são justificáveis devido aos despejos pontuais de efluentes antes destes pontos, evidenciando um potencial de eutrofização maior no PCA 4 uma vez que segundo as análises, o fator de autodepuração do corpo hídrico não foi capaz de reduzir a carga orgânica de nitrito dos despejos de efluentes próximos ao PCA 3.

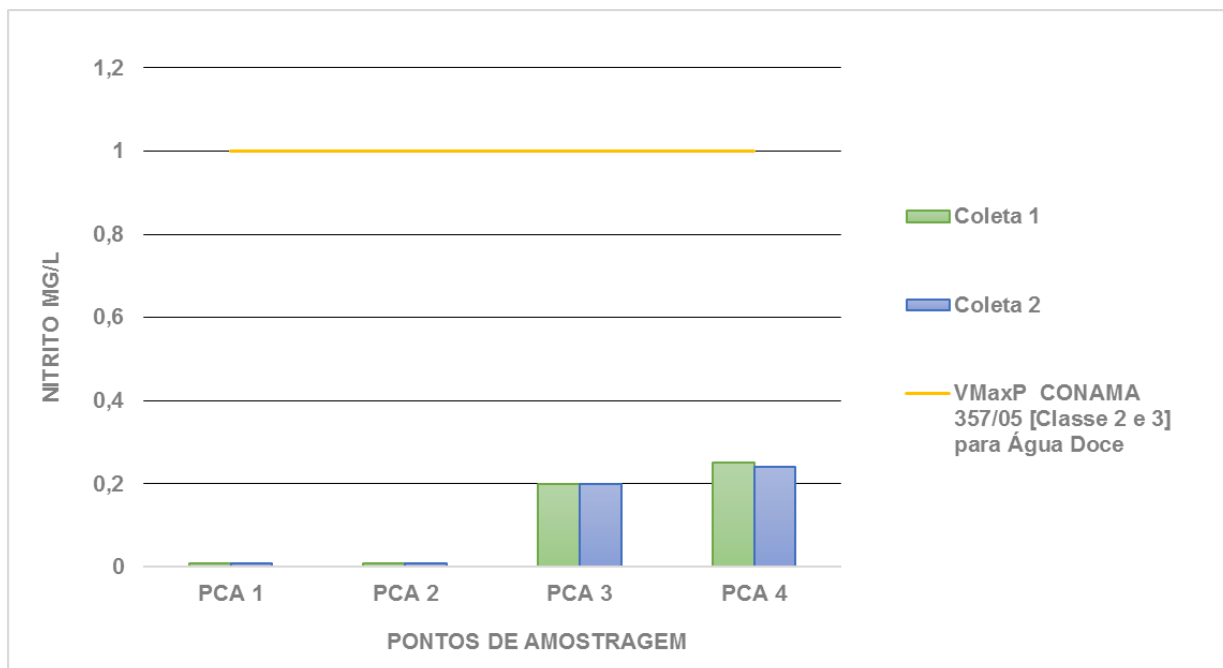


Figura 14. Valores de Nitrito nas águas do rio Alegria conforme a resolução CONAMA 357/05. Fonte: Autorial Própria, (2018).

#### 5.2.6 Nitrato

De forma semelhante aos índices de Nitrito, o Nitrato  $\text{NO}_3^-$  não apresentou resultados fora da resolução CONAMA 357/05, tampouco variações expressivas devido a sazonalidade. Contudo seguiu o comportamento das análises de Nitrito para os pontos PCA 3 e PCA 4, mais uma vez evidenciando a não efetividade da autodepuração do corpo hídrico para este nutriente e sendo justificado devido aos despejos de efluentes próximos ao PCA 3. Os valores aferidos estão expostos na figura 15.

Tabela 22. Valores de Nitrato nas águas do rio Alegria.

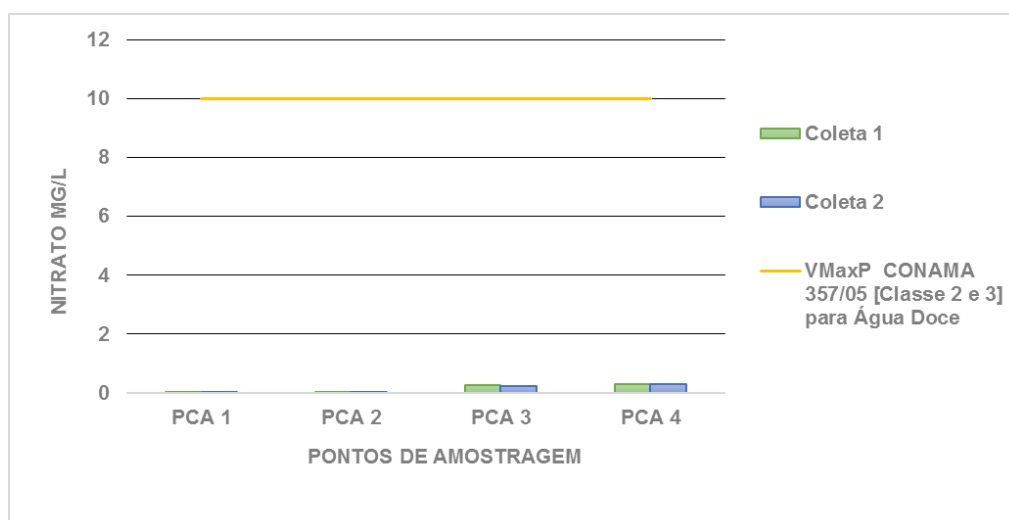
Parâmetro: Nitrato $\text{NO}_3^-$ (mg.L <sup>-1</sup> )				
Coleta	Ponto de Coleta			
	PCA 1	PCA 2	PCA 3	PCA 4
Coleta 1	Menor que 0,05	Menor que 0,05	0,26	0,31
Coleta 2	Menor que 0,05	Menor que 0,05	0,23	0,31

Fonte: Autorial Própria, (2018).

O limite máximo permissível para este nutriente em corpos hídricos de classe 2, segundo a resolução CONAMA 357/05 é de 10,0 mg.L<sup>-1</sup>. A figura 15 ilustra os



resultados juntamente com a linha de meta definida pela resolução. Apesar do Rio Alegria ser um corpo hídrico de classe 2 e 3, utiliza-se a legislação mais restritiva para determinação dos valores limites de contaminantes, no caso os parâmetros definidos para corpos hídricos de classe 2.



**Figura 15. Valores de Nitrato nas águas do rio Alegria conforme a resolução CONAMA 357/05.**

**Fonte: Autoria Própria, (2018).**

É possível observar que os teores estão muito abaixo do VMaxP da CONAMA 357/05, apresentando índices sensivelmente mais elevados nos pontos PCA 3 e PCA 4 possivelmente devido aos despejos pontuais próximos do PCA 3.

### 5.2.7 Nitrogênio Amoniacal

Os VMaxP de nitrogênio amoniacal em corpos hídricos dependem exclusivamente do seu pH, segundo a resolução CONAMA 357/05. Como o Rio Alegria possui duas classificações, utilizaremos o enquadramento referente a rios de classe 2, uma vez que este é o mais restritivo. Para tal, os valores de nitrogênio amoniacal devem ser iguais aos demonstrados na tabela 23.

**Tabela 23. . Limites permissíveis de nitrogênio amoniacal com base no pH.**

Valor em mg.L <sup>-1</sup>	Limite/ Faixa de pH
3,7	pH 7,5 ou menor
2	pH entre 7,5 e 8,0
1	pH entre 8,0 e 8,5
0,5	pH maior que 8,5

Fonte: Adaptado da resolução CONAMA 357/05.

A tabela 24 mostra os valores aferidos durante as campanhas de coleta para o nitrogênio amoniacal total.

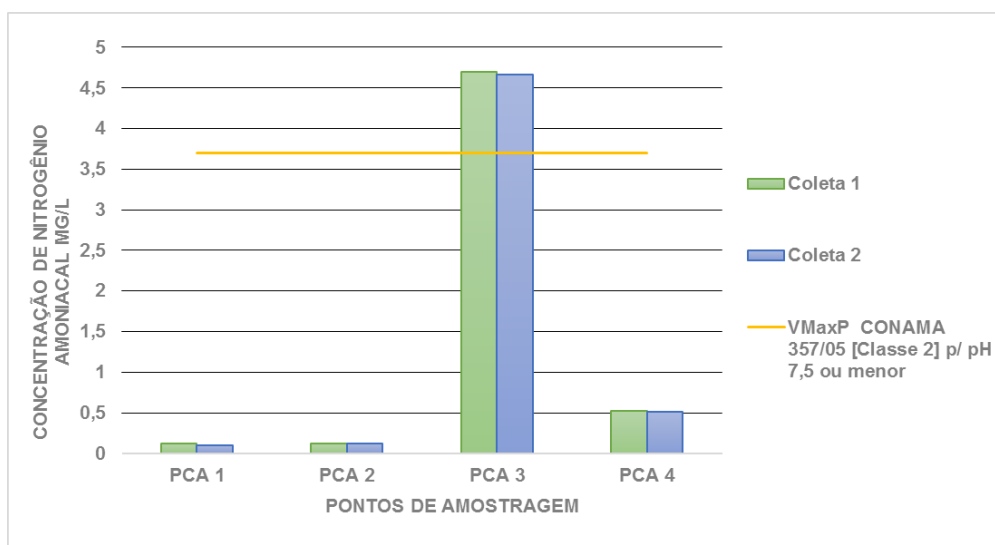
**Tabela 24. Valores de Nitrogênio Amoniacal nas águas do rio Alegria.**

Parâmetro: Nitrogênio Amoniacal (mg.L <sup>-1</sup> )				
Coleta	Ponto de Coleta			
	PCA 1	PCA 2	PCA 3	PCA 4
Coleta 1	0,12	0,12	4,7	0,52
Coleta 2	0,1	0,12	4,67	0,51

Fonte: Autoria Própria, (2018).

Com base no pH e nos parâmetros estabelecidos pela resolução CONAMA 357/05, observa-se que o ponto PCA 3 está em não conformidade com o desejável. O ponto PCA 3 possui pH médio, com base nas duas coletas de 6,15, portanto o VMaxP deste parâmetro é de 3,7 mg.L<sup>-1</sup>. Tal valor é talvez esteja relacionado aos despejos de efluentes de fontes pontuais, próximos ao PCA 3, reforçados pelos teores de nitrito e nitrato que apareceram em teores mais elevados a partir do PCA 3 em diante.

Neste parâmetro o potencial de autodepuração do corpo hídrico mostrou-se eficiente uma vez que os resultados do PCA 4 foram satisfatórios. A figura 16 representa os pontos de amostragem e suas respectivas concentrações, destacando como linha de meta o limite de concentração para o pH 7,5 ou menor, faixa a qual se enquadra todas as amostras.



**Figura 16. Valores de nitrogênio amoniacal nas águas do rio Alegria conforma a resolução CONAMA 357/05.**

Fonte: Aatoria Própria, (2018)

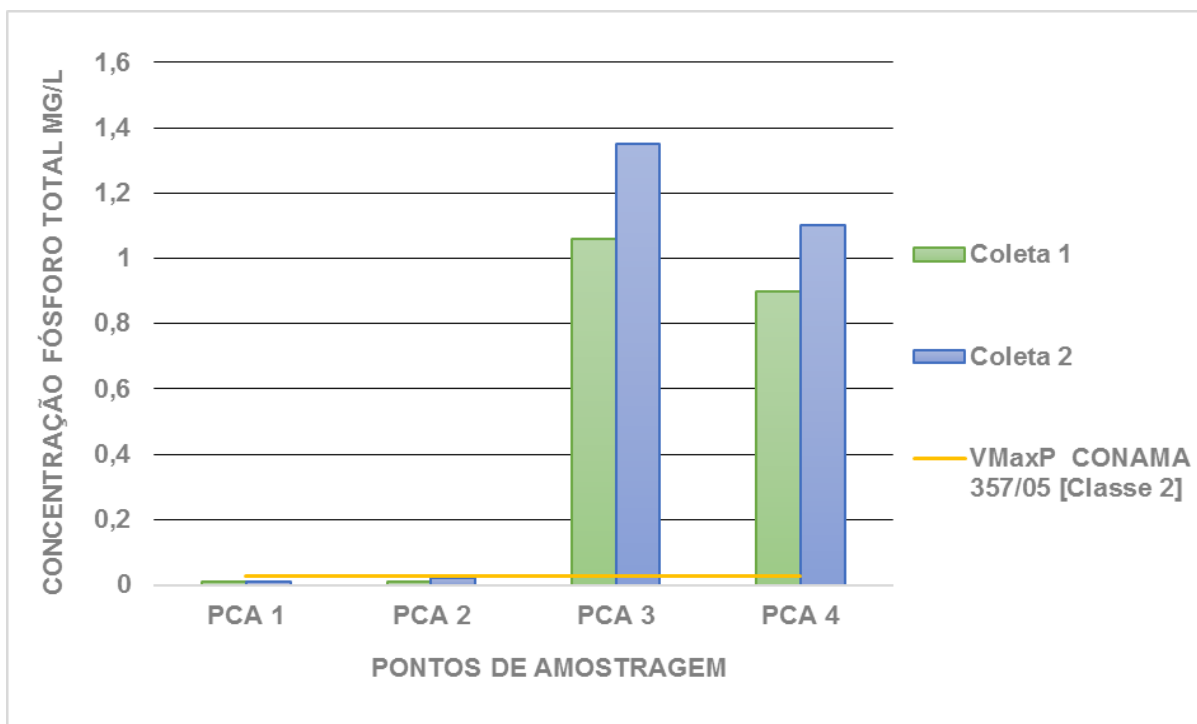
#### 5.2.8 Fósforo Total

A tabela 24 apresenta os índices de fósforo total aferidos durante as campanhas de amostragem e a figura 17 a comparação destes índices com a resolução 357/05.

**Tabela 25. Valores de Fósforo Total nas águas do rio Alegria.**

Parâmetro: Fósforo Total (mg.L <sup>-1</sup> )				
Coleta	Ponto de Coleta			
	PCA 1	PCA 2	PCA 3	PCA 4
Coleta 1	<0,01	<0,01	1,06	0,9
Coleta 2	<0,01	0,02	1,35	1,1

Fonte: Aatoria Própria, (2018).



**Figura 17.** Valores de Fósforo Total nas águas do rio Alegria em correlação a CONAMA 357/05. Fonte: Autoria Própria, (2018).

O Fósforo, juntamente com o nitrogênio desempenha papel essencial nos processos de eutrofização dos corpos hídricos uma vez que este é fonte de nutrientes para os microorganismos fotosintéticos e consequente aumento de clorofila no local. Apesar de servir como fonte de nutriente haverá um ponto de saturação para a distribuição de oxigênio à ser atingido, que é onde o processo de eutrofização inicia-se. É observável que os pontos de amostragem PCA 3 e PCA 4 estão acima dos limites permissíveis para a resolução CONAMA 357/05. Tal fato deve-se aos despejos pontuais que ocorrem nas proximidades de ponto PCA 3, uma vez que os teores destes são mais altos que de PCA 4, evidenciando também que o corpo hídrico não tem efetividade na autodepuração até a chegada da coluna d'água no PCA 4. Fato deve-se aos índices permanecerem semelhantes. Em relação a sazonalidade foram observados índices com discrepância considerável (aumento) na segunda coleta.

### 5.3 Resumo dos Parâmetros Físico-Químicos da Coluna d'água

A tabela 26 apresenta um resumo, com as médias dos parâmetros físico químicos aferidos e seus respectivos enquadramentos na resolução CONAMA 357/05.

**Tabela 26. Resumo dos parâmetros da coluna d'água nos pontos de amostragem.**

DADOS		PONTOS DE COLETA DE AMOSTRAS			
PARÂMETRO	INFERÊNCIA	PCA 1	PCA 2	PCA 3	PCA 4
pH		6,65	6,4	<b>6,15</b>	6,95
Alcalinidade mg.L <sup>-1</sup>		25,19	23,22	48,90	41,5
Oxigênio Dissolvido mg.L <sup>-1</sup>		7,5	8,5	9,325	8,85
Nitrito mg.L <sup>-1</sup>	Média	<0,05	<0,05	0,2	0,245
Nitrato mg.L <sup>-1</sup>		0,05	0,05	0,245	0,31
Nitrogênio Amoniacal mg.L <sup>-1</sup>		0,11	0,12	<b>4,685</b>	0,515
Fósforo Total mg.L <sup>-1</sup>		<0,01	<0,01	<b>1,20</b>	<b>1,0</b>
Conformidade com os padrões Classe 2 (CONAMA 357/05)					
		<b>Sim</b>	<b>Sim</b>	<b>Não</b>	<b>Não</b>

Fonte: Autoria Própria, (2018).

## 5.4 RESULTADOS DAS AVALIAÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS DOS SEDIMENTOS

### 5.4.1 Matéria Orgânica (MO) e Carbono Orgânico Total (COT)

A tabela 27 demonstra os valores em porcentagem da matéria orgânica e de carbono orgânico total nas amostras de sedimentos coletadas.

**Tabela 27. Valores de Carbono Orgânico Total e Matéria Orgânica.**

<b>Parâmetro: Carbono Orgânico Total (%)</b>				
Coleta	Ponto de Coleta			
	<b>PCA 1</b>	<b>PCA 2</b>	<b>PCA 3</b>	<b>PCA 4</b>
Coleta 1	2,34	2,24	1,32	1,65
Coleta 2	2,06	2,22	1,83	1,45
<b>Parâmetro: Matéria Orgânica Total (%)</b>				
Coleta	Ponto de Coleta			
	<b>PCA 1</b>	<b>PCA 2</b>	<b>PCA 3</b>	<b>PCA 4</b>
Coleta 1	4,04	3,86	2,28	2,85
Coleta 2	3,55	3,83	3,16	2,5

Fonte: Autoria Própria, (2018).

Os pontos PCA 1 e PCA 2 apresentaram maiores teores de COT e MO. Em relação a sazonalidade observa-se que tanto o COT quanto a MO apresentou valores superiores durante a coleta 1 (campanha de inverno), com a exceção do PCA 3 onde estes valores foram superiores na coleta 2.

As diretrizes da CONAMA 454/12, indica como valor de alerta caso o teor de COT seja de 10% do total aferido. Portanto os valores aferidos não representam riscos ao meio hídrico analisado.

Os teores de matéria orgânica no sedimento apresentaram-se inferiores a 10%. Teores de matéria orgânica inferiores a 10% caracterizam o sedimento de fundo como inorgânico fazendo com que minerais tenham facilidade de dissolução na coluna d'água, portanto favorecendo a remobilização dos metais-traço na coluna d'água CAMPAGNA et al. (2008).

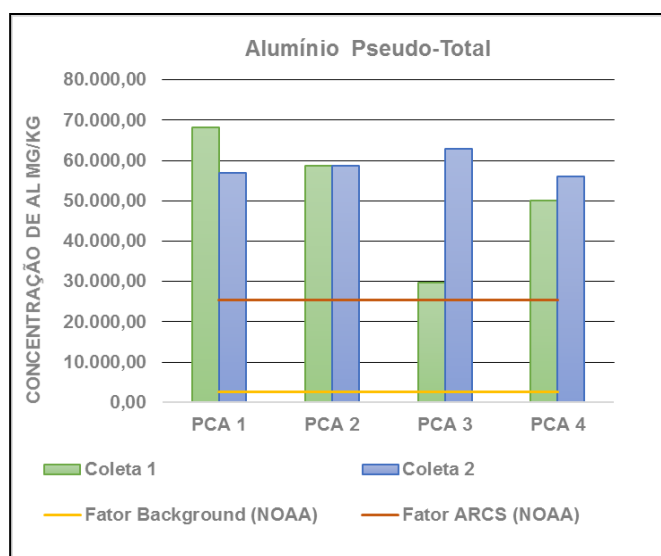
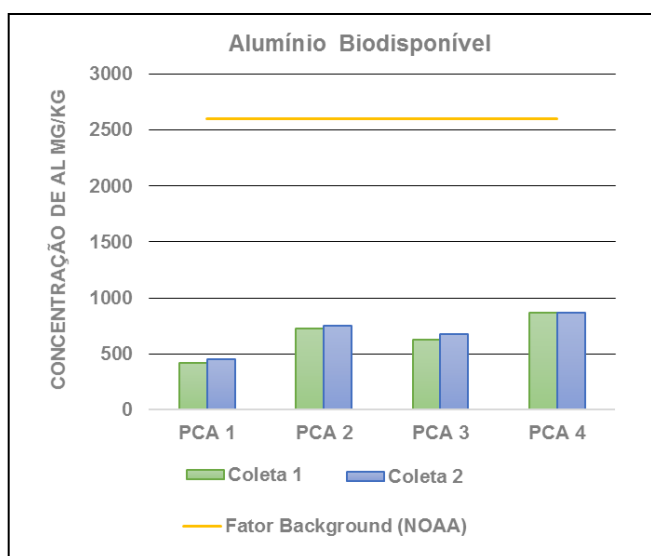
#### 5.4.2 Teores de Alumínio no Sedimento

Os teores de alumínio biodisponível e pseudo-total estão dispostos na tabela 28 e suas correlações com as legislações supracitadas nos itens 3.6.1 até 3.6.3 do trabalho, estão demonstrados na figura 18.

**Tabela 28. Teores de Alumínio no Sedimento.**

Alumínio				
Pseudo-Total (mg/Kg <sup>-1</sup> )				
Coleta	Ponto de Coleta			
	PCA 1	PCA 2	PCA 3	PCA 4
Coleta 1	68.085,85	58.725	29.610,85	50.166,51
Coleta 2	57.005,66	58.686	62.966,04	56.012,26
Biodisponível (mg/Kg <sup>-1</sup> )				
Coleta	Ponto de Coleta			
	PCA 1	PCA 2	PCA 3	PCA 4
Coleta 1	422,48	726,11	623,08	865,85
Coleta 2	453,03	754,29	680,09	868,21

Fonte: Autoria Própria, (2018).



**Figura 18. Valores de Alumínio Biodisponível e Pseudo-Total em correlação com legislações.**  
Fonte: Autoria Própria, (2018).

Para os teores de alumínio utilizou-se a legislação estadunidense da NOAA, uma vez que o Alumínio não é contemplado na legislação canadense sugerida pela CONAMA 454/12 (VQGS). Em relação a sazonalidade não se observou grandes variações no alumínio disponível, entretanto os teores de alumínio pseudo-totais tiveram grandes variações sazonais, apresentando teores mais elevados na campanha realizada na primavera, com exceção do ponto PCA 2. É importante ressaltar que a fração biodisponível é aquela com capacidade de impactar os seres do meio aquático.

Ainda em relação a legislação estadunidense o fator de background na parcela disponível de alumínio evidenciou que os teores deste estão muito abaixo de concentrações onde há efeitos nocivos para a biota. Na parcela pseudo-disponível o fator ARCS da legislação estadunidense foi excedido de forma considerável em todas as coletas, entretanto estes não representam a parcela disponível do metal, ou parcela nociva a biota aquática, mas deve-se atentar para a possível remobilização do sedimento, podendo tornar a parcela pseudo-disponível em biodisponível.



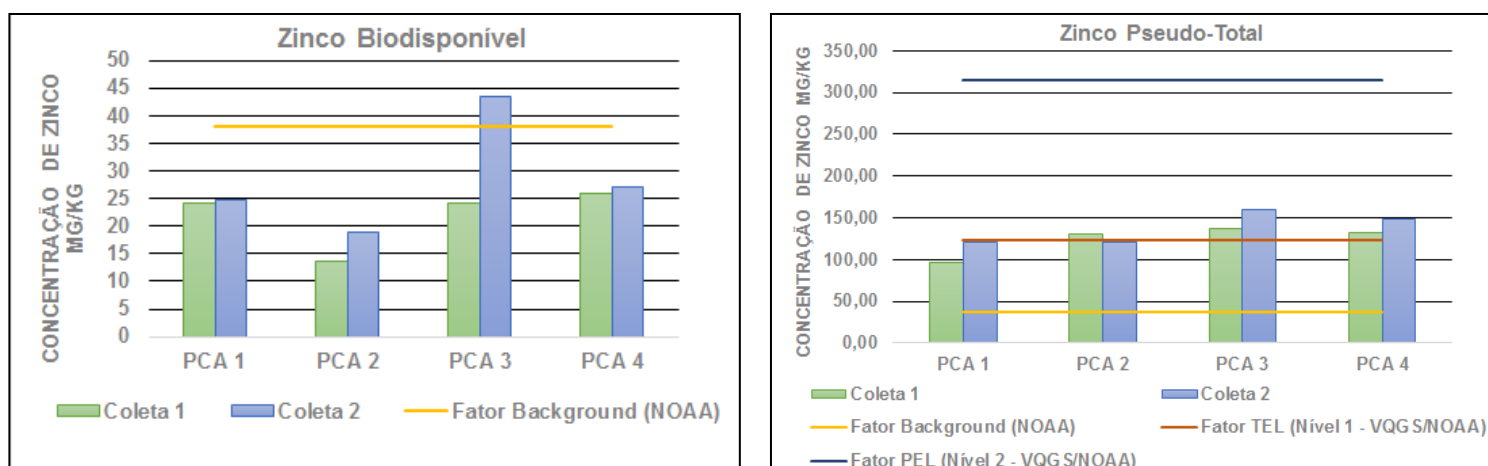
### 5.4.3 Teores de Zinco no Sedimento

Os teores de zinco biodisponível e pseudo-total estão dispostos na tabela 29 e suas correlações com as legislações supracitadas nos itens 3.6.1 até 3.6.3, estão demonstrados na figura 19.

**Tabela 29. Valores de Zinco Biodisponível e Pseudo-Total.**

Zinco				
Pseudo-Total (mg.Kg <sup>-1</sup> )				
Coleta	Ponto de Coleta			
	PCA 1	PCA 2	PCA 3	PCA 4
Coleta 1	96,53	130	137,44	133,00
Coleta 2	120,09	120	159,16	149,02
Biodisponível (mg/Kg <sup>-1</sup> )				
Coleta	Ponto de Coleta			
	PCA 1	PCA 2	PCA 3	PCA 4
Coleta 1	24,11	13,64	24,04	26
Coleta 2	24,79	18,88	43,47	27,09

Fonte: Autoria Própria, (2018).



**Figura 19. Valores de Zinco Biodisponível e Pseudo-Total em correlação com legislações.**

Fonte: Autoria Própria, (2018).

Nos teores de Zinco foi possível utilizar ambas as legislações supracitadas nos itens 3.6.1 até 3.6.3. Em relação a sazonalidade, conclui-se que em ambas as parcelas houve pouca variação, com exceção ao PCA 3 na parcela biodisponível, que apresentou teores muito maiores na segunda coleta. Em termos gerais a fração biodisponível ficou em sua grande maioria abaixo dos valores de background da legislação NOAA, entretanto a coleta 2 do PCA 3 evidenciou valores acima do limite de segurança estabelecidos pela margem background na parcela disponível destes metais. Na parcela pseudo-total do zinco observa-se valores acima do limite de background em todos os parâmetros, mas, ressaltando que esta não é a parcela que afeta diretamente a biota. O fator TEL de nível 1 foi atingido em todas as análises do zinco pseudo-disponível, entretanto ficou muito distante do nível PEL que é o que representa danos consideráveis a biota. Quando as demais classificações da legislação NOAA, tais não foram atingidas em nenhuma das parcelas.

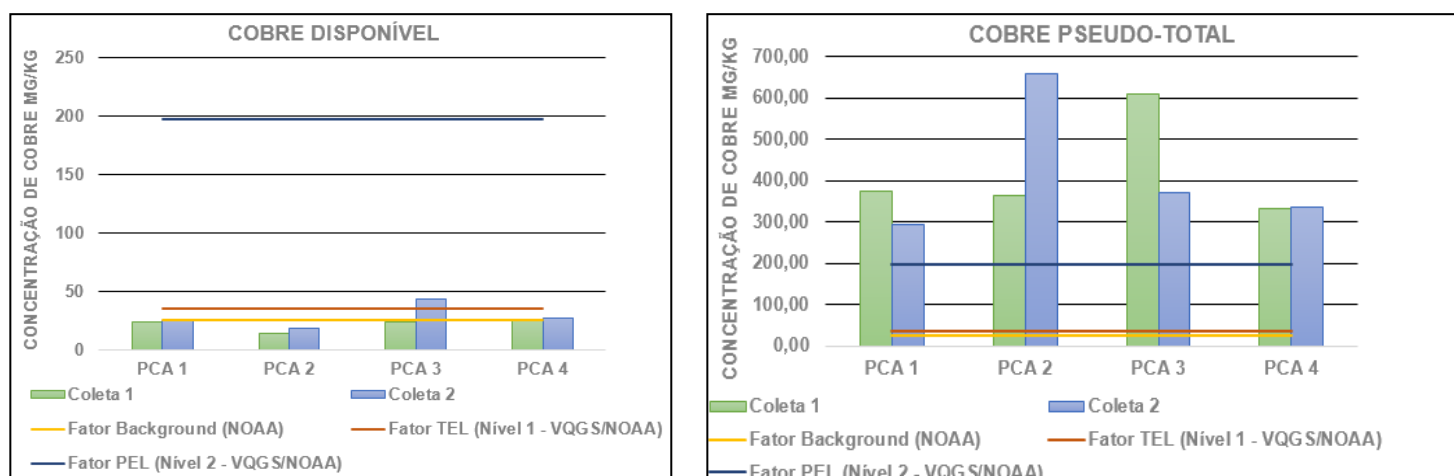
#### 5.4.4 Teores de Cobre no Sedimento

Os teores de cobre biodisponível e pseudo-total estão dispostos na tabela 30 e suas correlações com as legislações supracitadas nos itens 3.6.1 até 3.6.3 estão demonstrados na figura 20.

**Tabela 30. Valores de Cobre Biodisponível e Pseudo-Total.**

Cobre				
Pseudo-Total (mg/Kg <sup>-1</sup> )				
Coleta	Ponto de Coleta			
	PCA 1	PCA 2	PCA 3	PCA 4
Coleta 1	375,56	363	608,94	331,75
Coleta 2	293,68	658	372,01	335,64
Biodisponível (mg/Kg <sup>-1</sup> )				
Coleta	Ponto de Coleta			
	PCA 1	PCA 2	PCA 3	PCA 4
Coleta 1	24,66	32,77	58,34	41,83
Coleta 2	29,35	37,28	67,03	42,29

Fonte: Autoria Própria, (2018).



**Figura 20. Valores de Cobre Biodisponível e Pseudo-Total em correlação com legislações.**  
**Fonte: Autoria Própria, (2018).**

Para concentrações de Cobre é possível utilizar ambas as legislações supracitadas. Em relação a sazonalidade apresentaram-se variações significativas (para mais) nos pontos PCA 2 e PCA 3, durante a coleta 2 e 1 respectivamente. Todos os valores de concentração do cobre pseudo-total ultrapassaram o valor de background da NOAA, mesmo sendo adotado o valor de limiar máximo da faixa (25), e ultrapassaram também o fator TEL e PEL.

Na parcela biodisponível o PCA 3 apresentou, durante a segunda coleta valores superiores ao fator TEL, evidenciando assim possível impacto ambiental adverso na biota aquática devido aos teores deste metal.

#### 5.4.5 Teores de Cromo no Sedimento

Os teores de cromo biodisponível e pseudo-total estão dispostos na tabela 31 e suas correlações com as legislações supracitadas nos itens 3.6.1 até 3.6.3 estão demonstrados na figura 21.

Tabela 31. Valores de Cromo Biodisponível e Pseudo-Total.

Cromo				
Pseudo-Total (mg/Kg <sup>-1</sup> )				
Coleta	Ponto de Coleta			
	PCA 1	PCA 2	PCA 3	PCA 4
Coleta 1	136,11	99	127,07	110,59
Coleta 2	107,59	87	119,30	109,51
Biodisponível (mg/Kg <sup>-1</sup> )				
Coleta	Ponto de Coleta			
	PCA 1	PCA 2	PCA 3	PCA 4
Coleta 1	2	2,47	2,74	2,86
Coleta 2	1,97	2,55	2,15	2,9

Fonte: Autoria Própria, (2018).

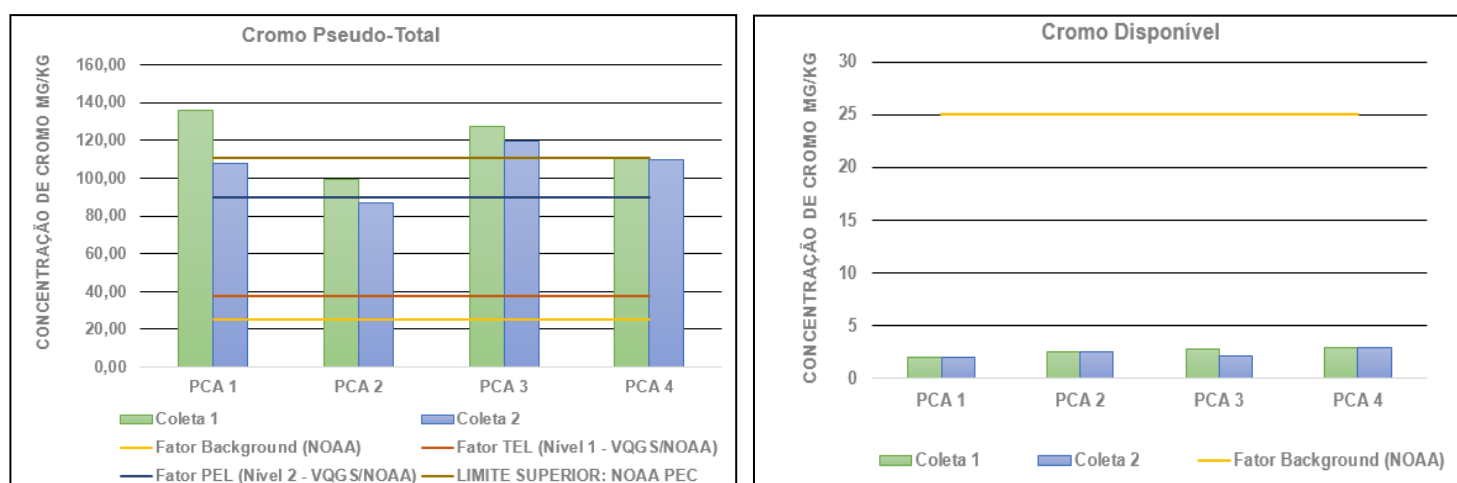


Figura 21. Valores de Cromo Biodisponível e Pseudo-Total em correlação com legislações.

Fonte: Autoria Própria, (2018).

Dentre os metais analisados o Cromo foi o que apresentou teores mais preocupantes. Em relação a sua sazonalidade não se observou variações significativas. A parcela de Cromo disponível está muito abaixo do fator background da NOAA, portanto está distante de oferecer risco a biota aquática. Entretanto deve-se atentar para os teores pseudo-totais deste metal, que excederam quase todos os níveis da legislação NOAA bem como os níveis máximos da legislação canadense. Tal atenção deve-se ao fato de o sedimento ser capaz de liberar, em determinadas condições o metal que está armazenado a ele na coluna da água e possivelmente de forma biodisponível (nociva a biota aquática). A coleta 2 do PCA 2, se apresentou abaixo do nível PEL e o PCA 1 que ficou abaixo do limite superior PEC da legislação

NOAA. Os pontos do PCA 4 em ambas as campanhas de coleta ficaram muito próximos do limite superior NOAA PEC.

#### 5.4.6 pH dos Sedimentos

Os valores de PH dos sedimentos foram aferidos pelo método do KCL da Embrapa e são apresentados na tabela 32.

**Tabela 32. Valores de pH no sedimento.**

<b>Parâmetro: pH dos sedimentos</b>				
Coleta	Ponto de Coleta			
	<b>PCA 1</b>	<b>PCA 2</b>	<b>PCA 3</b>	<b>PCA 4</b>
Coleta 1	6,36	5,50	6,51	6,31
Coleta 2	6,81	6,1	6,54	6,2

**Fonte: Autoria Própria, (2018).**

Os resultados de valores de pH para sedimentos apresentam-se de forma homogênea, sendo assim estes não possuem tendência de promover a liberação dos metais-traço contidos no sedimento para a coluna d'água novamente.

## 5.5 RESULTADOS GERAIS DAS ANÁLISES DE SEDIMENTOS

A tabela 31 representa os resultados de média de concentração de todos os metais em ( $\text{mg/Kg}^{-1}$ ), média de biodisponibilidade e as médias dos teores disponíveis e pseudo-totais aferidos.

Tabela 33. Resumo de amostragem de metais nos sedimentos do rio alegria para as duas campanhas amostrais.

DADOS			PONTOS DE COLETA DE AMOSTRAS			
<b>Cromo</b>	<b>INFERÊNCIA</b>	Média	<b>PCA 1</b>	<b>PCA 2</b>	<b>PCA 3</b>	<b>PCA 4</b>
	Disponíveis		1,985	2,51	2,445	2,88
	Pseudo-Totais (mg/kg)		121,85	93,145	123,185	110,05
	Média de Concentração (mg/kg)		Aproximadamente 87 a 136			
	Média de Biodisponibilidade (%)		Aproximadamente 1,47 a 2,92			
	Nº de amostras		2	2	2	2
<b>Zinco</b>	<b>INFERÊNCIA</b>	Média	<b>PCA 1</b>	<b>PCA 2</b>	<b>PCA 3</b>	<b>PCA 4</b>
	Disponíveis		24,45	16,26	34	26,5
	Pseudo-Totais		108,31	125,16	148,3	141,01
	Média de Concentração (mg/kg)		Aproximadamente 93,50 a 159,10			
	Média de Biodisponibilidade (%)		10,48 a 27,31			
	Nº de amostras		2	2	2	2
<b>Cobre</b>	<b>INFERÊNCIA</b>	Média	<b>PCA 1</b>	<b>PCA 2</b>	<b>PCA 3</b>	<b>PCA 4</b>
	Disponíveis		27,005	35,025	62,685	42,06
	Pseudo-Totais		334,28	510,635	490,475	333,695
	Média de Concentração (mg/kg)		Aproximadamente 93,50 a 159,10			
	Média de Biodisponibilidade (%)		5,60 a 18			
	Nº de amostras		2	2	2	2
<b>Alumínio</b>	<b>INFERÊNCIA</b>	Média	<b>PCA 1</b>	<b>PCA 2</b>	<b>PCA 3</b>	<b>PCA 4</b>
	Disponíveis		437,755	740,2	651,585	867,03
	Pseudo-Totais		62545,755	58705,895	46288,425	53089,385
	Média de Concentração (mg/kg)		29610,85 a 50166,51			
	Média de Biodisponibilidade (%)		Aproximadamente 0,60% a 1,70%			
	Nº de amostras		2	2	2	2

Fonte: Autoria Própria, (2018).

## 6 CONCLUSÃO

O plano da bacia do Paraná 3 estipula que o rio é de classe 2 e 3 (principalmente no PCA 2 e PCA 3), entretanto na análise de resultados prezou-se pela qualidade e excelência do corpo hídrico, utilizou-se então como parâmetro de conclusão a legislação mais restritiva. Com base nas análises físico-químicas da coluna d'água conclui-se que o Rio Alegria não está atendendo os parâmetros estipulados para rios de Classe 2 segundo a resolução CONAMA 357/05,

Tal deve-se aos pontos de coleta de amostra 2 e 3, resultado da possível variação de vazão ocasionada pela ETAm que, conseqüentemente pode ocasionar uma menor diluição dos poluentes. Tal fato deve-se também aos despejos pontuais da ETE<sub>m</sub>, ETE<sub>i</sub> somados aos despejos domésticos observados visualmente durante as coletas. Estes despejos pontuais citados contribuem para o aumento de carga orgânica e nutrientes no corpo hídrico, juntamente com alterações de pH e alcalinidade.

Quanto as análises de matéria orgânica e carbono orgânico total, conclui-se que os teores de matéria orgânica classificam o sedimento de fundo como inorgânico e por apresentarem teores de COT inferiores a 10% não apresentam riscos ao corpo hídrico, de acordo com as legislações utilizadas.

A partir das análises de metais é possível concluir que os teores de metais biodisponíveis não apresentam alto risco ao corpo hídrico sendo o limite TEL atingido com um limiar sensível no PCA 3 durante a coleta 2 e os teores de Zinco estão ultrapassando o teor de *background* da legislação NOAA. Entretanto as parcelas de metais pseudo-totais, principalmente o cobre e cromo estão em níveis considerados perigosos. A parcela pseudo-total não representa risco imediato para a biota, entretanto a alta concentração deste nos sedimentos gera um alerta para fatores de ressuspensão e dissolução dos sedimentos, liberando assim estes metais na coluna d'água novamente e de forma nociva (biodisponível).

## REFERÊNCIAS

AMARAL\*, Atanásio Alves Do; PIRES, Sérgio Ceotto; FERRARI4, Jéferson Luiz. **Qualidade da água e do sedimento de fundo de alguns córregos do município de Castelo**, Estado do Espírito Santo. **Revista Agro@ambiente On-line**, Roraima, v. 8, n. 2, p. 194-203, ago. 2004.

AMON, R M W; BERNNER, R B. **Bacterial Utilization of Different Size Classes of Dissolved Organic Matter**. **Limnology and Oceanography**, v. 41 n. 1, p. 41-51. 1996

ANDRADE1, Aparecido Ribeiro De; FELCHAK2, E Ivo Marcelo. A POLUIÇÃO URBANA E O IMPACTO NA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO DAS ANTAS - IRATI/PR. **Revista Eletrônica do Curso de Geografia - UFG**, Jataí, v. 12, n. 1, p. 1-25, jan./jun. 2009.

APHA, AWWA, WEF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21 Ed. Washington/D.C, American Public Health Association, 2005.

Artinger, R., Buckau, G., Geyer, S., Fritz, P., Wolf, M. and Kim, J. I. (2000) **Characterization of groundwater humic substances: influence of sedimentary organic carbon**. *Appl. Geochem.* 15, 97–116.

ASANO, T. et al. **Engenharia sanitária e ambiental: Water Reuse: Issues, Technologies, and Applications**. 2007 ed. UFRGS: IPH, 2007. 248 p.

BEM, CARLA CRISTINA. **MACROINVERTEBRADOS BENTO NÍCOLAS - Estratégia De Monitoramento Para A Gestão De Recursos Hídricos**. -, [S.L], p. 1-177, jan. 2015. Disponível em: <repositório.utfpr>. Acesso em: 01 jan. 2018.

BEM, Carla Cristina; AZEVEDO, Júlio César Rodrigues De; FERNANDES, Cristóvão V. S.. **AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DA MATÉRIA ORGÂNICA EM UMA BACIA URBANA – Estudo de caso da Bacia do rio Barigui**. **XIX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS**, Maceió, v. 1, n. 1, p. 1-16, jan. 2011

BENETTI, A.; BIDONE, F. **O meio ambiente e os recursos hídricos**. IN: TUCCI, C. E. M. *Hidrologia: ciência e aplicação*. Porto Alegre: Ed. da Universidade/UFRGS/ABRH, 1995. p. 669

BENNETTI, A; BIDONE, F. *O meio a ciência e aplicação*. Porto Alegre ambiente e os recursos hídricos. **UFRGS/ABRH**, UFRGS, mar./dez. 1995.

BRASIL, Ministério Do Meio Ambiente. *Bacias Hidrográficas do Paraná*. **Bacias Hidrográficas do Paraná**, Brasil, v. 1, n. 1, fev. 2017. Disponível em: <mma.org.br>. Acesso em: 01 jan. 2018.

BRILHANTE, Ogenis Magno. **SciELO books: Gestão e avaliação de risco em saúde ambiental**. 1 ed. Rio de Janeiro: FIOCRUZ, 1999. 199 p.



DANIELSSON, L. G. **On the use of filters for distinguishing between dissolved and particulate fractions in natural waters.** *Water. Res.*, 1982; v.16, p.103-82.

EDDY, METCALF &. **Tratamento de efluentes e recuperação de recursos..** 2016 ed. [S.L.: s.n.], 2016. 511 p.

FADIGAS1, F. D. S. et al. Proposição de valores de referência para a concentração natural de metais pesados em solos brasileiros. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 3, p. 699-705, jul./fev. 2006.

FERREIRA, Raquel Jussara Sá. DETERMINAÇÃO DE METAIS-TRAÇO EM SEDIMENTOS DE RIOS: CASO DA BACIA DO BAIXO ITAJAÍ-AÇU. -, Santa Catarina, v. 1, n. 1, jun. 2001. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/79773>>. Acesso em: 01 jan. 2018.

LAZZEREIS, SHEILA APARECIDA FRITSCH. AVALIAÇÃO E MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO RIO ALEGRIA. -, Medianeira, v. 1, n. 1, p. 1-35, fev. 2013.

LAZZEREIS, Sheila Aparecida Fritsch. **Avaliação e monitoramento da qualidade do rio alegria.** 2013. 34 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2013.

MENEGOL, S.; MUCELIN, C. A.; JUCHEN, C. R. Avaliações de características físico-químicas do leite do Rio Alegria. SANARE: **Revista Técnica da Sanepar.** 2007. Acesso em: 22/04/2017. Disponível em: <http://www.sanepar.com.br/sanepar/sanare/v18/Avcaractfisquim.htm>

MEYBECK, M. **Carbon, Nitrogen, and Phosphorus Transport by World Rivers Americans.** *Journal of Science*, vol. 282. 1982. P. 401-450.

MEYBECK, M. Carbon, Nitrogen, and Phosphorus Transport by World Rivers Americans. **Journal of Science**, vol. 282. 1982. P. 401-450.

MIERZWA, F. A poluição das águas. -, [S.L], mar./dez. 2001. Disponível em: <<http://www.phd.poli.usp.br/phd/grad/phd2218/material/Mierzwa/Aula4-OMeioAquaticoll.pdf>>. Acesso em: 01 jan. 2018.

MIERZWA, F. A poluição das águas. -, [S.L], mar./dez. 2001. Disponível em: <<http://www.phd.poli.usp.br/phd/grad/phd2218/material/Mierzwa/Aula4-OMeioAquaticoll.pdf>>. Acesso em: 01 jan. 2018.

O'CONNOR, D. J. **The temporal and spatial distribution of dissolved oxygen in streams.** *Water Resources.* v.3, n.65-79, 1967.

OLIVEIRA, BRUNA RAFAELA DE. AVALIAÇÃO DOS METAIS AMBIENTALMENTE DISPONÍVEIS EM AMOSTRAS DE SEDIMENTO DE PONTOS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO DE PALMAS, TO. -, Palmas Tocantins, v. 1, n. 1, p. 1-137, jan. 2012. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/85/85134/tde-08032013-144635/pt->

br.php>. Acesso em: 01 jun. 2018.

PIRES, Luis Eduardo ROBAINA Milton Luis L. FORMOSO Carlos Alberto Da F.. 35 METAIS PESADOS NOS SEDIMENTOS DE CORRENTE, COMO INDICADORES DE RISCO AMBIENTAL – VALE DO RIO DOS SINOS, RS. **Revista do Instituto Geológico**, Rio Grande do Sul, v. 23, n. 2, p. 34-47, jan. 2002.

POLLETO, Cristiano. Sedimentos Urbanos: Ambiente e Água. **HOLOS Enviroment**, Toledo, v. 11, n. 1, p. 1, jan. 2012.

RADICCHI, Antônio Leite Alves. A poluição na bacia aérea da região metropolitana de Belo Horizonte e sua repercussão na saúde da população. **Revista Brasileira de Estudos de População**, São Paulo, v. 29, n. 1, jun. 2012.

REBOUÇAS, A.C. **Águas Doce no Mundo e no Brasil**. In: **Águas Doces Do Brasil**. Aldo da Cunha Rebouças et al. (Org). Escrituras Editora, 1999.

RIBEIROI, M. L. et al. Contaminação de águas subterrâneas por pesticidas: avaliação preliminar. **Quím. Nova**, São Paulo, v. 30, n. 3, p. 1-8, mai./jun. 2017.

ROCHA1, C. et al. Metais Poluentes em Sedimentos Fluviais de Cursos D-agua sob Influência de Pecuária Leiteira no Estado de Goiás. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, BRASIL, v. 18, n. 4, p. 267-278, out./dez. 2013.

SCIELO. **Análise de fluorescência de substâncias húmicas extraídas da água, solo e sedimento da lagoa dos patos - ms**. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v31n6/a10v31n6.pdf>>. Acesso em: 01 jun. 2018.

SCIELO. **Análise de fluorescência de substâncias húmicas extraídas da água, solo e sedimento da lagoa dos patos - ms**. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v31n6/a10v31n6.pdf>>. Acesso em: 01 jun. 2018.

SCLIAR, M. Minamata. 2003. Disponível em: <<http://www.luispeaze.com/minamata.htm>>. Acesso em: 11/04/2017.

SILVA, Juliana Macedo Da; ZINI, Cláudia Alcaraz; CARAMÃO, Elina Bastos. Aplicação da cromatografia gasosa bidimensional abrangente com microdetector de captura de elétrons para determinação de agrotóxicos em sedimentos. **Química Nova**, São Paulo, v. 34, n. 6, p. 1-10, jan. 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422011000600009>>. Acesso em: 01 jun. 2018.

CARAMÃO. Microdetector de captura de elétrons para determinação de agrotóxicos em sedimentos. **Química Nova**, São Paulo, v. 34, n. 6, p. 1-10, jan. 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422011000600009>>. Acesso em: 01 jun. 2018.

SILVA, M.O.S. Análises físicos químicas para controle de estações tratamento de esgotos.. **Controle de estações tratamento de esgotos.**, [S.L], jan. 1990.

STEINBERG, C. **Ecology of Humic Substances in Freshwaters**. Berlin: Springer

Verlag, 2003. 440 p.

STEVENSON, F. J. **Humus Chemistry: Genesis, Composition and Reactions**. 2. ed. New York: John Wiley & Sons, 1994. 345p.

THURMAN E.M., MALCOM R.L., **Preparative Isolation of Aquatic Humic Substances. Environmental Science and Technology**, v.15, n.4, 1981.

TREVISANI, Thailisi Hoppe. Bioacumulação de metais pesados e avaliação na biota da Baía do Almirantado, Ilha do Rei George, Antártica.. **0**, São Paulo, p. 1-117, fev. 2014.

TRINDADE1, A. L. C. et al. Tendências temporais e espaciais da qualidade das águas superficiais da sub-bacia do Rio das Velhas, estado de Minas Gerais. **Eng Sanit Ambiental**, Minas Gerais, v. 22, n. 1, p. 1-14, fev. 2017.

TUCCI, Carlos. Águas Urbanas. **Estudos avançados**, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, v. 22, n. 63, p. 1-112, ago. 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ea/v22n63/v22n63a07.pdf>>. Acesso em: 01 jan. 2018.

SALOMONS, W. & FÖRSTNER, U. 1984. **Metals in the hydrocycle. Springer-Verlag, Berlin**, 349p.

FÖRSTNER, U. & WITTMANN, G.T.W. 1983. **Metal pollution in the aquatic environment**. SpringerVerlag, 2ª ed., 486 p.

SILVÉRIO, P. F. **Bases técnico-científicas para a derivação de valores-guias de qualidade de sedimentos para metais: experimentos de campo e laboratório**. 2003. 132p. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Carlos, São Paulo.

MOZETO, A.A.; WOELZ; JARDIM, W.F. **Método de coleta, análises físico-químicas e ensaios biológicos e ecotoxicológicos de sedimentos de água doce**. São Carlos, 2006.

BRANCO, Samuel Murguel & ROCHA, Aristides Almeida. 1987. **Elementos de ciências do Ambiente**. São Paulo; CETESB/ASCETESB.

BRASILd. **Lei das águas**, 9.433. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil/03/leis/l9433.htm>. Acessado em 05 de fevereiro de 2018.

BRASILE. **Política Nacional do Meio Ambiente.** Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm). Acessado em 08 de setembro de 2013

MUÑOZ. **Nota técnica sobre a atuação do Banco Mundial no gerenciamento de recursos hídricos no Brasil.** Interfaces da gestão de recursos Hídricos - Desafios da Lei de Águas. Brasília, 2000.

LIBÂNIO, P.A.C., CHERNICHARO, C.A.L. & NASCIMENTO, N.L. 2005. **A dimensão da qualidade de água: avaliação da relação entre indicadores sociais, de disponibilidade hídrica, de saneamento e de saúde pública.** Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental, 10: 219-228.

AGENCIA NACIONAL DE AGUAS – ANA. 2005. **Panorama da qualidade das águas superficiais no Brasil.** Agencia Nacional de Aguas, Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos. - Brasília: ANA, SPR.

APHA; AWWA; WPC – American Public Health Association, **American Water Works Association and Water Pollution Control.** Standard methods for the examination of water and wastewater. 20 th Ed., 1998

MOZETO, A. A.; UMBUZEIRO, G. A.; JARDIM, W. F. 2006. **Metodos de coleta, analises fisico-quimicas e ensaios biologicos e ecotoxicologicos de sedimentos de agua doce.** Cubo multimidia, Sao Carlos, 1.ed. 224p.

SANTOS, V. P. et al. **O papel dos poluentes atmosféricos sobre o peso ao nascer em cidade de médio porte Paulista.** Revista Paulista de Pediatria, v.32, n.4, p.306-12, 2014.

MIERZWA, F. **A poluição das águas. 2001.** Disponível em: < [http://www.phd.poli.usp.br/phd/grad/phd2218/material /Mierzwa/Aula4-OMeioAquaticoll.pdf](http://www.phd.poli.usp.br/phd/grad/phd2218/material/Mierzwa/Aula4-OMeioAquaticoll.pdf) >. Acesso em: 10/05/2018.

FOSTER A. W., Patterson C. J., Pernil R., Hess C. R., Robinson N. J. (2012) **Cytosolic Ni(II) sensor in cyanobacterium: nickel detection follows**

**nickel affinity across four families of metal sensors.** J. Biol. Chem. 287.

CONAMAc. RESOLUCAO CONAMA 454/2012. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acessado em 22 de junho de 2018.

CONAMAb. RESOLUCAO CONAMA 454/2012. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=445>. Acessado em 22 de junho de 2018.

CONAMAA. RESOLUCAO CONAMA 430/2011. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>. Acessado em 22 de junho de 2018.

BOYACIOGLU, H.; BOYACIOGLU, H. Investigation of temporal trends in hydrochemical quality of surface water in western turkey. Bull Environment Contam Toxicol, n.80, p. 469–474, 2008. BRITO, J. G. et al. **Avaliação da qualidade da água de rios da Amazônia Central**. In: Reunião anual da sociedade brasileira para o progresso da ciência, 2010, Natal. Rio de Janeiro: SBPC, 2010

SILVA, G. S; JARDIM, W. F. **Um novo índice de qualidade das águas para proteção da vida aquática aplicado ao Rio Atibaia**, região de Campinas/Paulínia SP. Química Nova, v. 29, 689-694, 2006.

ANA (Agência Nacional das Águas). Portal da Qualidade das Águas. Disponível em: <http://portalpnqa.ana.gov.br/default.aspx> - Acesso em 16 out 2017

TUNDISI, T., TUNDISI, M. 2008. Limnologia. OFICINA DE TEXTOS, 632 pg.

TOGOLA, A., BUDZINSKI, H. 2007. **Development of polar organic integrative samplers for analysis of pharmaceuticals in aquatic systems**. Analytical Chemistry Acta, 79 (17): 6734-6741.

TRINDADE, A.L.C. (2013) **Aplicação de técnicas estatísticas para avaliação de**

**dados de monitoramento de qualidade das águas superficiais da porção mineira da bacia do Rio São Francisco.** 2013. 165 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS – IGAM. (2011). Monitoramento da qualidade da água. Disponível em: <<http://www.igam.mg.gov.br/component/content/article/3302.novacategoria/1523-monitoramento-da-qualidade-das-aguas>>. Acesso em: 1.º jul. 2011.

CHRISTOFARO, C.; LEÃO, M.M.D. (2009) **Caracterização temporal do arsênio nos cursos d'água da bacia hidrográfica do Rio das Velhas, MG, Brasil, ao longo de uma década (1998-2007).** Revista Ambiente e Água: an Interdisciplinary Journal of Applied Science, v. 4, n. 3, p. 54-66.

UNITED STATE ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – USEPA. (2006) **Data quality assessment: statistical methods for practitioners.** Washington, D.C.: Office of Environmental Information. 190 p. Disponível em: . Acesso em: 21 jul. 2011.

UNITED STATE ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – USEPA. (2006) Data quality assessment: statistical methods for practitioners. Washington, D.C.: Office of Environmental Information. 190 p. Disponível em: . Acesso em: 21 jul. 2011.

TERZAGUI, K.V; PECK, RB; MESRI, G **Soil mechanics in engineering practice** John Wiley & Sons, 1996. 549p.

HARRISON,A.D.**Guides to the Freshwater Invertebrates of Southern Africa** Vol. 9: Diptera. South Africa: Water Research Comission,200.

WOELZ, J., ENGWALL, M., MALETZ, S., OLSMAN TAKNER, H., VAN BAVEL, B., KAMMANN, U., KLEMPT, M., WEBER, R., BRAUNBECK, T., HOLLERT, H. 2008.

**Changes in toxicity and Ah receptor agonist activity of suspended particulate matter during flood events at the rivers Neckar and Rhine – a mass balance approach using in vitro methods and chemical analysis.** Environmental. Science. Pollution, 15: 536–553.

ROCHA, J.C., SARGENTINI Jr., E., TOSCANO, I.A.S. et al. **Multi-method Study on Aquatic Humic Substances from the "Rio Negro"- Amazonas State/Brasil.** Emphasis on Molecular-Size Classification of their Metal Contents. Journal of Brazilian Chemistry Society, v. 10, n. 3, p. 169-175, 1999.

SANTOS, Eliane dos. **Contribuição ao estudo de poluição ambiental por metais pesados: área do Banhado da Estiva dos Pregos. Florianópolis.** Universidade Federal de Santa Catarina, 1992. 125 p. Dissertação de Mestrado em Geografia.

SALAMONS, W; FÖRSTNER, U. **Metals in hydrocycle.** Springer-Verlag. New York, 1984. p. 349.

ROSE, A.W., HAWKES, H.E. e WEBB, J.S. **Geochemistry in mineral exploration.** 2 ed. Academic Press, London, 1979. 657 p.

SILVA, Marcos Rivail da. **Études potentiométriques e fluorimétriques des équilibres acido-basique et de la complexation avec les métaux de l'obisdien et des substances humiques.** Contamination par les meteaux des sediments de l'île de Florianopolis (Brésil). Bordeaux - France, tese de Doutorado, 1996. 249 p.

HAWKES, **Stephen J.** **What is a "Heavy Metal"?** Journal of Chemical Education, v. 74, n. 11, nov,1997.

Aiken GR, Gillam AH (1989) **Determination of molecular weights of humic substances by colligative property measurements.** In: Hayes MHB, MacCarthy P, Malcolm RL, Swift RS (eds) Humic substances II. In search of structure. Wiley, Chichester, pp 515–544.

**Alloway and Ayres Chemical principles of environmental pollution..** 1995 ed. [S.L.: s.n.], . 718 p.

BAIRD, C. **Química Ambiental.** Porto Alegre, Bookman, 2002. Ed [S.L.: s.n.], 622p.

NOAA, Sediment Quality Guidelines , Quick Reference Tables, disponível em <https://www.nrc.gov/docs/ML0720/ML072040354.pdf> , acesso em 04/05/2018.