

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

MARCELO MOREIRA ILHA

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO ARROIO MANGUEIRÃO EM
CAÇAPAVA DO SUL, RS**

CAÇAPAVA DO SUL

2019

MARCELO MOREIRA ILHA

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO ARROIO MANGUEIRÃO EM
CAÇAPAVA DO SUL, RS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Zilda Baratto Vendrame

CAÇAPAVA DO SUL


2019

MARCELO MOREIRA ILHA

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO ARROIO MANGUEIRÃO EM
CAÇAPAVA DO SUL, RS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia
Ambiental e Sanitária da Universidade
Federal do Pampa, como requisito parcial
para obtenção do Título de Bacharel em
Engenharia Ambiental e Sanitária.

Banca examinadora:



Profª. Drª. Zilda Baratto-Vendrame

Orientadora

UNIPAMPA

Zilda Baratto Vendrame
Professor Associado - SIAPE 1278216
CAMPUS CAÇAPAVA DO SUL
Universidade Federal do Pampa
UNIPAMPA



Prof. Dr. Pedro Daniel da Cunha Kemerich

UNIPAMPA



Prof. Dr. Julio Cezar Mendes Soares

UNIPAMPA

I29a Ilha, Marcelo Moreira

Avaliação da qualidade da água do arroio mangueirão em Caçapava do sul, RS / Marcelo Moreira Ilha. 37 p.

Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação)-- Universidade Federal do Pampa, ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA, 2019.

"Orientação: Zilda Baratto Vendrame".

1. Qualidade dos recursos hídricos. 2. Monitoramento ambiental. 3. Poluição hídrica. 4. Análise de metais. 5. Resolução CONAMA n°357/2005. I. Título.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus e a minha família por ter me amparado em momentos difíceis ao longo da graduação.

A minha namorada Cassia, muito obrigado por fazer parte desse momento tão importante na minha vida, agradeço pela sua paciência e dedicação.

A minha mãe Alcení que não poupou incentivos ao longo desse percurso.

A minha tia Vera que me ajudou sempre quando eu precisei.

Aos colegas Augusto Mendes e Filipe Fonseca por terem me ajudado nas coletas das amostras, passamos um certo trabalho, mas valeu a pena.

Obrigado a minha orientadora, Dr^a. Zilda Baratto, por ter sido minha professora e orientanda, com seus ensinamentos esse trabalho se tornou realidade, muito obrigado pela ajuda e dedicação.

Gostaria de agradecer a minha banca avaliadora, professores Julio Cezar Mendes Soares e Pedro Kemerich, os quais eu considero muito.

Um muito obrigado aos professores da instituição, foram muitos ensinamentos e lições que ficarão marcadas na minha memória.

Aos amigos Guilherme Casanova e Francisca por terem me ajudado com as análises no laboratório de química, muitas ideias e opiniões importantes.

Aos colegas, funcionários e técnicos que eu tive o prazer de conviver ao longo do curso, um muito obrigado, vocês foram muito importante nessa caminhada.

Por fim, gostaria de agradecer a Universidade Federal do Pampa pela oportunidade a mim dada de ser um Engenheiro Ambiental e Sanitarista.

RESUMO

A água é um recurso natural renovável abundante, ocupando 70% do nosso planeta, no entanto, 97% dessa água é salgada, não podendo ser consumida. Desta forma, somente 3% da água é doce, e deste total, a maior parte se encontra nas geleiras e na condição de água subterrânea. Restam 0,04% de água disponível na superfície, localizadas em rios, lagos e arroios. Não bastasse a pouca quantidade de água disponível, grande parte está poluída, decorrente da atividade humana, dentre elas o lançamento de esgotos domésticos, industriais, atividade mineira e drenagem urbana. Isso ocorre pelas proximidades dos grandes centros aos rios. O Arroio Mangueirão está localizado no município de Caçapava do Sul, próximo a BR392 passando por dentro de indústrias calcárias com atividades intensas de mineração e pequenas vilas. Sendo assim, o objetivo desse estudo será de averiguar a qualidade da água do Arroio Mangueirão em parâmetros biológicos e físico-químicos, além de análises espectrofotométricas dos metais alumínio e cádmio, utilizando uma abordagem baseada na resolução CONAMA n° 357 (2005). Todas as análises serão realizadas nos laboratórios da Universidade Federal do Pampa no campus de Caçapava do Sul.

PALAVRA-CHAVE: Recursos hídricos, monitoramento ambiental, poluição hídrica

ABSTRACT

Water is an abundant renewable natural resource, occupying 70% of the area in our planet, however 97% of this water is salty and cannot be consumed. Thus, only 3% of the water is fresh, and of this total, most of it is found in the glaciers and in the condition of groundwater. There remains 0.04% of available water on the surface, located in rivers, lakes and streams. If the small amount of water available were not enough, much of it is polluted due to human activities, such as discharge of domestic and industrial sewage, mining activities and urban drainage. This happens in big urban centres surrounding river areas. The Manguirão river is located in the municipality of Caçapava do Sul, nearby the highway BR392, flowing through small villages and limestone factories with intense mining activities. Hence, the aim of this study is to survey the water quality of the Manguirão river by means of biological and physiochemical parameters. Moreover, spectrophotometric analysis of aluminium and cadmium metals, using an approach based on CONAMA resolution No. 357 (2005) will be performed. All analyses will be carried out in the laboratories of the Federal University of Pampa, at the campus Caçapava do Sul.

Keywords: Water resources, environmental monitoring, water pollution

LISTAS DE TABELAS

Tabela 1: Parâmetros de Dureza da água.....	8
Tabela 2: Representação das análises de coliformes totais pelo método de Colilert.	19
Tabela 3: Resultados de Turbidez.....	22
Tabela 4: Resultados das análises de Alcalinidade.	23
Tabela 5: Resultados das análises de Cloreto Total.	24
Tabela 6: Resultados das análises de Dureza Total.	25
Tabela 7: Resultados do OD.	26
Tabela 8: Resultados de Temperatura.	28
Tabela 9: Resultados da DBO após 5 dias.	28
Tabela 10: Resultados das concentrações de Cd.....	29
Tabela 11: Enquadramento dos pontos analisados conforme as classes descritas na Resolução CONAMA n° 357/2005.	30

LISTAS DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Curva de calibração do Cádmio.....	17
Gráfico 2: Curva de calibração do Alumínio.....	18
Gráfico 3: Comparação dos resultados com a Resolução CONAMA n° 357/2005....	20
Gráfico 4: Médias dos pHs.....	21
Gráfico 5: Parâmetros de Condutividade Elétrica.....	22
Gráfico 6: Médias de Cloretos Totais.....	25
Gráfico 7: Médias de OD.....	27

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Área de estudio.....	12
--------------------------------	----

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 OBJETIVOS	3
1.1.1 Objetivo Geral	3
1.1.2 Objetivo Específico.....	3
1.3 JUSTIFICATIVA	3
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1 Qualidades da água	4
2.1.1 PARÂMETROS INDICADORES DA QUALIDADE DA ÁGUA.....	4
2.1.1.1 Coliformes Totais	4
2.1.1.2 Potencial Hidrogeniônico (pH).....	5
2.1.1.3 Condutividade Elétrica.....	6
2.1.1.4 Turbidez	6
2.1.1.5 Alcalinidade Total	7
2.1.1.6 Dureza total	8
2.1.1.7 Cloretos Totais	8
2.1.1.8 Oxigênio Dissolvido	9
2.1.1.9 Temperatura	9
2.1.1.10 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO).....	10
2.1.2 Presença de metais nos corpos hídricos.....	10
2.1.2.1 Cádmió	11
2.1.2.2 Alumínio	11
3. METODOLOGIA.....	12
3.1 Localização da área de estudo.....	12
3.1.2 TRABALHO DE CAMPO	13
4. MÉTODOS ANALÍTICOS	13
4.1 Análises laboratoriais	13
Coliformes totais.....	13
Potencial Hidrogeniônico (pH).....	14
Condutividade elétrica	14
Turbidez	14
Alcalinidade total	14
Cloreto total	15
Dureza total	15

Oxigênio dissolvido	15
Temperatura.....	16
Demanda bioquímica de oxigênio	16
Cádmio.....	16
Alumínio	17
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	18
6. Enquadramento Resolução CONAMA n° 357/2005.....	30
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	31
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32

1. INTRODUÇÃO

As águas doces superficiais disponíveis e passíveis de serem utilizadas pelo homem de forma viável e sem alteração do meio, correspondem somente 0,001% da água do planeta. Contudo, o problema da escassez da água está relacionado, dentre outras questões, à desigual distribuição entre as diversas regiões dos recursos naturais (REBOUÇAS, 1999).

Assim como o ar, a água é um elemento essencial para a sobrevivência, pois os organismos são constituídos por sua maioria de água. Com isso deve-se estabelecer uma política de monitoramento e preservação dos recursos hídricos.

A grande disponibilidade de água significa que ela está presente não somente em quantidade adequada em uma dada região, mas também, que sua qualidade é satisfatória para suprir as necessidades de um determinado conjunto de seres vivos, sendo fundamental que os recursos hídricos apresentem condições físicas e químicas adequadas para a utilização pelos organismos (BRAGA, 2002).

Segundo Lima (2008) o lançamento de efluentes líquidos e sólidos derivados de origem urbana, industrial e meio agrícola nos mananciais superficiais, tem levado a uma degradação do meio e afetando a qualidade desse recurso natural, gerando problemas ao meio ambiente.

O meio ambiente é o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas (FUNASA, 2014).

A qualidade da água esta fortemente relacionada com fenômenos naturais e de ações antropogênicas, isso ocorre pelo uso e ocupação desordenada na bacia hidrográfica.

É importante salientar que o processo de expansão urbana provoca aumento de demanda pelos serviços de abastecimento de água, levando à ocupação das áreas próximas aos mananciais além de sua capacidade suporte e também à adoção de modelos de uso do solo incompatíveis com a sua função de abastecimento público (RIBEIRO, 2009).

A ação humana é responsável pelos impactos causados nas águas superficiais, e uma maneira de avaliar esses danos é a caracterização da qualidade da água, proporcionando de forma correta seu manejo e em caso de necessidade, sua remediação. O acompanhamento do estado dos recursos hídricos é de

fundamental importância, pois é pela poluição que são inseridas substâncias nocivas, tóxicas ou patogênicas que modificam as características físicas, químicas e biológicas do meio ambiente aquático (CORADI; FIA; PEREIRA-RAMIREZ, 2009). Uma maneira de acompanhar a qualidade de um recurso hídrico é através dos índices de qualidade de água (IQA). Via de regra, o IQA é um número apontado que estima a qualidade da água para os diversos usos que a ela é denominado. Desta forma, este índice é obtido pelo conjunto de fatores relacionados a dados físicos (condutividade elétrica, temperatura, turbidez), químicos (pH, alcalinidade total, cloretos totais, dureza total, nitrogênio, oxigênio dissolvido e DBO) e bacteriológicos (coliformes totais), por meio de metodologias próprias.

Diversos IQAs foram desenvolvidos e tem sido utilizado em todo o mundo. Para o Brasil, o que se destaca foi desenvolvido pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB).

O Arroio do Mangueirão é um corpo d'água situado no município de Caçapava do Sul, próximo a BR 392. Seu curso passa por dentro de indústrias calcárias em plenas atividades extrativistas e pequenas vilas. Este arroio também é utilizado, em alguns pontos, para área de lazer, como pesca amadora e banho. Em uma avaliação prévia, feita com espectrofotometria de fluorescência de raios X, no campus de Caçapava do Sul, foi detectado a presença significativa dos metais alumínio e cádmio.

Portanto, diante do que foi retratado, o objetivo desse trabalho será de avaliar a qualidade da água do Arroio do Mangueirão localizado no Município de Caçapava do Sul – RS.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo principal descrever a qualidade da água no Arroio Mangueirão no município de Caçapava do Sul – RS.

1.1.2 Objetivo Específico

- Determinar características biológicas e físico-químicas do Arroio Mangueirão.
- Avaliar a presença dos metais alumínio e cádmio no Arroio Mangueirão.
- Correlacionar os resultados com os parâmetros das águas superficiais segundo a resolução n° 357/2005 do CONAMA.

1.3 JUSTIFICATIVA

Com o crescimento desordenado da população surgem diversos problemas relacionados à qualidade das águas superficiais. Com isso, a gestão de recursos hídricos vem para ajudar o desenvolvimento, aplicando medidas como a eficiência no tratamento de efluentes, redução no lançamento de efluentes e captações, por fim, parâmetros para controle de qualidade das águas.

Para tal, surgem à necessidade para avaliar o desgaste ambiental, necessitando haver políticas para a preservação, recuperação e controle do sistema natural. A avaliação da qualidade da água é de suma importância à preservação do meio ambiente. Assim, a avaliação das características biológicas e físico-químicas de qualidade da água do Arroio Mangueirão é importante, tendo em vista que o arroio sofre influência dos efeitos do processo de urbanização do município de Caçapava do Sul, recebendo grande quantidade de cargas poluidoras, resultante da atividade mineira, comércio e pequenas vilas ao entorno.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Qualidades da água

Conceituar a qualidade da água vai além da sua caracterização pela forma molecular (H₂O). Segundo Von Sperling (2005), essa dificuldade ocorre pelo fato da água conter características de solvente, com isso é adicionado muitas impurezas a ela, pois a água tem aptidão em conduzir partículas, estabelecendo a qualidade da água.

No ambiente natural não é possível encontrar água em estado de plena pureza, isto é, isenta de substâncias incomuns ou organismos vivos. A água dispõe de uma série de impurezas, conferindo características físicas, químicas e bacteriológicas identificando sua qualidade através dessas propriedades. De maneira geral, pode-se dizer que a qualidade de uma água é função das condições naturais e da interferência dos seres humanos (SPERLING, 2005).

De acordo com a Resolução CONAMA nº 357 (2005) as águas superficiais doces, salgadas e salinas são classificadas de acordo com seus usos preponderantes em classes de qualidade: cinco para águas doces (classe especial, 1, 2, 3 e 4), duas para águas salobras (classe 5 e 6) e duas para águas salinas (classe 6 e 7). Além disso, a Resolução CONAMA nº 357 (2005), estabelece padrões orgânicos e inorgânicos, como os teores de metais presentes na água.

2.1.1 PARÂMETROS INDICADORES DA QUALIDADE DA ÁGUA

2.1.1.1 Coliformes Totais

As bactérias do grupo coliformes estão freqüentemente relacionadas a doenças causadas por ingestão de água contaminada. Elas geralmente vivem no intestino dos animais e do homem. A *Escherichia coli* é uma bactéria que pertence a este grupo.

Como a maior parte das doenças associadas com a água é transmitida por via fecal, isto é, os organismos patogênicos, ao serem eliminados pelas fezes, atingem o ambiente aquático, podendo vir a contaminar as pessoas que se

abastecem de forma inadequada desta água, conclui-se que as bactérias coliformes podem ser usadas como indicadoras desta contaminação (FUNASA, 2014).

Todas as bactérias coliformes são gram-negativas manchadas, de hastes não esporuladas, podendo ser ligadas a fezes de animais de sangue quente e solo (FUNASA, 2009).

A resolução CONAMA n° 357 (BRASIL, 2005) estabelece limites de coliformes totais conforme as classes I, II e III para as águas doces. A classe I não deverá ser excedido um limite de 200 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais. Para classe II não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais e para classe III não deverá ser excedido um limite de 2500 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais, de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano.

2.1.1.2 Potencial Hidrogeniônico (pH)

O pH representa a concentração de íons H^+ proporcionando uma condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade na água. A faixa de pH é de 0 a 14. O constituinte responsável pelo pH ocorre na forma de sólidos dissolvidos e de gases dissolvidos (SPERLING, 2005). Assim, se o valor for igual a 7 o meio é neutro, se for menor que 7 o meio é ácido e se for maior que 7 a solução é alcalina. Este critério, em princípio, não apresenta risco à saúde pública, a não ser que seu valor seja muito diferente de 7 (solução muito ácida ou muito alcalina), sendo capaz de provocar irritação nos olhos ou pele.

Segundo Maccausland (2007) e Van Damme (2008) os principais fatores de acidificação da água são as explorações minerais superficiais, descargas de efluentes industriais e a decomposição de material orgânico depositado nos rios e/ou lagos. Isto é um problema sério, pois a acidificação da água, além de alterar o equilíbrio ácido-base, também permite que metais perigosos se acumulem na água, como por exemplo o alumínio (MENZ, 2004 e DRIZCOLL, 2003). Contudo, os organismos reagem de diferentes maneiras à acidez, um exemplo, os peixes perdem a capacidade de osmorregular devido ao excesso de íons H^+ existentes na água, já os moluscos, em especial os bivalves, ficam com as suas conchas mais frágeis devido à perda de cálcio (CASCÃO, 2015).

As águas alcalinas são um acontecimento raro, mesmo quando há interferência antropogênica no ecossistema aquático. Normalmente, as águas alcalinas estão associadas a águas de dureza elevada ou que estejam no estado de eutrofização. Relativamente aos ecossistemas, muitos organismos são afetados negativamente, entre eles, os peixes (CASCÃO, 2015). Conforme Kato (1983), descargas de empresas que empregam o uso de bases fortes, como o cal e a soda, também são importantes contribuintes para o aumento do pH dos cursos de água, assim como algumas estações de tratamento de águas que podem descarregar águas com grandes quantidade de hidróxidos.

2.1.1.3 Condutividade Elétrica

A condutividade elétrica é uma medida de concentração total de sais dissolutos encontrados na água. Pode-se utilizar o parâmetro da condutividade para obter uma noção da quantidade de sais na água, estando diretamente ligada à quantidade e sólidos dissolvidos totais (MACHADO, 2006). Independente de não nos fornecer um parâmetro real de acúmulo de íons presentes, esta medida nos dá uma informação satisfatória de salinidade total, identificando possíveis contaminações na água.

A condutividade elétrica depende notadamente da temperatura. Em conseqüência a isso, os dados de condutividade elétrica devem ser acompanhados da temperatura na qual foi conferida. Para propósitos comparativos de dados de condutividade elétrica, deve ser definida uma das temperaturas de referência (20 °C ou 25 °C) (PINTO, 2007).

2.1.1.4 Turbidez

A definição de turbidez consiste em definir a dificuldade em que um feixe de luz tem em penetrar através de um líquido devido principalmente a absorção e espelhamento. Essa dificuldade está relacionada com o material particulado (sólidos) no líquido. A turbidez é medida por um turbidímetro, comparando o espelhamento de um feixe de luz ao passar pela amostra com o espelhamento de igual intensidade ao passar por uma suspensão padrão (FUNASA, 2009).

A turbidez tem como origem o material particulado de rocha, argila, silte, alga e microorganismos, outro fator seria os despejos industriais, domésticos, microorganismos e erosão.

A utilização mais freqüente desse parâmetro é na caracterização de águas de abastecimento brutas e tratadas e o controle da operação das estações de tratamento de água. A unidade deste parâmetro é uT (unidade de turbidez) (SPERLING, 2005).

A resolução CONAMA n° 357 (BRASIL, 2005), estabelece para Classe I um limite de 40 unidades de nefelométrica de turbidez (UNT), e para Classe II e III um limite de 100 (UNT).

2.1.1.5 Alcalinidade Total

Alcalinidade pode ser definida pela quantidade de íons presentes na água, descrevendo como a capacidade da água em anular os ácidos.

Esta capacidade depende de alguns compostos, principalmente bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos, sendo que este último ânion é raro na maioria das águas naturais, ocorrendo geralmente em águas cujo pH é superior a 10 (ESTEVEZ, 1988).

Conforme Wurtse Durborow (1992), tanto a alcalinidade como a dureza estão em um patamar praticamente constante, porém podem ocorrer variações com o tempo, variando de dias a meses, geralmente depende de valores relacionado ao pH e do conteúdo mineral da água ou solo. Ambientes aquáticos com altos valores de alcalinidade podem, assim, manter aproximadamente os mesmos teores de pH, mesmo com o recebimento de contribuições fortemente ácidas ou alcalinas (FUNASA, 2014).

A alcalinidade possui capacidade de neutralizar ácidos. Podendo a água ter baixa alcalinidade e um valor de pH alto ou reciprocamente. A água é alcalina quando a mesma possui elevada quantidade de bicarbonatos de cálcio e magnésio, carbonatos ou hidróxidos de sódio, potássio, cálcio e magnésio (CERETTA, 2004).

2.1.1.6 Dureza total

A dureza da água informa à concentração total de íons alcalino-terrosos, principalmente de cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}), pois essas concentrações são superiores aos demais alcalino-terrosos encontrados no meio.

Dureza total é a concentração de todos os cátions divalentes na água, sendo o cálcio e o magnésio os mais encontrados com facilidade em praticamente todos os sistemas de água doce (BOYD E EGNA, 1997). Assim, a dureza total é expressa em miligrama por litro ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$) de CaCO_3 (carbonato de cálcio).

Tabela 1: Parâmetros de Dureza da água.

mg/L CaCO_3	GRAU DE DUREZA
0 - 75	Branda ou mole
75 – 150	Moderadamente dura
150 – 300	Dura
Acima de 300	Muito dura

Fonte 1: KATO, M. T.

2.1.1.7 Cloretos Totais

Os cloretos geralmente estão distribuídos na natureza em forma de sais, sendo os principais o cloreto de sódio (NaCl), o de cálcio (CaCl_2) e o de potássio (KCl). O cloreto é um dos principais ânions inorgânicos presentes na água e sua concentração é maior em águas residuais do que em água bruta, pois o cloreto de sódio (NaCl) é um sal comumente usado na dieta humana e passa inalterado através do sistema digestivo (CLESCERI et al, 1999). Altas concentrações desses íons podem trazer malefícios à saúde, restringindo seu uso, pois alteram o sabor e pelo efeito laxativo que pode ocorrer pelo consumo desta água. A Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde estabelece o teor de 250 mg/L como o valor máximo permitido para água potável, pois esse é o nível a partir do qual a água passa a ter o sabor salgado.

Segundo FUNASA (2014) as principais características que fazem os íons cloretos aparecerem nas águas é por dissolução dos depósitos de sal, descargas de efluentes das indústrias químicas, exploração de poços petrolíferos e infiltração das águas marinhas em águas costeiras. A retirada do íon cloreto da água só é possível por osmose, não cabendo sua remoção pelos métodos convencionais.

2.1.1.8 Oxigênio Dissolvido

O agente oxidante mais importante em águas naturais é o oxigênio molecular dissolvido, (BAIRD, 2002). O oxigênio dissolvido (OD) é um componente essencial para o metabolismo dos microorganismos aeróbico presentes em águas naturais, sendo indispensável para os seres vivos, especialmente os peixes, os quais geralmente não resistem a concentrações de OD na água inferiores a 4,0 mg/L (KEGLEY; ANDREWS, 1998). Dentre os gases dissolvidos na água, o oxigênio é um dos mais importantes na dinâmica e caracterização dos ecossistemas aquáticos (ESTEVES, 1998).

A nitrificação de amônio (NH_2^-) e a decomposição aeróbica de compostos de carbono são responsáveis pelo consumo de OD nos processos de estabilização da matéria orgânica viva ou morta, através do metabolismo de plantas, animais e bactérias. Um fator importante em águas poluídas é a baixa concentração de OD devido ao consumo na decomposição de compostos orgânicos. Ao passo que em águas limpas a concentração de OD atingem patamares elevados um pouco a baixo do nível de saturação.

A resolução CONAMA n° 357 (BRASIL, 2005), recomenda para rios Classe 1 um limite não inferior a 6,0 mg/L, Classe 2 um limite não inferior a 5,0 mg/L e para Classe 3 não inferior a 4,0 mg/L.

2.1.1.9 Temperatura

A temperatura pode ser definida como uma medida da intensidade de calor, que pode ter origem natural, ou seja, transferência de calor por radiação, condução e convecção (ALMEIDA, 2013). A origem antrópica deve-se especialmente, aos despejos industriais. A temperatura pode ser medida por diferentes dispositivos como, por exemplo, termômetro ou sensor (PINTO, 2007). As altas temperaturas

aumentam a taxa das reações físicas, químicas e biológicas e diminuem a solubilidade dos gases (SPERLING, 2005).

A alteração de temperatura em ambientes aquáticos pode trazer problemas para a vida marinha, pois cada organismo tem um limite de tolerância para com a temperatura, portanto se houver variação pode prejudicar sua reprodução e seu crescimento. Segundo (BRASIL - ANA, 2013) o lançamento de efluentes em altas temperaturas causa impactos significativos em corpos d'água.

2.1.1.10 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

A demanda bioquímica de oxigênio (DBO) é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica, através de procedimentos bioquímicos de decomposição. O processo consiste em transformar matéria orgânica em uma forma inorgânica por bactérias aeróbias. A DBO geralmente é considerada como a fração de oxigênio consumido durante um período tempo, em temperatura de incubação específica. O período de incubação da DBO é de 5 dias, em uma temperatura de 20°C é freqüentemente usado e referido como DBO_{5,20}.

Entretanto, quando acontecem despejos de material orgânico em corpo d'água a DBO se torna elevada. A existência de um alto teor de matéria orgânica pode resultar no completo esgotamento do oxigênio na água, provocando o desaparecimento de peixes e outras formas de vida aquática (CETESB, 2008).

2.1.2 Presença de metais nos corpos hídricos

A ocorrência de metais na natureza é essencial para uma gama de atividades e funções, seja nas indústrias, na composição de equipamentos, e, entre outras, em quantidades adequadas, é vital até mesmo para o pleno funcionamento do corpo humano. Por outro lado, os metais pesados possuem altos níveis de reatividade e bioacumulação. Portanto, podem permanecer cumulativamente na cadeia alimentar, podendo causar diversas conseqüências ao meio ambiente e saúde dos seres humanos, mesmo com o contato de pequenas doses destes contaminantes.

De acordo com Salomons (1995) os depósitos de rejeitos e resíduos da mineração são as principais fontes de contaminação por metais pesados. Ocorre que, muitas vezes o material é lixiviado até os rios, proporcionando assim uma

ampla dispersão no ambiente, seja em solução ou em forma de partículas que aderem aos sedimentos. Os fragmentos aderidos podem estar presentes em tão pequena quantidade, muitas vezes na ordem de partes por milhão (ppm), que podem ser chamados de metais traço, visto a quantidade dele no sistema.

2.1.2.1 Cádmio

É um elemento químico de símbolo Cd, encontrado em sua forma natural no estado sólido na cor branco azulado. É pouco abundante na natureza, porém, é um dos metais pesados mais tóxicos disponível na natureza. Uma maneira de conseguir o Cd é através das atividades humanas, como resíduos industriais, domésticos, processos de mineração, refino de metais entre outros.

Por ser um elemento bioacumulativo, pode se concentrar em animais, peixes, plantas e, por conseqüência, nos seres humanos, ficando por um período longo. O Cd se acumula facilmente nos organismos e isso pode acarretar um risco ecológico, uma vez que a acumulação é maior no nível mais elevado da teia alimentar (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2010). A toxicidade do cádmio se expressa em vários órgãos e tecidos, entretanto os órgãos-alvo são os rins e o fígado. (CHASIN E CARDOSO, 2003).

2.1.2.2 Alumínio

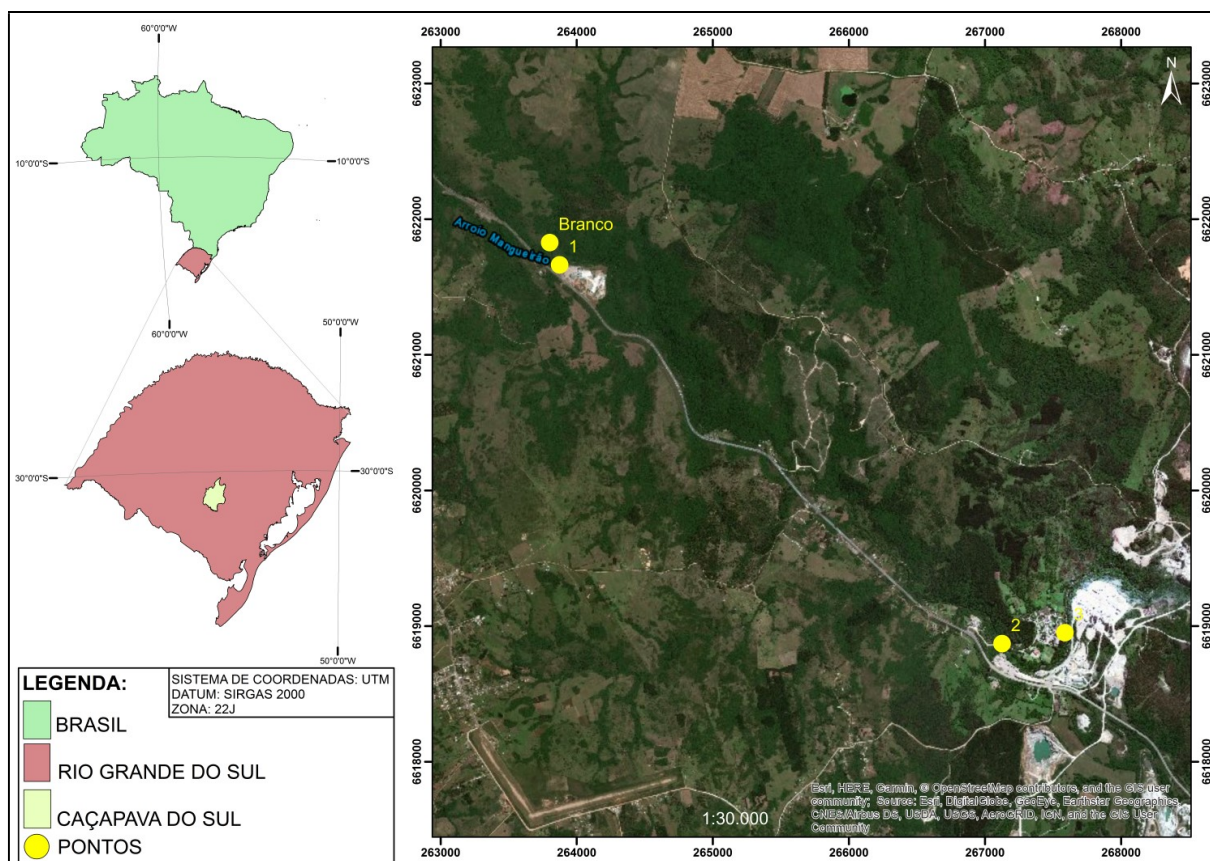
O alumínio é um metal branco acinzentado maleável e dúctil. É o metal mais abundante na crosta terrestre, representando um valor de 8,1%, assim, possui grande importância econômica no mundo atual. Na água o alumínio é complexado e influenciado pelo pH, temperatura e presença de fluoretos, sulfatos, matéria orgânica e outros ligantes. O alumínio é um composto neurotóxico, o acúmulo deste metal no homem tem sido associado ao mal de Alzheimer, doença cerebral degenerativa de etiologia desconhecida caracterizada pela presença de um grande número de estruturas neurofibrilares e placas senis em certas regiões do cérebro. (FREITAS et al., 2001).

3. METODOLOGIA

3.1 Localização da área de estudo

O município de Caçapava do Sul está situado na região central do estado do Rio Grande do Sul, e está aproximadamente 253 km de distância de Porto Alegre, capital do estado. Caçapava do Sul faz fronteira, a oeste, o município de Lavras do Sul; a leste, o município de Santana da Boa Vista; a norte, os municípios de Cachoeira do Sul e São Sepé; e a sul, o município de Bagé, com área de aproximadamente 3.047,113 km² (IBGE, 2018), compreendendo as bacias hidrográficas do rio Camaquã, Baixo Jacuí e Vacacaí-Vacacaí Mirim (SEMA, 2007). Caçapava do sul conta com uma população cerca de 33.702 habitantes e economia baseada no setor primário, na agricultura, pecuária e mineração (IBGE, 2018). O estudo foi realizado no Arroio Mangueirão localizado no Município de Caçapava do Sul – RS, as margens da rodovia BR 392, conforme a Figura 1.

Figura 1: Área de estudo.



Fonte 2: Autor do trabalho.

3.1.2 TRABALHO DE CAMPO

O trabalho de campo consistiu em coletar amostras de água localizadas em quatro pontos no decorrer do Arroio Mangueirão, sendo um ponto o Branco (PB), supostamente fora da área de contaminação e os demais ao longo do arroio. Foram coletadas amostras nos meses de Março, Maio e Junho, sendo que no mês de Abril não foi possível coletar por que coincidiu com períodos chuvosos. O primeiro ponto de coleta foi próximo a nascente do arroio (PB), o segundo (P1) próximo às margens da BR 392, o terceiro ponto (P2) próximo da BR 392 e por fim o quarto ponto (P3) as margens de uma vila de operários. Para a coleta das amostras foram utilizados frascos de polietileno de 1000 ml, limpos e secos. A coleta das amostras foi feita em uma profundidade de 10 centímetros, para evitar a oxigenação ou entrada de material em suspensão, após o enxágüe, por três vezes, com a própria amostra. Os frascos foram vedados e acondicionados em temperatura $< 10^{\circ}\text{C}$ e levados ao laboratório da Universidade para as análises.

4. MÉTODOS ANALÍTICOS

O método consistiu em análises qualitativas e quantitativas para o reconhecimento de compostos químicos nas amostras adquiridas no Arroio Mangueirão, caracterizando possíveis fontes de contaminação. Assim, foram realizadas análises de pH, condutividade elétrica, turbidez, alcalinidade total, cloreto total, dureza total, oxigênio dissolvido, temperatura, demanda bioquímica de oxigênio, cádmio e alumínio.

4.1 Análises laboratoriais

Coliformes totais

A quantificação de coliformes totais foi obtida pelo o método Colilert que consiste na quantificação dos coliformes totais e fecais presentes em uma dada amostra, através da mistura entre a amostra e o reagente Colilert, com posterior transferência da solução para uma cartela estéril (100 mL), a qual é selada e

mantida incubada a $35\pm 2^{\circ}\text{C}$ durante 24h (1^o leitura) e 48h (2^o leitura-confirmação). Os resultados foram obtidos pela relação de valores positivos entre os quadrados maiores e menores da cartela, com aqueles verificados na tabela padrão para o teste Colilert.

Potencial Hidrogeniônico (pH)

A leitura do pH foi feita logo após a chegada das amostras no laboratório, respeitando o tempo para que as amostras atingissem a temperatura de aproximadamente 25°C . As medidas de pH foram obtidas com o pHmetro da marca HANNA INSTRUMENTS. Após o equipamento ser calibrado foram feitas as leituras de cada amostra.

Condutividade elétrica

A leitura da condutividade elétrica foi feita logo após a chegada das amostras no laboratório em temperatura de aproximadamente de 25°C com condutivímetro calibrado. O condutivímetro utilizado para estas análises é de marca GEHAKA – CG 1800.

Turbidez

Os valores de turbidez foram obtidos logo após a chegada das amostras no laboratório. O aparelho usado para essa determinação foi o turbidímetro (Marca Hach – 2100N).

Alcalinidade total

O método para a determinação da alcalinidade é o titulométrico. A amostra é titulada com ácido padrão a um pH específico, determinando o ponto final pelo ponto de viragem do indicador aplicado na titulação. Os reagentes analíticos utilizados foram: Solução indicadora de metilorange; solução indicadora de fenolftaleína e diluição da solução de H_2SO_4 0,1N para 0,02N.

Cloreto total

A determinação do cloreto foi por titulação. Uma solução neutra ou levemente alcalina de cromato de potássio (K_2CrO_4) pode ser usada como indicador no ponto final de uma titulação de nitrato de prata ($AgNO_3$) contra uma amostra contendo cloretos. A reação entre o $AgNO_3$ e o K_2CrO_4 resulta num precipitado de cor vermelho – tijolo, devido a formação do Ag_2CrO_4 (cromato de prata), e a reação entre o $AgNO_3$ e o íon Cl^- resulta num precipitado branco, devido a formação do $AgCl$ (cloreto de prata).

Dureza total

O método utilizado foi através de uma titulação complexométrica utilizando a solução EDTA (etilenodiaminotetracético) que forma um complexo quando entra em contato com certos metais. Se uma pequena quantidade de indicador Preto de Ericromoco T for adicionado, a solução aquosa contendo íons cálcio e magnésio, numa faixa de pH de 10, a solução fica com uma cor rósea. Com a adição de EDTA, os íons cálcio e magnésio são complexados, e a solução fica com uma coloração azul, indicando ponto final da reação.

Oxigênio dissolvido

A análise foi feita pelo método de Winkler que consiste em fixar o oxigênio dissolvido da amostra por meio de adição das soluções de sulfato manganoso ($MnSO_4$) e a solução álcali-iodeto-azida, que contém hidróxido de sódio ($NaOH$), iodeto de sódio (NaI) e azida sódica (NaN_3).

A fixação do oxigênio dissolvido ocorre através da formação de óxido de manganês, ocorrendo uma intensa floculação da amostra e uma conseqüente precipitação do material floculado. A solução de azida sódica é utilizada para a remoção da interferência de nitritos.

A segunda fase é a liberação de iodo, que ocorre após a adição de ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4), provocando a ruptura dos flocos e o desenvolvimento de uma coloração amarelada, cuja intensidade é proporcional à concentração de oxigênio dissolvido presente inicialmente na amostra. Note-se que o íon iodeto é

oxidado a iodo molecular em proporção estequiométrica a quantidade de óxido de manganês que, por sua vez, é proporcional à concentração de oxigênio dissolvido na amostra.

A fase final da análise é a titulação do iodo liberado com solução padronizada de tiosulfato de sódio (iodometria). O indicador desta reação é uma solução de amido (0,5% - 2,5%), com ponto de viragem da titulação do azul para incolor.

Temperatura

Os valores da temperatura foram obtidos através de um termômetro convencional, em escala de 0°C a 100°C. Esta medida foi feita em campo, no momento da coleta.

Demanda bioquímica de oxigênio

O método usualmente empregado para a determinação da DBO é o da diluição, incubação por um período de 5 dias, com a determinação dos níveis iniciais e finais de oxigênio através do método da Azida modificado. Para garantir uma melhor eficiência no metabolismo dos microrganismos envolvidos no teste, é adicionado ao frasco de incubação, soluções nutritivas e uma solução tampão, a fim de garantir um pH neutro de 6,5 a 7,5 (chamada de Água de Diluição).

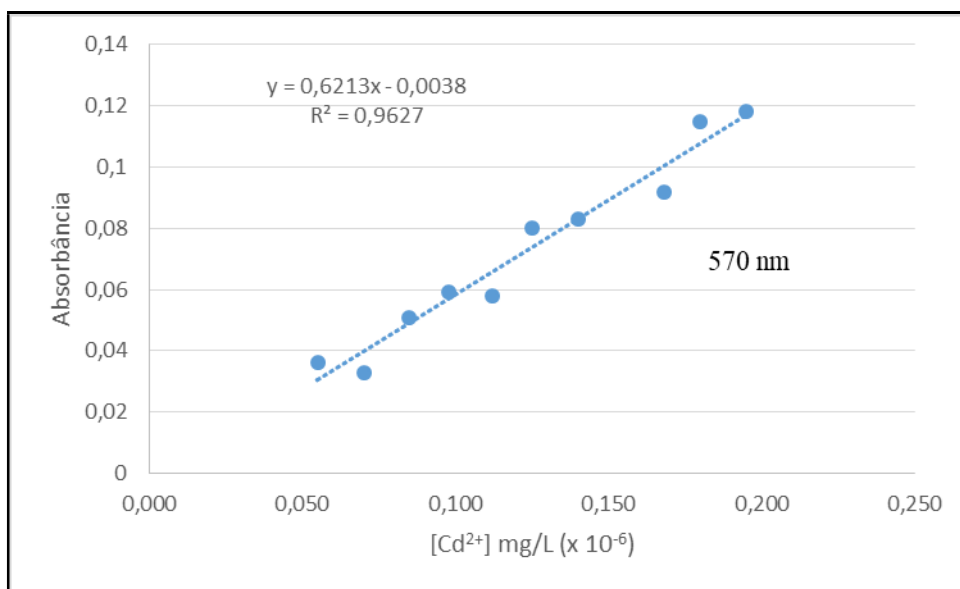
É importante frisar que, durante os 5 dias do teste, as amostras permaneceram num ambiente desprovido de luz, à fim de evitar o aparecimento de seres clorofilados fotossintéticos.

Cádmio

A análise de cádmio foi feita por espectrofotometria UV-visível do complexo de Cd(II) com o ânion do ácido 2(4-sulfofenilazo)1,8 - hidroxinaftaleno 3,6-dissulfônico (SPADNS), (ARTILHEIRO 2007). Para isto utilizou-se um espectrofotômetro UV – visível de marca Bel Photonics SP 2000 UV do laboratório de Química do campus de Caçapava do Sul e cubetas de quartzo. Vários parâmetros foram avaliados. O pH estando entre 8,90 a 9,10 e a solução tampão TRIS, os reagentes foram adicionados na seguinte ordem: Solução padrão de Cd²⁺,

solução tampão, SPADNS e água de miliQ. As leituras foram feitas em comprimento de onda de 570 nm. Com todos os parâmetros ajustados construiu-se a curva analítica conforme o Gráfico 1 a seguir. Todas as análises foram feitas em triplicata.

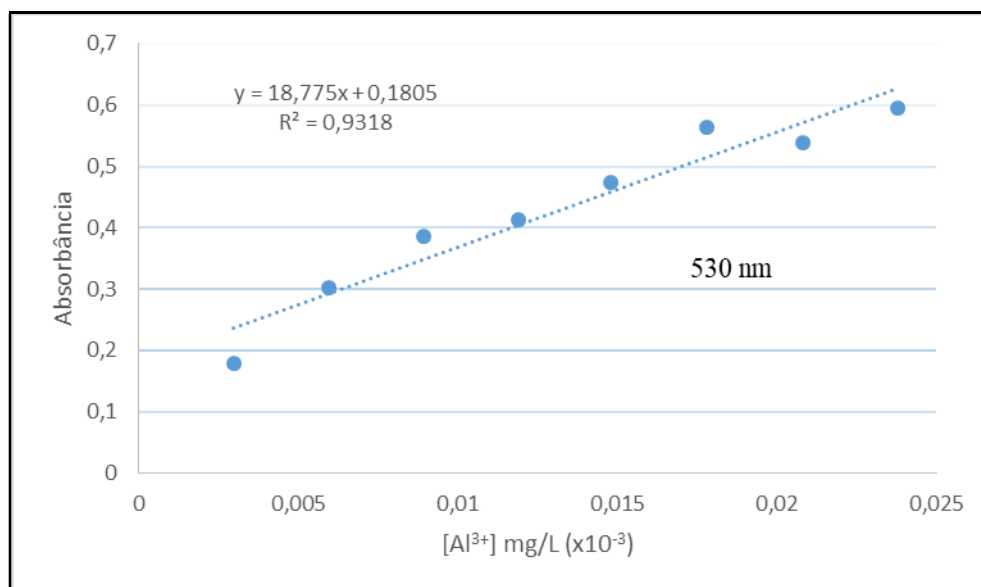
Gráfico 1: Curva de calibração do Cádmio.



Fonte 3: Autor do trabalho.

Alumínio

O método utilizado para determinação do alumínio foi a espectrofotometria UV-Vis utilizando o eriocromo cianina R. As soluções diluídas de alumínio tamponadas a pH 6,0 produzem com o corante de eriocromo cianina R um complexo de cor roxo ao rosado. Nestas análises foi utilizado um espectrofotômetro UV – visível de marca Bel Photonics SP 2000 UV do laboratório de Química do campus Caçapava do Sul e cubetas de quartzo. Vários parâmetros foram avaliados. O pH entre 5,90 a 6,10. Os reagentes foram adicionados na seguinte ordem: 1 mL Eriocromo Cianina R, solução padrão de Al³⁺, solução tampão diluída e água de miliQ. As leituras foram feitas em comprimento de onda de 530 nm. Com todos os parâmetros ajustados construiu-se a curva analítica conforme Gráfico 2 a seguir. Todas as análises foram feitas em triplicata.

Gráfico 2: Curva de calibração do Alumínio.

Fonte 4: Autor do trabalho.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Análises Biológicas

5.1.1 Coliformes Totais

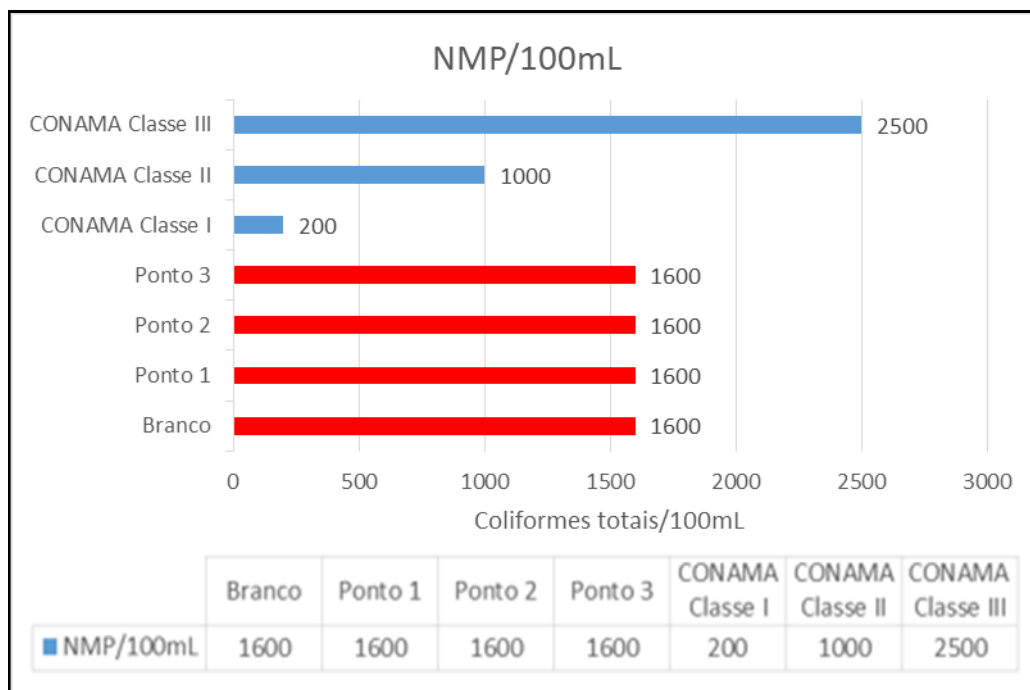
Os resultados apontaram presença de coliformes totais em todas as amostras coletadas de acordo com o método do número mais provável (NMP) conforme a Tabela 2. O termo coliformes totais congrega um grupo amplo de bactérias aeróbias ou anaeróbias também capazes de fermentar a lactose de 24 a 48 horas à temperatura de 35°C a 37°C, (LIBÂNIO, 2005). A presença de coliformes totais demonstra que ocorreu contaminação fecal na água por intermédio de fezes humanas ou animais de sangue quente, principalmente, por despejos domésticos de esgoto nos recursos d'água. Pode se observar que o PB, supostamente sem contaminação, também apresentou altos valores de coliformes totais. Este fato deve-se provavelmente pela ocorrência de criação animais como, ovinos, bovinos e suínos próximos a nascente do arroio. O método utilizado para o cálculo dos coliformes fecais foi o do Número Mais Provável (NMP) para cada 100 mL, conforme a tabela 2.

Tabela 2: Representação das análises de coliformes totais pelo método de Colilert.

COLETA 1-2-3					
Pontos de Análise	Combinações de positivos	Coliformes Totais (NMP/100mL)	Limites		
			Inferior	Superior	
PB	5-5-5	1600	-	-	
P1	5-5-5	1600	-	-	
P2	5-5-5	1600	-	-	
P3	5-5-5	1600	-	-	

Fonte: Autor do trabalho.

De acordo com a Resolução CONAMA n° 357/2005, para águas de Classe 3 a presença de coliformes termotolerantes, para o uso de recreação de contato secundário não deverá ser excedido um limite de 2500 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. Para dessedentação de animais criados confinados não deverá ser excedido o limite de 1000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 4000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com periodicidade bimestral. Os resultados das análises de coliformes totais foram comparados com a Resolução CONAMA n° 357/2005 no Gráfico 3.

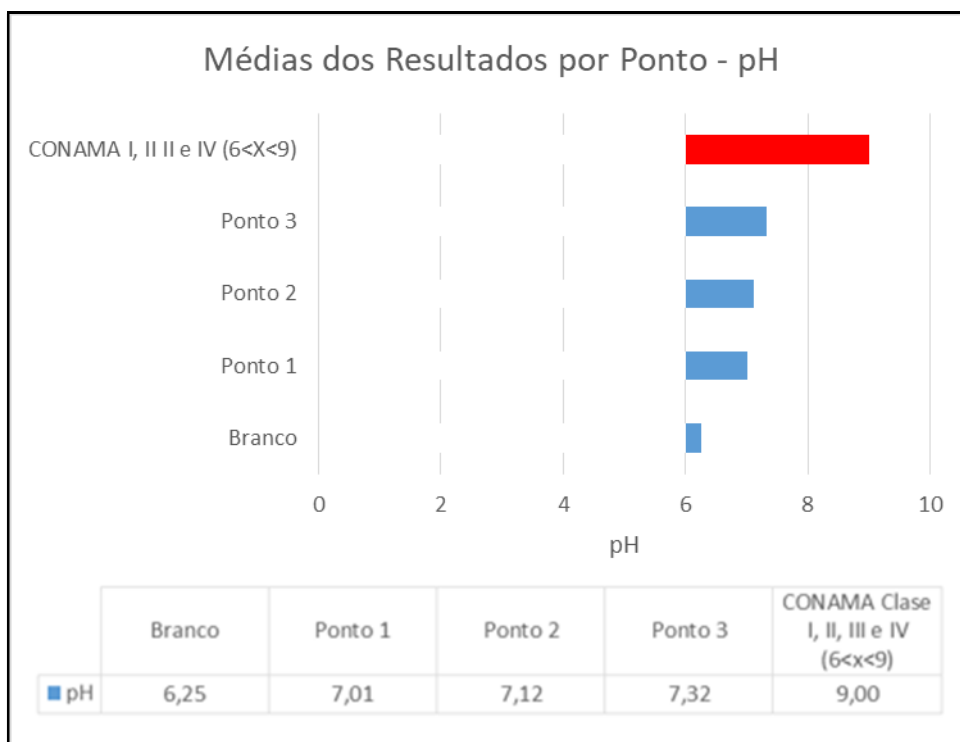
Gráfico 3: Comparação dos resultados com a Resolução CONAMA n° 357/2005.

Fonte: Autor do trabalho.

5.1.2 Potencial Hidrogeniônico (pH)

A variação de pH depende das relações entre matéria orgânica, seres vivos, rocha, ar e água. A acidez da água pode estar associada também com a decomposição da matéria orgânica presente no curso d'água (O'NEILL, 1995). Segundo Libânio (2005) águas naturais de superfície apresentam pH variando de 6,0 à 8,5. Neste contexto, os pH's analisados nos pontos descritos estão de acordo com a Resolução CONAMA n° 357/2005 que para todas as Classes os valores devem estar entre 6,0 à 9,0 conforme as médias no Gráfico 4.

Gráfico 4: Médias dos pHs.



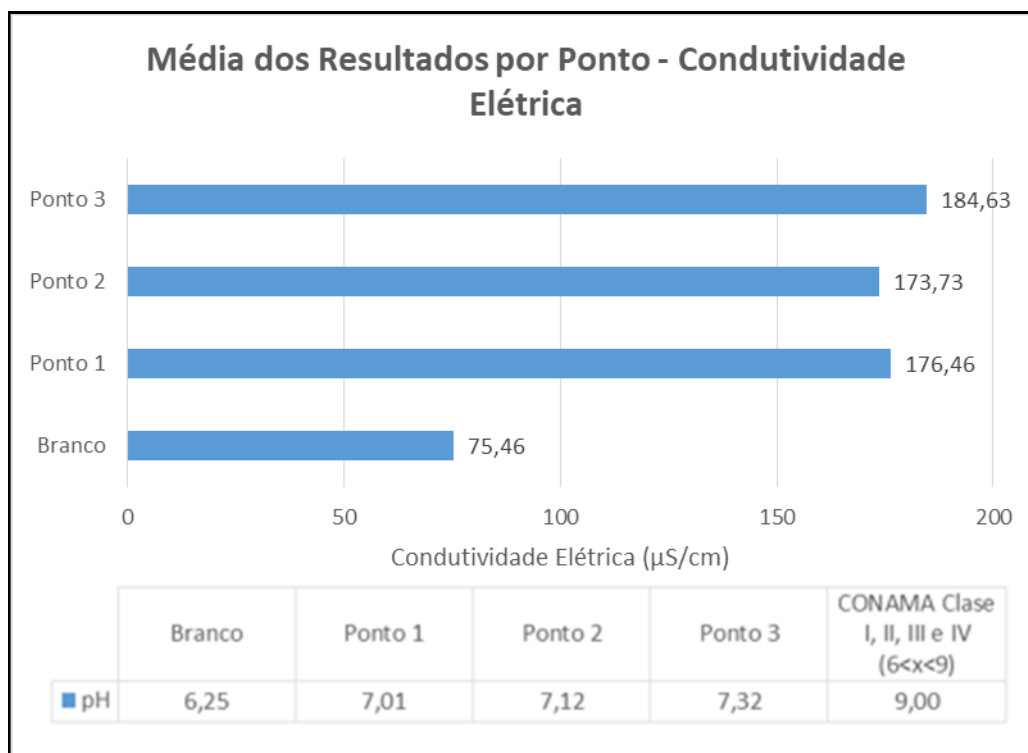
Fonte: Autor do trabalho.

5.1.3 Condutividade Elétrica

A condutividade elétrica indica a capacidade da água natural de transmitir a corrente elétrica em função da presença de substâncias dissolvidas que se dissociam em ânions e cátions, sendo, portanto, diretamente proporcional à concentração iônica (LIBÂNIO, 2005).

A Resolução CONAMA nº357/2005 não estabelece um valor de referência para esse parâmetro, no entanto, segundo Libânio (2005), as águas superficiais apresentam condutividade elétrica inferior a 100 $\mu\text{s}/\text{cm}$, podendo atingir 1000 $\mu\text{s}/\text{cm}$ em locais receptores de altas cargas de efluentes domésticos ou industriais. Assim, conforme o Gráfico 5 as médias de condutividade elétrica encontradas nos pontos P1, P2 e P3 estão acima da bibliografia mencionada, indicando a recepção de efluentes domésticos ou industriais, já no ponto PB está dentro dos padrões recomendados.

Gráfico 5: Parâmetros de Condutividade Elétrica.



Fonte: Autor do trabalho.

5.1.4 Turbidez

Os resultados obtidos de Turbidez variam em todas as coletas conforme a Tabela 3.

Tabela 3: Resultados de Turbidez.

Pontos de Análise	Coleta 1 - UNT	Coleta 2 - UNT	Coleta 3 - UNT
PB	3,16	11,40	13,40
P1	3,50	5,72	7,72
P2	2,90	9,69	9,71
P3	2,64	10,40	12,50

Fonte: Autor do trabalho.

Conforme a Resolução CONAMA n° 357/2005, estabelece um limite máximo de até 100 UNT (Unidades de Turbidez), estando dentro do padrão estabelecido pela norma todas as amostras em todos os pontos. Contudo, essa variação de

Turbidez pode estar relacionada com períodos chuvosos, pois com a movimentação das águas surge o aparecimento de sedimentos sólidos variados na água, como, sílto, argila, sílica, matéria orgânica e inorgânica, organismos microscópios dentre outros.

5.1.5 Alcalinidade Total

Conforme Libânio (2005) as águas superficiais no Brasil não apresentam alcalinidade inferior a 100 mg/L de CaCO_3 , porém quando os valores são mais elevados podem estar associados aos processos de decomposição da matéria orgânica, à atividades respiratória de microrganismos e lançamentos de efluentes industriais. Um fator importante pela alcalinidade alta, é a associação com a dureza, sendo responsável pela precipitação de carbonatos. As principais fontes de carbonatos são as rochas ricas em cálcio (sedimentares ou metamórficas) e rochas graníticas para o magnésio. A resolução CONAMA n° 357/2005 não estabelece valores limites para o parâmetro de alcalinidade. Assim, os valores encontrados de alcalinidade demonstraram um fator incomum nas coletas 2 e 3, pois eram períodos chuvosos, diferente da coleta 1, sendo um período de estiagem, de acordo com a Tabela 4.

Tabela 4: Resultados das análises de Alcalinidade.

Pontos de Análise	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 3
	[CaCO_3] – mg/L	[CaCO_3] – mg/L	[CaCO_3] – mg/L
PB	12,49	7,21	7,21
P1	38,46	15,38	18,26
P2	35,57	19,23	21,63
P3	41,82	21,63	24,03

Fonte: Autor do trabalho.

5.1.6 Cloreto Total

As variações dos Cloretos Totais estão ilustradas na Tabela 5. Na coleta 1 os dados foram os mais expressivos, resultante de um período de estiagem,

acarretando em uma concentração maior de sais, sendo o principal o cloreto de sódio (NaCl), comumente usados na dieta humana, devido ao descarte de efluentes domésticos em cursos d'água. Já nas coletas 2 e 3 a concentração é menor, decorrente da diluição do NaCl, isto devido aos períodos chuvosos anteriormente a coleta.

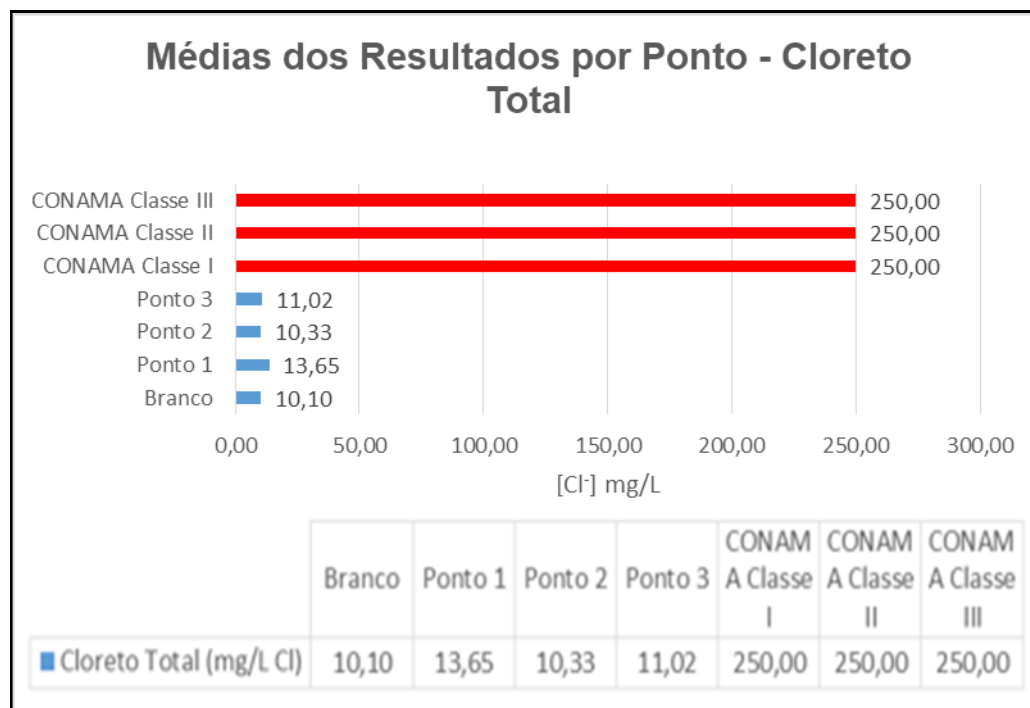
Tabela 5: Resultados das análises de Cloreto Total.

Pontos de Análise	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 3
	[Cl ⁻], mg/L	[Cl ⁻], mg/L	[Cl ⁻], mg/L
PB	12,26	9,25	8,79
P1	21,52	9,25	10,18
P2	15,27	7,40	8,33
P3	16,89	7,40	8,79

Fonte: Autor do trabalho.

Conforme a Resolução CONAMA n° 357/2005 os resultados encontrados de Cloreto Total estão dentro do permitido, já que o limite máximo tolerado dentro da resolução é de 250 mg/L Cl⁻¹. As médias estão representados no Gráfico 6 a seguir.

Gráfico 6: Médias de Cloretos Totais.



Fonte: Autor do trabalho.

5.1.7 Dureza Total

Os resultados encontrados de dureza total (CaCO_3) estão representados na tabela à seguir.

Tabela 6: Resultados das análises de Dureza Total.

Pontos de Análise	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 3
	[CaCO_3], mg/L	[CaCO_3], mg/L	[CaCO_3], mg/L
PB	9,80	6,37	10,29
P1	23,03	8,82	12,74
P2	18,62	9,31	11,76
P3	21,56	14,21	18,13

Fonte: Autor do trabalho.

Dureza total é a concentração de todos os cátions divalentes na água, sendo o cálcio e o magnésio os mais encontrados com facilidade em praticamente todos os sistemas de água doce (BOYD E EGNA, 1997). Segundo (LIBÂNIO, 2005) a maioria dos recursos hídricos superficiais no Brasil apresenta reduzida dureza, de modo que sua presença está frequentemente associada a dissolução de rochas calcárias, ricas em cálcio e magnésio, decorrentes do lançamento de efluentes industriais.

Assim, podemos concluir que o parâmetro de dureza total encontrados nos quatros pontos no decorrer das três coletas feitas estão com um grau de dureza “branda ou mole” conforme mencionado na tabela 1.

A resolução CONAMA nº 357/2005 não estabelece valores limites para o parâmetro de dureza total.

5.1.8 Oxigênio Dissolvido (OD)

Os resultados encontrados de oxigênio dissolvido nos quatros pontos estão representados a seguir.

Tabela 7: Resultados do OD.

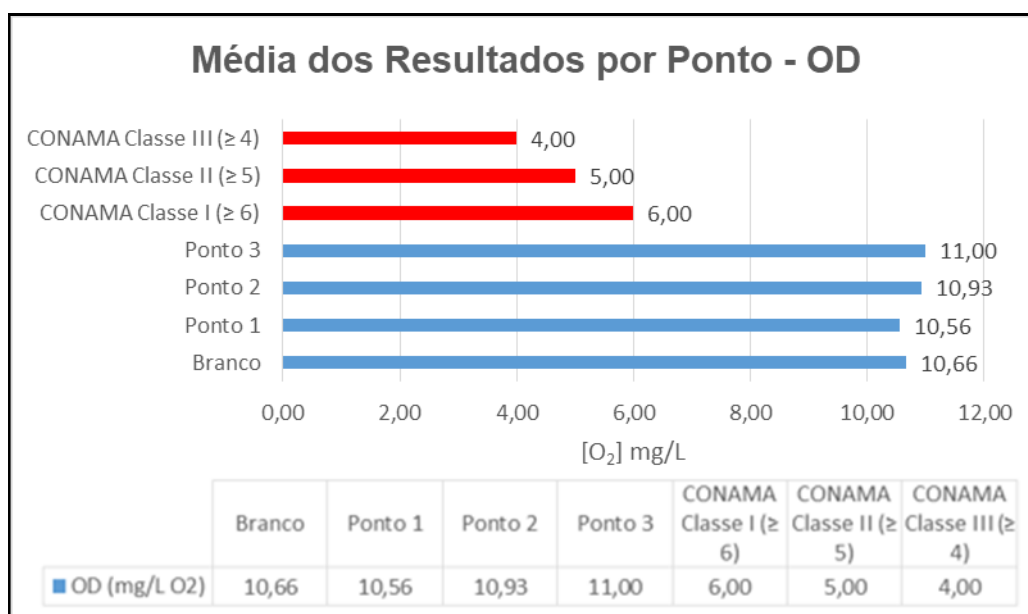
Pontos de Análise	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 3
	mg/L O ₂	mg/L O ₂	mg/L O ₂
PB	10,02	10,93	11,03
P1	9,21	11,34	11,13
P2	10,43	11,03	11,34
P3	11,03	10,73	11,24

Fonte: Autor do trabalho.

Segundo (BRASIL – ANA, 2005), o oxigênio dissolvido é de extrema importância para a preservação da vida aquática, já que organismos como os peixes, precisam de oxigênio para respirar. As baixas concentrações de oxigênio dissolvido podem estar relacionadas com despejos de efluentes domésticos ou industriais, já que matéria orgânica utiliza o OD como fonte de energia para sua decomposição.

A resolução CONAMA n° 357/2005 estabelece limites mínimos de oxigênio dissolvido para cada uma de suas classes, conforme o Gráfico 7 a seguir.

Gráfico 7: Médias de OD.



Fonte: Autor do trabalho.

Das três coletas realizadas, os resultados obtidos se enquadram em todas as classes da Resolução CONAMA n° 357/2005.

5.1.9 Temperatura

Com relação a temperatura, ao longo de toda a pesquisa, nos meses de março a junho, teve alterações em relação a temperatura, mas isso está relacionado à as estações do ano, com a chegada do outono, uma estação com temperaturas mais amenas.

A temperatura é um importante papel no controle de espécies aquáticas e pode ser considerada uma das características mais importantes do meio aquático. Seu valor pode variar entre 0°C e 30°C, acima disso pode ser prejudicial para algumas espécies (SILVA, 2008). Os resultados podem ser visto a seguir.

Tabela 8: Resultados de Temperatura.

Pontos de Análise	Coleta 1 Temperatura °C	Coleta 2 Temperatura °C	Coleta 3 Temperatura °C
PB	17,0	15,0	15,0
P1	17,5	15,5	15,0
P2	17,9	16,0	16,0
P3	19,0	17,0	16,0

Fonte: Autor no trabalho.

5.1.10 Demanda bioquímica de oxigênio

De acordo com Libânio (2005), a DBO indica a intensidade do consumo de oxigênio necessário às bactérias na estabilização da matéria orgânica.

Tabela 9: Resultados da DBO após 5 dias.

Pontos de Análise	Coleta 1 [O ₂] mg/L	Coleta 2 [O ₂] mg/L	Coleta 3 [O ₂] mg/L
PB	9,57	8,30	8,70
P1	7,75	6,37	6,78
P2	6,65	5,67	5,97
P3	8,26	7,18	7,29

Fonte: Autor do trabalho.

Conforme Resolução CONAMA n° 357/2005, estabelece limites máximos de DBO 5 dias a 20°C até 3 mg/L O₂ para água doce de Classe 1, até 5 mg/L O₂ para rios de Classe 2 e até 10 mg/L O₂ para rios Classe 3.

5.1.11 Cádmiio

Segundo a resolução CONAMA n° 357/2005, há limites para a concentração de Cd^{2+} de acordo com suas classes. Assim, o valor máximo não pode ser superior à 0,001 mg/L Cd^{2+} para Classe 1 e 2 e de 0,01 mg/L Cd^{2+} para Classe 3. A concentração de Cd^{2+} nas amostras foi determinada através da equação da reta da curva de calibração. Os resultados obtidos estão descritos na tabela 10 apresentada a seguir. Pelos resultados pode-se observar que todas as amostras apresentam valores acima do valor máximo permitido pelo CONAMA, indicando uma alta contaminação deste arroio pelo cádmio. Este resultado é preocupante uma vez que o cádmio é um metal muito tóxico ao homem e meio ambiente e bioacumulativo. Desta forma, é necessário uma contraprova para que estes resultados sejam confirmados, utilizando um outro método analítico de maior sensibilidade. A espectrometria de Absorção Atômica (AA) ou a espectrometria de Emissão Atômica com plasma (ICP-OES) seriam métodos analíticos adequados para esta análise.

Tabela 10: Resultados das concentrações de Cd.

Pontos de Análise	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 3
	[Cd^{2+}] mg/L	[Cd^{2+}] mg/L	[Cd^{2+}] mg/L
PB	0,191	0,302	0,258
P1	0,731	0,488	0,582
P2	0,670	0,418	0,656
P3	0,500	0,514	0,712

Fonte 5: Autor do trabalho.

5.1.12 Alumínio

Segundo a resolução CONAMA n° 357/2005 estabelece limites máximos de até 0,1 mg/L Al^{3+} para Classe 1 e 2, e de até 0,2 mg/L Al^{3+} para Classe 3. Os resultados obtidos com as análises espectrofotométricas no UV-Vis não apresentaram concentrações detectáveis de alumínio nas amostras. Entretanto, para

que estes dados sejam confirmados é necessário que seja utilizado uma metodologia mais sensível ao metal.

6. Enquadramento Resolução CONAMA nº 357/2005

Tabela 11: Enquadramento dos pontos analisados conforme as classes descritas na Resolução CONAMA nº 357/2005.

Enquadramento dos pontos por parâmetro avaliado					Geral CONAMA
Parâmetros	Branco	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	
Coliformes Totais	Classe 3	Classe 3	Classe 3	Classe 3	Classe 3
pH	Classe 1	Classe 1	Classe 1	Classe 1	Classe 1
Condutividade Elétrica	-	-	-	-	-
Turbidez	Classe 1	Classe 1	Classe 1	Classe 1	Classe 1
Alcalinidade Total	-	-	-	-	-
Cloreto Total	Classe 1	Classe 1	Classe 1	Classe 1	Classe 1
Dureza Total	-	-	-	-	-
OD	Classe 1	Classe 1	Classe 1	Classe 1	Classe 1
Temperatura	Classe 1	Classe 1	Classe 1	Classe 1	Classe 1
DBO	Classe 3	Classe 3	Classe 3	Classe 3	Classe 3
Cádmio	Nenhuma	Nenhuma	Nenhuma	Nenhuma	Nenhuma
Alumínio	-	-	-	-	-

Fonte 6: Autor do trabalho.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O monitoramento da qualidade das águas superficiais é de extrema importância, pois ajuda a prevenir a degradação do meio ambiente e a prevenir doenças ao homem. Este trabalho pode descrever as características biológicas e físico-química do Arroio Mangueirão por meio das análises dos parâmetros coliformes totais, pH, condutividade elétrica, turbidez, alcalinidade total, cloreto total, dureza total, OD, temperatura e DBO. Pelos dados obtidos foi possível constatar que este corpo d'água está em conformidade com as normas estabelecidas pela resolução CONAMA n°357/2005, no entanto, a classificação obtida é a Classe 3, mesmo tendo em sua maior parte, os parâmetros classificados como Classe 1, pois coliformes totais e DBO tiveram altas concentrações. Assim, este estudo pode constatar que o Arroio Mangueirão está recebendo carga poluidora, pois conforme o método do número mais provável (NMP) há uma grande concentração de coliformes totais, indicando a presença de bactérias patogênicas, podendo causar doenças há quem usar essa água. A avaliação da presença dos metais neste arroio constatou a presença em altos valores, do metal cádmio, estando muito acima dos valores permitidos pela resolução CONAMA n° 357/2005. Este é problema sério, por ele ser um metal tóxico, não só para o homem como para a biota. Este fato pode estar vinculado a urbanização próxima a este arroio com o descarte inadequado de materiais contendo esse metal. Nesse sentido, se faz necessário uma avaliação mais criteriosa em relação a presença do cádmio neste corpo hídrico.

Portanto, recomenda-se estabelecer metas mitigadoras, como intuito de reduzir a poluição hídrica, com ações que devem ser tomadas pelos governantes visando garantir uma boa saúde e bem estar para a sua população e a plena conservação deste arroio.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARTILHEIRO, A. S.; GAUBEUR, I.; ÁVILA-TERRA, L. H. S.; SUÁREZ-IHA, M. E. V.; GUEKEZIAN, M. “ **DESENVOLVIMENTO DE MÉTODO ESPECTROFOTOMÉTRICO PARA A DETERMINAÇÃO DE CÁDMIO EM AMOSTRA DE TINTA A ÓLEO**”. Departamento de Química – Centro de Ciências e Humanidades – Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM), Centro de Ciências Naturais e Humanas - Universidade Federal do ABC, Departamento de Ciências Exatas – Universidade Federal de Alfenas, 2007.

BAIRD, C. **Química Ambiental**, 2ª ed. Trad. M. A. L. Recio e L. C. M Carrera. Porto Alegre: Bookman, 2002.

BOYD, C. E.; EGNA, H. I. **Dynamics of pond aquaculture**. Boca Raton, New York: CRC Press, 1997.

BRAGA, B.; BARROS, M. T. L.; CONEJO, J. G. L.; EIGER, S.; HESPANHOL, I.; JULIANO, N. M. A.; NUCCI, N. L. R.; PORTO, M. F. A.; VERAS JR, M. S. **Introdução à engenharia ambiental**. São Paulo: Prentice Hall, 2002.

BRASIL. Agência Nacional das Águas. **Portal da Qualidade das Águas**. Disponível em <<http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>>. Acesso em: 12 de novembro 2018.

CASCÃO, T. A. “**Efeitos da variação do pH da água em Ephemeroptera (Macroinvertebrados)**”. Dissertação de Mestrado apresentada à Faculdade de Ciências da Universidade do Porto em Biologia e Gestão da Qualidade da Água. 2015.

CHASIN, A. A. da M. e CARDOSO, L. M. M. **Cádmio**. In: AZEVEDO, F. A. e CHASIN, A. A. da M. (Edit.) (2003). **Metais: gerenciamento da toxicidade**. São Paulo: Editora Atheneu, p.263-298.

CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo** - Apêndice A - Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem. 2008. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/publicacoes-e-relatorios/>> Acesso em: 12 de novembro, 2018.

CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo** – Relatórios, parte 1 – Qualidade das Águas Superficiais. 2015. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wpcontent/uploads/sites/12/2013/11/Cetesb_QualidadeAguasSuperficiais2015_Partel_25-07.pdf> Acesso em: 13 de novembro, 2018.

CERETTA, M. C. **Avaliação dos aspectos da qualidade da água na sub-bacia hidrográfica do arroio cadena no município de Santa Maria – RS.** 2004. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria – RS.

CLESCERI, L. S.; GREENBERG, A E.; EATON, A. D. **Standard methods for the examination of water and wastewast.** 20th. Ed. Whashington, DC: American Public Health Association; American Water Works Association; Water Environment Federation, 1998. 1325p.

COLVARA, J. DE A. **Avaliação do Índice de Qualidade da água na Lagoa dos Patos.** 2013. Trabalho de conclusão de curso de Engenharia Ambiental e Sanitária – Universidade Federal de Pelotas – RS, 2013.

CONAMA, **Conselho Nacional do Meio Ambiente.** Resolução CONAMA nº 357. Publicada no DOU nº 053, /2005.

CORADI, P.C.; FIA, R.; PEREIRA- RAMIREZ, O. **Avaliação da qualidade da água superficial dos cursos de água do município de Pelotas-RS.** *Ambi-Água*, Taubaté, v. 4, n. 2, p. 46-56, 2009. Disponível em: <www.ambi-

agua.net/seer/index.php/ambi-agua/article/download/.../331>. Acesso em: 12 Novembro, 2018.

DRISCOLL, C.T., DRISCOLL, K.M., MITCHELL, M.J., RAYNAL, D.J., 2003. “**Effects of Acidic Deposition on Forest and Aquatic Ecosystems in New York State.**” *Environmental Pollution* 123: pp. 327–336. doi:10.1016/S0269-7491(03)00019-8. <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0269749103000198>.

ESTEVEES, F. DE A. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência, FINEP, 1988.

ESTEVEES, F. DE A. **Fundamentos de Limnologia**. 2ª Ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

FUZINATO, C. F. **Avaliação da qualidade da água de rios localizados na ilha de Santa Catarina utilizando parâmetros toxicológicos e o índice de qualidade de água**. Dissertação (Pós Graduação) em Engenharia Ambiental – Universidade Federal de Santa Catarina – SC, 2009.

FREITAS, Marcelo Bessa de; BRILHANTE, Ogenis Magno and ALMEIDA, Liz Maria de. **Importância da análise de água para a saúde pública em duas regiões do Estado do Rio de Janeiro: enfoque para coliformes fecais, nitrato e alumínio**. *Cad. Saúde Pública* [online]. 2001, vol.17, n.3, pp. 651-660. ISSN 0102-311X. Disponível em: < http://www.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2001000300019>. Acesso em: 21 de novembro, 2018.

FUNASA – Fundação Nacional de Saúde. **Manual Prático de Análise de Água**. Brasília-DF, p. 38-49, 2009.

FUNASA. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS**. 2014. Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. – Brasília: Funasa, 2014.

GARCEZ, N. L. **Manual de procedimentos e técnicas laboratoriais voltado para análises de águas e esgotos sanitário e industrial**. Escola politécnica da Universidade de São Paulo departamento de engenharia hidráulica e sanitária. São Paulo – SP, 2004.

INDEXX. **Procedimentos do teste colilert**. <https://idexxcom-live-b02da1e51e754c9cb292133b-9c56c33.aldrynmedia.com/filer_public/d5/f8/d5f81805-8ceb-4893-b0b7-28b95db8ffab/colilert-procedure-en.pdf> Acesso em: 26 de novembro de 2018.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Caçapava do Sul – Panorama. Disponível em: < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/cacapava-do-sul/panorama>>. Acesso em 08 de julho de 2019.

KATO, M. T. “Dureza”. **Curso Qualidade da Água, do Ar e do Solo**. Escola de Engenharia Mauá. São Caetano do Sul/SP, 1983.

KATO, M.T., 1983. **“Roteiro de aula da disciplina Qualidade da Água, do Ar e do Solo – Alcalinidade”**. *Escola de Engenharia Mauá*, São Caetano do Sul/SP.

KEGLEY, S. E.; ANDREWS, J. **The chemistry of water**. Sausalito, CA: University Science Books, 1998. 167p.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. Campinas -SP, Ed: Átomo, 444 p., 2005.

LIMA, Celso Augusto Vas de. **Diagnóstico da qualidade da água do rio jaguari-mirim no município de são João da Boa Vista - SP**. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (Doutor)- Faculdade de Tecnologia de Indaiatuba (FATEC-ID), Indaiatuba – SP, 2008.

MACHADO, B. C. **Avaliação da quantidade dos efluentes das lagoas de estabilização em série da Estação de Tratamento de Esgoto de Samambaia, DF para o cultivo de tilápia (*Oreochromis niloticus*).** 2006. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Brasília, DF.

MACCAUSLAND, A., MCTAMMANY, M.E., 2007. **“The Impact of Episodic Coal Mine Drainage Pollution on Benthic Macroinvertebrates in Streams in the Anthracite Region of Pennsylvania.”** *Environmental Pollution* 149: pp.216–226. doi:10.1016/j.envpol.2006.12.030.

MENZ, F.C., SEIP, H.M., 2004. **“Acid Rain in Europe and the United States: An Update.”** *Environmental Science & Policy* 7: pp. 253–265. doi:10.1016/j.envsci.2004.05.005. <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1462901104000590>.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria do Ministério da Saúde nº 2.914.** Publicada no DOU nº 239, de 14/11/2011.

O'NEILL, P. **Environmental chemistry.** London: Chapman and Hall, 1995.

PINTO, M. C. F. Manual medição in loco. **Site da CPRM**, 2007. Disponível em: <http://WWW.cprm.gov.br/pgagem/manual_medicoes_T_%20pH_OD.PDF>. Acesso em: 10 Novembro 2018.

REBOUÇAS, A. C. Água Doce no Mundo e no Brasil. In: REBOUÇAS, A. C; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (Orgs.). **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação.** São Paulo: Escrituras, p717, 1999.

RIBEIRO, Christian Ricardo. **Avaliação da sustentabilidade hídrica do município de Juiz de Fora/MG: um subsídio à gestão sustentável dos recursos hídricos em**

âmbito municipal. Monografia (Especialização em Análise Ambiental) – Universidade Federal de Juiz de Fora, 2009. In: Revista Mercator – v. 10, n. 21, 2011. Disponível em : <http://www.mercator.ufc.br/index.php/mercator/article/view/467>. Acesso em: 13 de Novembro, 2018.

SALOMONS, W. **Environmental impact of metals derived from mining activities: Processes, predictions, prevention.** Journal of Geochemical Exploration. v.52, p.5-23, 1995.

SECRETARIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. SEMA. **Relatório anual sobre a situação dos recursos hídricos no estado do Rio Grande do Sul.** 2007.

SILVA, A. et al. **“Influência da precipitação na qualidade da água do rio Purus”.** Acta Amazônica. 2008.

SPERLING, Marcos Von. **Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 3ª Edição. Princípios de tratamento biológico de águas residuárias. Editora da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG – Belo Horizonte, 2005.

VAN DAMME, P.A., HAMEL, C., AYALA, A., BERVOETS, L., 2008. **“Macroinvertebrate Community Response to Acid Mine Drainage in Rivers of the High Andes (Bolivia).”** *Environmental Pollution* 156: pp. 1061–1068. doi:10.1016/j.envpol.2008.04.018. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18550237>.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Exposure to cadmium:** a major public health concern. Geneva (Switzerland), 2010. Disponível em: <http://www.who.int/ipcs/features/cadmium.pdf> Acesso em: 21 de novembro, 2018.