

INSTITUTO FEDERAL GOIANO CAMPUS MORRINHOS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM LICENCIATURA EM QUÍMICA

THAYWANE AZEVEDO MARQUES

**CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA REPRESA DO TIJUQUEIRO
LOCALIZADA NO MUNICÍPIO DE MORRINHOS-GO**

MORRINHOS

2019

THAYWANE AZEVEDO MARQUES

**CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA REPRESA DO TIJUQUEIRO
LOCALIZADA NO MUNICÍPIO DE MORRINHOS-GO**

Trabalho de Conclusão do Curso de Licenciatura em Química do Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos, como requisito para obtenção do grau em Licenciada em Química.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Carlos Chaves Ribeiro

Coorientador: Prof. Dr. Deomar Plácido da Costa

MORRINHOS

2019

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

M357c Marques, Thaywane Azevedo
CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA REPRESA DO
TIJUQUEIRO LOCALIZADA NO MUNICÍPIO DE MORRINHOS-GO /
Thaywane Azevedo Marques; orientador Antônio Carlos
Chaves Ribeiro; co-orientador Deomar Plácido da
Costa. -- Morrinhos, 2019.
57 p.

Monografia (Graduação em Licenciatura em Química) --
Instituto Federal Goiano, Campus Morrinhos, 2019.

1. Parâmetros físico- químicos da água. 2. Análises
de metais. 3. Espectrometria de absorção atômica. I.
Carlos Chaves Ribeiro, Antônio , orient. II.
Plácido da Costa, Deomar , co-orient. III. Título.



TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais; conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese | <input type="checkbox"/> Artigo Científico |
| <input type="checkbox"/> Dissertação | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia – Especialização | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input checked="" type="checkbox"/> TCC - Graduação | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Thaylora Lynedo Marques
 Matrícula: 2014 204 221 550 263
 Título do Trabalho: Caracterização da qualidade da água da represa do Lajeado localizada no município de Morinhos - GO.

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: Não Sim, justifique: _____

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIIF Goiano: 15/03/19
 O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não
 O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Morinhos 13/03/2019
 Local Data

Thaylora Lynedo Marques
 Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:

[Assinatura]
 Assinatura do(a) orientador(a)



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO
CAMPUS MORRINHOS
LICENCIATURA EM QUÍMICA

TERMO DE APROVAÇÃO

Caracterização da qualidade da água da represa do Tjunqueiro localizada no município de Morrinhos

Thaywane Azevedo Marques

Trabalho de conclusão do Curso de Licenciatura em Química do Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos. Apresentado às 16h45min de 01 de março de 2019. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou a candidata aprovada.

Prof. Dr. Antonio Carlos Chaves Ribeiro
(IF Goiano – Morrinhos)
Orientador

Prof.ª Dr.ª Carla de Moura Martins
(IF Goiano – Morrinhos)

Prof. Dr. Leonardo Batista Pedrosa
(IF Goiano – Morrinhos)

Dedico este trabalho a todos os membros da minha família e aos amigos que sempre me apoiaram e me incentivaram a estudar. O esforço de todos esses anos de dedicação e empenho está se concretizando neste momento. Quero dedicar também ao meu Tio Gisley Azevedo que não se encontra mais presente em vida mas que ainda permanece no meu coração.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ser essencial em minha vida, autor do meu destino, meu guia, meu amigo, meu companheiro de todos os momentos. Ele é aquele que sempre me deu força, saúde e coragem para superar as dificuldades dessa longa caminhada.

Aos meus pais, pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

Ao Instituto juntamente com o seu corpo docente, direção e administração que me deram essa grande oportunidade.

Aos meus professores e ao meu orientador Antônio Carlos Chaves Ribeiro pelo suporte, atenção, correções e incentivos.

Ao meu coorientador Deomar Plácido da Costa pela ajuda no desenvolvimento da pesquisa e pelos conselhos.

Ao técnico de laboratório Tales de Oliveira Tavares por ter me dado assistência nas análises com o equipamento da absorção atômica.

Agradeço ao Robson e a Gleicy Júlia por ajudar no transporte para coletar as amostras e também por todas as informações e apoio.

Aos meus colegas que fizeram parte desta história e que compartilhamos juntos o sonho de ser um profissional capacitado a honrar nossa futura profissão. E por todos os anos de convivência que não foram fáceis, mas serão lembrados para sempre na minha memória.

Aos meus amigos em especial, Amanda Ávila, Laura Haime e o Renato Soares que sempre torceram pela minha felicidade e também por serem os melhores amigos que possuem os melhores corações e são incrivelmente lindos por dentro e por fora.

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

*“ Palavras podem descrever um copo d’água, mas
elas não podem saciar sua sede ” (Mestre Ariévlis).*

RESUMO

A água é essencial para a manutenção da vida animal e vegetal, pois necessitamos de água com qualidade e quantidade apropriadas para atender as nossas demandas de alimentação, higiene, saúde, entre outros. Nos últimos anos, há um aumento do número de mananciais contaminados em consequência de resíduos domésticos, públicos e industriais que são despejados diretamente nos corpos hídricos. O conhecimento sobre esses contaminantes é importante para compreender melhor os riscos à saúde da população, pois algumas dessas substâncias são nocivas, apresentando toxicidades capazes de causar enfermidades e patologias. A utilização de parâmetros físico químicos para identificar a qualidade da água é uma forma de monitorar e extrair informações. Nesse estudo, foi realizada a caracterização físico-química da água da represa do Tijuqueiro localizada no município de Morrinhos - Goiás, adjacente ao Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos. As amostragens de águas superficiais foram efetuadas no dia 30 de outubro de 2018. Ao longo do percurso da represa foram selecionados 6 (seis) pontos de coleta de amostras de água que foram submetidas às seguintes análises: pH, temperatura, teor de sólidos totais, condutividade, dureza e análise de metais pesados utilizando-se a espectrometria absorção atômica (EAA). Os resultados foram comparados com a Resolução CONAMA 357/05 (Classe 1) que estabelece atributos de qualidade de uso dessas águas para o consumo humano e animal, bem como para a irrigação de hortaliças que são consumidas cruas. Assim, pode-se afirmar que alguns resultados se mostraram irregulares quando comparados aos limites estabelecidos pela legislação brasileira. Os dados físico-químicos das amostras de água coletadas na região, encontram-se dentro dos padrões. No entanto, houve alterações quanto a análise de metais pesados, como Ferro, Cromo e Níquel que apresentaram quantias superior ao permitido pelo órgão ambiental. Nesse sentido, a pesquisa demonstrou em seu escopo que os altos níveis desses metais podem ser oriundos em sua maioria de contaminações antrópicas, que prejudicam a qualidade da água da irrigação e conseqüentemente interfere na saúde dos consumidores dos demais usuários. Para o alcance de dados mais detalhados seria interessante a realização de diferentes análises e de um monitoramento mais aprofundado na região, pois estes resultados apresentados são apenas indicativos de que há uma possível contaminação de metais pesados nas águas superficiais da represa Tijuqueiro.

Palavras-chaves: Qualidade da água; Análises de metais; Espectrometria de absorção atômica.

ABSTRACT

Water is essential for the maintenance of animal and plant life, because we need water with adequate quality and quantity to meet our demands for food, hygiene, health, among others. In recent years, there is an increase in the number of contaminated springs as a consequence of domestic, public and industrial residues that are dumped directly into the water bodies. Knowledge about these contaminants is important to better understand the health risks of the population, because some of these substances are harmful, presenting toxicities capable of causing diseases and pathologies. The use of chemical physical parameters to identify water quality is a way to monitor and extract information. In this study, the physicochemical characterization of the water from the Tijuqueiro dam located in the county of Morrinhos-Goiás, adjacent to the Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos was carried out. Surface water samples were carried out on October 30, 2018. Along the route of the dam were selected 6 (six) points of collection of water samples that were subjected to the following analyses: PH, temperature, total solids content, conductivity, hardness and analysis of heavy metals using spectrometry Atomic absorption (AAS). The results were compared with Conama resolution 357/05 (Class 1) that establishes attributes of quality of use of these waters for human and animal consumption, as well as for the irrigation of vegetables that are consumed raw. Thus, it can be affirmed that some results were irregular when compared to the limits established by Brazilian legislation. The physicochemical data of the water samples collected in the region are within the standards. However, there were alterations in the analysis of heavy metals, such as iron, chromium and nickel that presented amounts higher than that allowed by the environmental organ. In this sense, the research has demonstrated in its scope that the high levels of these metals can be originated in most of the anthropic contaminations, which impair the quality of irrigation water and consequently interfere in the health of the consumers of the other Users. In order to achieve more detailed data, it would be interesting to perform different analyses and more thorough monitoring in the region, as these results are only indicative of the possible contamination of heavy metals in Surface waters of the Tijuqueiro Dam.

Keywords: Water quality; Metal analysis; atomic absorption spectrometry.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama esquemático de um espectrofotômetro de chama	28
Figura 2: Vista área da represa do Tijuqueiro.....	34
Figura 3: Equipamento pHmetro- Tecnopon 210	36
Figura 4: Equipamento Condutivímetro CG1800.....	36
Figura 5: Amostras Tituladas.....	38
Figura 6: Equipamento de Absorção Atômica com chama do Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos.....	39
Figura 7: Espectrômetro de absorção atômica com chama e suas principais partes	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classificação da dureza	26
Tabela 2: Pontos de coleta e suas respectivas coordenadas geográficas	34
Tabela 3: Concentrações das soluções da curva de calibração de acordo com o metal	40
Tabela 4: Resultados dos parâmetros físico-químicos analisados.....	41
Tabela 5: Resultados da análise de dureza nas amostras	43
Tabela 6: Valores médios, desvio padrão das amostras do Tijuqueiro em 2015	43
Tabela 7: Resultados da análise de metais pela espectrometria de absorção atômica.....	44

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAS	<i>Atomic Absorption Spectrometry</i> (Espectrometria de absorção atômica)
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional de Águas
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
EDTA	Ácido etilenodiaminatetracético
ETA	Atomização eletrotérmica
ETAAS	Espectrometria de absorção atômica com atomização eletrotérmica
FAAS	<i>Flame Atomic Absorption Spectrometry</i> (Espectrometria de absorção atômica com chama)
IAL	Instituto Adolfo Lutz
ICP-MS	Espectrometria de massas com plasma indutivamente acoplado
<i>In situ</i>	No local
IQA	Índice de Qualidade da Água
MS	Ministério da Saúde
NBR	Normativa Brasileira de Regulamentação
pH	Potencial hidrogeniônico
RSD	<i>Relative Standard Deviation</i> (Desvio Padrão Relativo)

LISTA DE SÍMBOLOS

°C	Graus Celsius
%	Porcentagem
Cu	Cobre
Cr	Cromo
Fe	Ferro
Kg dm ⁻³	Quilograma por decímetro cúbico
L	Litro
lb fin ⁻²	Libra força por polegada quadrada
Mn	Manganês
mg	Miligrama
mg L ⁻¹	Miligrama por litro
mS m ⁻¹	Milisiemens por metro
mS cm ⁻¹	Milisiemens por centímetro
Ni	Níquel
nm	Nanômetro
ng m ³	Nanograma por metro cúbico
µg L ⁻¹	Micrograma por litro
µS cm ⁻¹	Microsiemens por centímetro
Zn	Zinco

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
2. OBJETIVOS	18
2.1 OBJETIVO GERAL	18
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
3. JUSTIFICATIVA	19
4. FUNDAMENTAÇÃO TEORICA	21
4.1 ANÁLISE DE ÁGUA	22
4.1.1 Temperatura	23
4.1.2 Condutividade elétrica	23
4.1.3 Sólidos Totais	23
4.1.4 Potencial Hidrogeniônico (pH)	24
4.1.5 Dureza	25
4.2 ANÁLISE DE METAIS	26
4.2.1 Espectrometria de Absorção Atômica	27
4.2.2 Cobre	29
4.2.3 Cromo	30
4.2.4 Ferro	30
4.2.5 Manganês	31
4.2.6 Níquel	31
4.2.7 Zinco	32
5. METODOLOGIA	33
5.1 LOCAL DE ESTUDO	33
5.2 AMOSTRAGEM	33
5.2.1 Local de coleta e Armazenamento das amostras	33
5.3 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL	35
5.3.1 Análises físico-químicas	35
5.3.2 Análise da Temperatura	35
5.3.3 Análise de pH	35
5.3.4 Análise de condutividade elétrica	36
5.3.5 Análise de dureza da água	37
5.3.6 Análise do teor de sólidos totais	38
5.3.7 Análise de metais	38
6. RESULTADOS E DISCUSSÕES	41
6.1 Resultados dos parâmetros físico-químicos	41
6.2 Resultado da análise de metais	44
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	47

REFERÊNCIAS	48
APÊNDICE A- Curvas de Calibração	56
APÊNDICE B- Tabela completa dos resultados obtidos	57

1. INTRODUÇÃO

A água é essencial para a manutenção da vida animal e vegetal. Cerca de 71% da superfície da Terra é coberta por água, constituindo-se assim a espécie química mais abundante em nosso planeta. Naturalmente é encontrada em três estados físicos: sólido, líquido e gasoso. A Grande Enciclopédia Delta Larousse (1978, p. 144 apud BRUNI, 1994, p. 57) define a água como um corpo líquido, incolor, inodoro, insípido, resultante da combinação de um volume de oxigênio e dois volumes de hidrogênio, sendo capaz de refratar a luz e dissolver outros compostos.

Do total de água no mundo, apenas 3% representa a água doce, que é a mais usufruída pelo homem. A água doce é responsável pela variação climática, preservação dos rios, lagos e oceanos, além de propiciar as condições fundamentais para o desenvolvimento de plantas e animais (RIBEIRO; ROLIM, 2017). A água contribui para várias funções do organismo como, formação de líquidos corporais, digestão dos alimentos, reações químicas, manutenção da temperatura corporal, transporte de nutrientes etc. (AZEVEDO; PEREIRA; PAIVA, 2016). “De maneira geral, ela é de suma importância para as áreas da saúde, da alimentação, da irrigação, do meio ambiente dentre outros setores.” (BOZO; GABRIEL; PIAZENTIN, 2016).

O ser humano necessita de água com qualidade e quantidade apropriadas para atender suas demandas de alimentação, higiene, saúde, etc. A especificação da qualidade da água é realizada por meio de análises e dependendo do local ou da sua origem, o resultado pode apresentar dados variáveis (BRASIL, 2006).

Nos últimos anos houve um aumento da quantidade de rios, nascentes e lagos contaminados, em consequência de resíduos domésticos, públicos e industriais que são despejados diretamente nas águas. Esses contaminantes possuem categorias diferenciadas como: agentes químicos orgânicos e inorgânicos, agentes físicos e agentes biológicos (ANDRADE *et al.*, 2016).

É fundamental ter um conhecimento sobre os contaminantes químicos na água para consumo, compreendendo melhor os riscos à saúde da população, já que essas substâncias apresentam toxicidades capazes de provocar diversas enfermidades (BERGAMASCO *et al.*, 2011).

A qualidade da água de um determinado recurso hídrico é avaliada dependendo das substâncias presentes, para isso utiliza-se o termo parâmetros de qualidade da água (GLÓRIA; HORN; HILGEMANN, 2017). Os resultados dos parâmetros de qualidade de água podem ser visualizados por meio do Índice de Qualidade da Água (IQA) e análise estatísticas (CANDIDO;

2015). O IQA é o principal indicador qualitativo usado para analisar a qualidade de água do país. Este índice possui o propósito de avaliar a qualidade da água bruta tendo em vista o abastecimento público, após o tratamento. É composto por nove parâmetros, com predomínio de indicadores de contaminação originada pelo lançamento de esgotos domésticos (ANA, 2005). Mas, o mesmo pode ser utilizado para avaliar a qualidade das águas próximas a áreas com atividades agropecuárias (LEITÃO *et al.*, 2015).

Os parâmetros que integram o IQA e seus respectivos pesos são: oxigênio dissolvido (0,17), coliformes termotolerantes (0,15), turbidez (0,08), fosforo total (0,10), nitrogênio total (0,10), temperatura da água (0,10), pH (0,12), resíduo total (0,08) e Demanda Química de Oxigênio- DQO (0,10). Os valores finais de IQA são expostos em diferentes categorias de qualidade representados por tabelas ou quadros (VIANA, 2013). No entanto, no presente trabalho, procurou-se utilizar somente alguns parâmetros que compõe o IQA, já que o mesmo apresenta algumas limitações, como o fato de não se analisar metais pesados, pesticidas e compostos orgânicos.

No Brasil o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) dispõe de regulamentos e legislações relacionados à água. A resolução n° 357 de 2005 (alterada pela Resolução 410/2009 e pela 430/2011) estabelece sobre a classificação dos corpos de água e as normas ambientais para o seu enquadramento, além de instituir as condições e padrões de lançamento. As águas doces são classificadas em: classe especial, classe 1, classe 2, classe 3 e classe 4.

A disposição dos corpos de água em classes constitui um significativo instrumento de gerenciamento de recursos hídricos, exigindo um entendimento acerca da qualidade das águas e as influências ambientais e antrópicas interferentes, assim, para garantir os padrões de diversos usos pretendidos pela sociedade é essencial a utilização de normas de qualidade das águas (TEIXEIRA *et al.*, 2011).

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Caracterizar a qualidade água da represa do Tijuqueiro, adjacente ao Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos localizado no município de Morrinhos-Goiás, a partir de alguns parâmetros físico-químicos.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar e quantificar metais pesados porventura presentes;
- Verificar os dados e comparar com os padrões estabelecidos pela literatura;
- Discutir sobre a importância da análise de água.

3. JUSTIFICATIVA

O tema da água é um assunto quem vem sendo abordado em livros, artigos, teses e noticiários, por conta de ser indispensável para a vida. A qualidade da água é um fator imprescindível para a saúde da população e dependendo da circunstância, sua presença pode acarretar a propagação de patologias (BRASIL, 2013).

A portaria N°518/2004 Ministério da Saúde estipula que os parâmetros físico-químicos da água para consumo devem atender aos padrões de potabilidade estabelecidos (JÚNIOR, 2012). O monitoramento da qualidade de água é importante para caracterizar os pontos problemáticos e comportamento da dinâmica de um ambiente aquático (VILELA, 2010).

A determinação dos índices de qualidade da água e também a determinação de metais pesados solúveis, despontam como os principais indicadores da potabilidade e da possibilidade de consumo pelos seres humanos e na irrigação.

Diante deste cenário, torna-se necessária a realização de estudos e pesquisas sobre a qualidade de água e a determinação de alguns contaminantes na represa do Tijuqueiro, adjacente do Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos, visto que se emprega a água do lago no sistema de agricultura irrigada por meio de um pivô, bem como para consumo humano.

O emprego de indicadores de qualidade da água configura-se como um importante componente no planejamento de projetos que possuem a intenção de utilizar a água (ZONTA, *et al.*, 2004). A indicação da concentração de contaminantes químicos podem informar sobre a presença destes compostos em corpos d'água, bem como inferir os prováveis impactos causados ao meio ambiente (OLIVEIRA; SILVA, 2013).

A agricultura irrigada depende tanto da quantidade como da qualidade da água, sendo a longo prazo a qualidade um dos fatores mais importantes (BARROSO, 2011). A qualidade da água de irrigação é um fator significativo, em razão de que podem produzir alguns efeitos indesejáveis na agricultura, e ainda, pode disseminar a contaminação de doenças, já que alimentos irrigados com esta água são consumidos por parte da população. A presença de algumas substâncias químicas pode ocasionar a perda de desempenho de equipamentos ou até mesmo inviabilizar o sistema de irrigação como um todo (SILVA *et al.*, 2011). De acordo com Belizário, Soares e Assunção (2014, p. 54):

Para a irrigação, a deterioração da qualidade da água pode resultar em um ou mais problemas, como o comprometimento ou aumento dos custos de operacionalização de sistemas de irrigação, a inviabilização da adoção de culturas irrigadas em que o uso da água pode implicar em contaminação dos alimentos e risco a saúde humana e animal, além do risco de tornar o solo improdutivo devido ao excesso de sais na água.

Sendo assim, para que haja a garantia de uma boa qualidade da água é indispensável a realização de análises químicas, físicas e microbiológicas. No presente trabalho, portanto pretende-se evidenciar sobre as análises químicas realizadas nas águas da represa adjacente ao Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos, com intuito de analisar as suas características e conformidades. Os parâmetros analisados foram: temperatura, pH, condutividade, dureza e teor de sólidos totais. Também foram analisados os seguintes metais: Cobre, Cromo, Ferro, Níquel, Manganês e Zinco.

4. FUNDAMENTAÇÃO TEORICA

Água é a fonte da vida. Nos tempos mais remotos da história humana na Terra, a água foi o constituinte notável, primordial e fomentador de transformações. A água nos tempos antigos era apontada como o manancial que conferia o princípio de todas as coisas visíveis e materiais. A existência da água sempre foi e sempre será, responsável pelo desenvolvimento e progresso da civilização humana (DUARTE, 2014).

O campo de estudo sobre a água é bastante amplo e pode ser trabalhado a partir de vários enfoques. A presença ou ausência de água é o que encerra ou dá vidas as espécies e determina o futuro de gerações. Graças a essa substância essencial, é possível escrever e vivenciar histórias, culturas e hábitos. Portanto a água é o fator principal para a manutenção da vida no planeta Terra (BACCI; PATACA, 2008).

O interesse pela qualidade da água para a saúde pública só se tornou um fato intrigante no final do século XIX e no início do século XX. Antigamente a qualidade da água era relacionada apenas com aspectos estéticos e sensoriais, como cor, gosto e odor. As metodologias para melhoria da qualidade da água baseavam-se no emprego de técnicas como filtração, exposição ao sol e fervura (TONON, 2013). Atualmente a disponibilidade de água com qualidade é cada vez menor, devido aos altos índices de poluição, lançamentos indiscriminados de efluentes poluídos, provenientes de esgotos urbanos e industriais.

A água pode ser classificada em: água bruta; água tratada e água potável. Na natureza a água encontrada sobre a superfície dos solos ou nas camadas subterrâneas, é denominada água bruta. Geralmente é retirada de rio, lago, reservas subterrâneas ou outro manancial. Após o tratamento conveniente, é designada água tratada. A água destinada para o consumo humano, que atende aos parâmetros fixados pelo padrão de potabilidade, é intitulada como água potável (PIRES; FIELD'S, 2010).

O conceito de qualidade da água é atribuído às suas características que podem influenciar sua apropriação para uso específico, em outros termos, a relação entre a qualidade da água e as necessidades do desfrutador. Sendo assim, uma água é considerada de qualidade, conforme a finalidade a qual se deseja empregar. É definida por uma ou mais características químicas, físicas ou microbiológicas (SILVA *et al.*, 2011).

4.1 ANÁLISE DE ÁGUA

A água possui diversos constituintes que podem ter diferentes origens, sendo por fatores naturais ou antrópicos. Na caracterização da água são definidos alguns parâmetros que representam suas características físicas, químicas e biológicas (OSHIRO; MARTINS, 2011). A análise de qualidade de água fundamenta-se na comparação dessas características com os padrões estabelecidos por lei, visando os diferentes tipos de usos previstos (JUNIOR; OLIVEIRA, 2014).

As características físicas são definidas como as impurezas observadas a partir do ponto de vista físico, estando relacionada em geral, aos sólidos existentes na água. Estes sólidos podem ser em suspensão, coloidais ou dissolvidos, conforme o seu tamanho. As características químicas podem ser representadas por uma das suas classificações: matéria orgânica ou inorgânica. Já os seres vivos ou mortos identificados na água são categorizados nas características biológicas (VON SPERLING, 1996).

A qualidade da água de represas e lagos costuma-se alterar com a profundidade, em razão da existência de matéria orgânica e de outras substâncias. A presença de algas também é frequente neste tipo de água. A origem dos lagos e represas pode ser oriunda por intermédio da natureza ou artificial. Estes mananciais são instituídos por operações executadas em um rio ou córrego, com a finalidade de reter o volume necessário para a preservação das captações ou para assegurar o fornecimento de água no período de estiagem (SILVA *et al.*, 2001).

A utilização de parâmetros físicos - químicos para identificar a qualidade da água é uma forma de monitorar e extrair informações que podem evitar danos no corpo de água ao longo do tempo (GALDINO; TROMBINI, 2011). As características físicas exercem um forte impacto no funcionamento do ecossistema aquático e podem fornecer indícios sobre a qualidade da água. Esses parâmetros também podem indicar alterações químicas na água, sendo fundamental a realização de análises mais aprofundadas (VASCONCELOS, 2015).

A lista de parâmetros físicos para analisar a água compreende: Cor, sabor, odor, temperatura, turbidez, sólidos e condutividade elétrica. Os parâmetros químicos são: pH, dureza, alcalinidade, cloretos, ferro, manganês, fósforo, nitrogênio, fluoretos, oxigênio dissolvido, matéria orgânica, demanda bioquímica de oxigênio, demanda química de oxigênio, componentes inorgânicos e componentes orgânicos. E os parâmetros biológicos são: coliformes e algas (OSHIRO; MARTINS, 2011).

Na água bruta geralmente são realizadas as análises: Cor; pH; temperatura; odor; alcalinidade; matéria orgânica; oxigênio dissolvido; dióxido de carbono; ferro; manganês e

dureza (SAMAE *et al.*, 200?). A seguir estão descritos os parâmetros pertinentes para este trabalho.

4.1.1 Temperatura

A temperatura da água e dos fluidos, aponta a magnitude da energia cinética do movimento aleatório das moléculas e sintetiza o fenômeno de calor à massa líquida. É um dos principais parâmetros, porque influencia em algumas propriedades da água como a densidade, viscosidade e oxigênio dissolvido, que produzem repercussões sobre a vida aquática (SILVA, *et al.*, 2011). É preciso medir a temperatura no local. Pois este parâmetro está sempre em alteração dinâmica e gradativamente irá alcançar a mesma temperatura de ar que a rodeia. É medida por meio de um termômetro de vidro, preenchido com álcool/ tolueno ou mercúrio com graduação de 0,1°C. Mas também pode ser medida utilizando-se um termômetro eletrônico, ajustado a um condutivímetro (MATTHIENSEN *et al.*, 2014).

4.1.2 Condutividade elétrica

Indica a capacidade da água natural de transmitir corrente elétrica em função da presença de substâncias dissolvidas que se dissociam em cátion ou ânions. A condutividade elétrica possibilita associação do teor de salinidade, aspecto pertinente para muitos mananciais subterrâneos e águas superficiais próximas ao litoral susceptíveis à intromissão de água salgada. Também é relevante em regiões vulneráveis a altas taxas de evaporação e baixa intensidade pluviométrica (LINBÂNIO, 2010). A condutividade é medida em miliSiemens por metro ($1 \text{ mS m}^{-1} = 10 \text{ mS cm}^{-1}$) (MATTHIENSEN *et al.*, 2014).

Em ambiente lênticos (lagos e represas), o aumento da condutividade elétrica específica fornece indícios da deterioração do manancial, devido ao assoreamento e aumento da evaporação, concentrando sais na água (SILVA, 2009). Além disso, medidas de condutividades são significativas na área de reuso de águas, principalmente na prática da irrigação, aquicultura e prevenção de corrosão (OLIVEIRA *et al.*, 1999).

4.1.3 Sólidos Totais

O termo sólido é relativo a matéria que persiste como resíduo após a evaporação, secagem ou calcinação, combinada a uma temperatura padrão e por um tempo ajustado a um

volume de amostra conhecida. Os sólidos podem interferir sobre a vida aquática na medida em que impedem a penetração da luz, induzem o aquecimento da água, provocando a diminuição da quantidade de oxigênio dissolvido no meio, ocasionando na perda dos organismos aquáticos aeróbios (LOUGON *et al.*, 2009).

A Norma Brasileira de Regulamentação NBR 10664 (1989) classifica os sólidos em: Sólidos totais; sólidos fixos; sólidos voláteis; sólidos em suspensão; sólidos em suspensão fixa; sólidos em suspensão voláteis; sólidos dissolvidos e sólidos sedimentáveis. As substâncias que persistem na cápsula após a total secagem de um volume fixo da amostra, são denominadas de sólidos totais. As que permanecem na cápsula após a calcinação em forno-mufla são sólidos fixos. Os sólidos voláteis surgem em decorrência da subtração entre os sólidos totais e os sólidos fixos. As substâncias que após a filtração e secagem, ficam retidas na membrana são identificadas como sólidos em suspensão. A suspensão em fixo abrange aquelas que permanecem na membrana depois da filtração, secagem e calcinação; já a suspensão em voláteis são as que se volatilizam após a calcinação no forno-mufla. Por último os sólidos sedimentáveis são todas as substâncias presentes em 1(um) litro de amostra que sedimentam por ação da gravidade. Emprega-se na determinação de sólidos métodos gravimétricos ou método volumétrico.

4.1.4 Potencial Hidrogeniônico (pH)

O potencial hidrogeniônico (pH) consiste na concentração dos íons H^+ nas águas e indica a intensidade das condições ácidas ou alcalinas do ambiente aquático. Pode influenciar no grau de solubilidade de algumas substâncias, na intensidade da cor, na distribuição das formas livres e ionizada de diversos compostos químicos. Nas águas naturais identifica-se um pH variando de 6,0 a 8,5, intervalo apropriado para a conservação da vida aquática (LIBÂNIO, 2016).

Algumas modificações nos valores de pH podem aumentar o impacto de substâncias químicas tóxicas para organismos aquáticos. Para a proteção da vida aquática o pH deve estar entre 6 e 9 (ANA, 2005). Valores de pH menores que 5 permitem a solubilização dos metais, tornando as águas mais tóxicas, visto que metais tendem a precipitar em pH mais elevados (FAIAL, 2009).

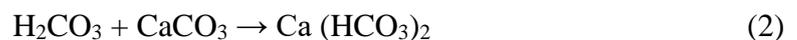
O pH das águas naturais é alterado pelas concentrações de íons H^+ oriundos da dissociação do ácido carbônico, que resulta em baixos valores de pH e das reações de íons carbonato e bicarbonato com a molécula de água, que promovem aumento nos valores de pH

na faixa alcalina (MISTURA, 2015). Para a determinação de pH: são utilizados alguns equipamentos como: potenciômetros ou colorímetros (BRASIL, 2013).

4.1.5 Dureza

A dureza é definida como a concentração de cátions multimetálicos em solução, como íons de Cálcio (Ca^{+2}), magnésio (Mg^{+2}), e em menor quantidade alumínio (Al^{+3}), ferro (Fe^{+2}), manganês (Mn^{+2}) e estrôncio (Sr^{+2}). A dureza total é calculada como a soma das concentrações de íons de cálcio e magnésio na água, que é referido como carbonato de cálcio. Pode ser classificada em dois tipos: dureza da água temporária e dureza da água permanente. A temporária é ocasionada pela existência de bicarbonatos de cálcio e magnésio. Possui a característica de ser resistente à ação dos sabões e acarreta em incrustações. Os bicarbonatos pela influência do calor dissociam em gás carbônico, água e carbonos insolúveis que precipitam. Já a dureza permanente corresponde à presença de sulfatos, cloretos e nitratos de cálcio e magnésio. Diferentemente da dureza temporária, esta não causa incrustações, porque seus sais são solúveis na água (BRASIL, 2014).

A principal origem da dureza nas águas é o seu caminho pelo solo, por conta da dissolução da rocha calcária pelo gás carbônico (CO_2) dissolvido na água (H_2O). A água da chuva em contato com o solo tem sua concentração de gás carbônico elevada, devido a decomposição da matéria orgânica. Esse gás carbônico reage com as moléculas da água, dando origem ao ácido carbônico (H_2CO_3) (1). O ácido carbônico é um ácido fraco, que se dissocia e promove a dissolução do carbonato de cálcio. Forma-se assim, o bicarbonato de cálcio que é solúvel em água e o composto resultante atravessa as camadas da terra para formar os lençóis subterrâneos (2) (GODOY, 200?). Por isso é comum as águas subterrâneas apresentarem dureza elevada em comparação com as águas superficiais (PIVELI, 200?). As reações químicas referentes a esse processo são exibidas abaixo:



Na determinação da dureza na água são vários os métodos que podem ser empregados, nomeadamente a titulometria e espectrofotometria. A dureza deve ser expressa em $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ de carbonato de cálcio (CaCO_3) (KOSLOSKI *et al.*, 2015). A Tabela 1 abaixo apresenta os parâmetros que classificam a dureza na água.

Tabela 1: Classificação da dureza

DUREZA	CONCENTRAÇÃO DE CaCO₃ (mg L⁻¹)
Branda	<50 mg.L ⁻¹
Muito Branda	Entre 50 e 150 mg.L ⁻¹
Dura	Entre 150 e 300 mg.L ⁻¹
Muito Dura	>300 mg.L ⁻¹

Fonte: Libânio, 2016

4.2 ANÁLISE DE METAIS

Na poluição do ar, solo e água, os metais exercem uma influência significativa, interferindo na preservação da biota terrestre, aquática, e de forma direta ou indireta na vida dos seres humanos. A presença de metais é remetida aos processos naturais, como o intemperismo das rochas e carregamento dos solos, e aos processos artificiais que se correlatam com os resquícios das atividades antropogênicas (LEITE, 2004). Os elevados teores de toxicidade dos metais pesados relacionados com a sua capacidade de bioacumulação ao longo da cadeia trófica, representam a importância do estudo e da determinação das suas concentrações em ambientes aquáticos (ROCHA; AZEVEDO, 2015).

O termo metal pesado pode ser dado aos elementos e às suas formas iônicas, que concernem ao grupo de transição e não transição da tabela periódica com densidade maior que 6 Kg.dm⁻³. Geralmente são relacionados com a contaminação e toxicidade, no entanto a presença de alguns desses elementos em pequenas concentrações é necessária para os seres vivos (ALLOWAY e AYRES, 1997, apud CHAVES, 2008). Agências de controle ambiental constataram que a um grupo de treze metais que são considerados como perigosos em capacidade tanto para a saúde humana, como para a biota aquática. Estão incluídos: Antimônio, arsênio, cádmio, cromo, berílio, chumbo, níquel, selênio, prata, tálio, zinco, mercúrio e cobre (FAIAL, 2009).

Em águas naturais os metais pesados ou metais-traço apresentam sob diferentes formas químicas. Eles podem estar complexados com ligantes inorgânicos simples, como água, haletos, carbonatos, sulfatos ou por ligantes orgânicos, como ácido húmico e fúlvico, açúcares, aminoácidos, carboidratos e polímeros. As características físico-químicas (pH, força iônica, potencial redox, presença de outros íons) do meio também podem interferir nos íons metálicos (MONTEIRO *et al.*, 2018).

Algumas técnicas analíticas são utilizadas para quantificar metais pesados com alta precisão e sensibilidade, como a espectrometria de absorção atômica (AAS) e a espectrometria de massas com plasma indutivamente acoplado (ICP-MS) (MONTEIRO *et al.*, 2014). Podem ainda ser utilizados alguns métodos clássicos como a colorimetria.

A espectrometria de absorção atômica com atomização eletrotérmica (ETAAS) é excelente em examinar baixas concentrações de elementos, possuindo uma alta sensibilidade, boa seletividade, e carece de pequenos volumes da amostra e apresenta os melhores limites de detecção (GODOI, 2006). Nesta técnica o tubo de grafite é usado como atomizador, e previamente a etapa de atomização, a amostra é sujeitada a um programa de temperatura que tende a isolar os concomitantes do analito. Geralmente este programa inclui etapas de secagem, pirólise, atomização e limpeza (HOEPFNER, 2010). Já o ICP-MS é uma técnica que pode detectar mais de 70 elementos em pouco tempo. Os íons produzidos no plasma são inseridos no analisador de massas no qual são escolhidos conforme sua razão massa-carga e posteriormente são detectados (SKOOG *et al.*, 2006).

Na presente pesquisa analisou-se os seguintes metais presentes na água: Cobre, Cromo, Ferro, Manganês, Níquel e Zinco. Para todos estes metais pode-se utilizar o ICP-MS e o AAS, mas no caso do Cobre, podem também ser usados a neocuproína, eletrotérmico e bathocuprine. No caso do manganês o procedimento mais utilizado é o método colorimétrico por persulfato, pois permite controlar a interferência do íon cloreto usando o íon mercúrio. A fim de determinar o cromo em água, o método colorimétrico é utilizado para identificar cromo hexavalente na faixa de 100 a 1000 $\mu\text{g L}^{-1}$. A ETAAS é apropriada para baixos níveis de cromo total ($<50 \mu\text{g L}^{-1}$) e a ICP-MS é pertinente para medição de concentração até miligramas por litro (APHA, 1998).

A seleção da metodologia é um fator que vai depender dos objetivos do operador, da exatidão, do número de amostras a serem processadas e da disponibilidade dos recursos (PIVELI, 2007). Por esses motivos, foi empregado nas análises dos metais a espectrometria de absorção atômica com chama (FAAS- do inglês *Flame Atomic Absorption Spectrometry*).

4.2.1 Espectrometria de Absorção Atômica

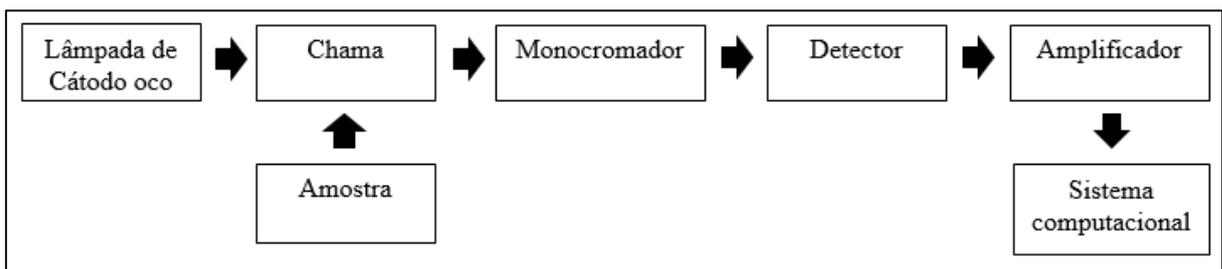
É uma técnica analítica que mede a concentração dos elementos, por meio da introdução de uma solução de amostra num atomizador, utilizando um sistema de nebulização. Foi desenvolvida em meados dos anos 50 por Alan Walsh que publicou o seu trabalho na revista *Spectrochimica Acta* (RIBEIRO; ARRUDA; CADORE, 2001). Em 1959 o russo Boris V.

L'vov aprimorou a técnica e formulou o conceito de atomização eletrotérmica (ETA). Posteriormente elaborou um trabalho onde a amostra era colocada na superfície de um eletrodo móvel de grafite, depois introduzida em um eletrodo de grafite revestido com uma folha de tântalo, que era aquecido eletricamente. A técnica foi difundida e aperfeiçoada em anos posteriores (ANTONIO, 2008).

A instrumentação básica da FAAS é composta por uma fonte de emissão, que costuma ser uma lâmpada de cátodo oco ou de descarga sem eletrodo; célula de absorção que é uma chama; monocromador; detector; amplificador e de um sistema de leitura, conforme a Figura 1 (BLANCO; NETO, 2015). Geralmente o acetileno é empregado como gás combustível e exige baixos níveis de fosfina e sulfureto de hidrogênio para gerar uma chama mais limpa praticamente livre de interferentes. O ar sintético e o óxido nítrico são frequentemente utilizados como um gás oxidante e demandam de baixos níveis de água, hidrocarbonetos, monóxido de carbono (CO) e gás carbônico (CO₂) para assegurar a precisão analítica ideal (APLICAÇÕES, 1996).

Hoje o funcionamento deste dispositivo baseia-se em um feixe de luz oriundo de uma lâmpada formada a base do elemento que se planeja analisar, e é direcionado por uma nuvem do elemento atomizado em uma chama ou cubeta do forno de grafite, deslocando-se por um monocromador até alcançar o detector. A quantidade de energia absorvida no comprimento de onda determinado é rigorosamente proporcional à concentração do elemento na amostra, obedecendo a lei de Beer (ARINE, 2000).

Figura 1: Diagrama esquemático de um espectrofotômetro de chama



Fonte: Adaptado de Harris (2008)

Em pesquisas analíticas a amostra na fase líquida é aspirada e nebulizada para produzir um aerossol, que constitui uma combinação da amostra com os gases combustíveis e comburentes. Esse composto resultante é dirigido até a chama, que possui uma temperatura em torno de 2100°C a 2800°C e é convertido ao estado atômico fundamental gasoso, onde absorve radiação de comprimento de onda específico. A radiação absorvida pode ser mensurada e pode-se definir a quantidade por meio da curva de calibração (RIBEIRO, 2011).

A partir da absorção atômica é possível determinar cerca de 60 a 70 elementos. No entanto possui algumas limitações, pois não é possível analisar mais de um elemento por vez e as lâmpadas possuem uma vida útil (SKOOG *et al.*, 2006). Os intervalos espectrais da absorção são estreitos, pois corresponde à largura da linha atômica emitida pela fonte de radiação, reduzindo as informações existentes sobre o ambiente espectral, ocasionando em detecção de ordem de mg L^{-1} (BORGES *et al.*; 2005). O equipamento é controlado por meio de um software, que possibilita o processamento total dos dados após a leitura, permitindo também criar métodos, análises e poder reprocessar os dados off-line, otimizar temperaturas de pirólise, atomização, assim como volumes de amostra e modificador (PERLINELMER, 2011).

A AAS é considerada uma importante técnica de determinação de metais, possuindo baixo custo de operação e baixa possibilidade de produzir interferentes espectrais (AMORIM *et al.*, 2008).

4.2.2 Cobre (Cu)

Proveniente do termo “aes cyprium” - minério de Chypre (Chipre), mais tarde conhecido como “cuprum”, palavra latina que deu origem ao símbolo químico Cu. O cobre possivelmente foi o primeiro metal a ser descoberto e trabalhado pelo ser humano, sendo encontrado principalmente nos minerais calcocita, calcopirita e malaquita. É dúctil, maleável e possui uma coloração avermelhada. Apresenta número atômico 29, peso atômico 63.54, dureza de 2,5 a 3,0, ponto de fusão $1.023\text{ }^{\circ}\text{C}$, brilho metálico, sendo um ótimo condutor de eletricidade, com elevada resistência a tensão física e à corrosão. Tem a capacidade não magnética e pode constituir ligas com outros metais (RIBEIRO, 2001). Pode apresentar número de oxidação (+I), (+II), (+III), quando associados com outros elementos. Há uma predisposição do íon do cobre (+I) oxidar para (+II), e ambos podem ser descobertos em solução aquosa (RODRIGUES; SILVA; GUERRA, 2012). Na água, frequentemente está presente em concentrações inferiores a $20\text{ }\mu\text{g L}^{-1}$. Em concentrações altas devem ser provenientes de processos industriais ou agrícolas, podendo ser prejudicial à saúde e também conceder sabor às águas (PIVELI, 200?).

Apesar do homem ter contato com o cobre por meio da ingestão de alimentos e água, em altas concentrações é capaz de produzir náusea, vômito, dor abdominal e diarreia. Em crianças a exposição prolongada por alimentos ou água contaminados pode produzir danos ao fígado (CETESB, 2012).

4.2.3 Cromo (Cr)

Considerado um metal branco prateado, é resistente à corrosão, rígido e um pouco tênue no seu estado puro. É empregado na constituição do aço e na galvanização do ferro e de outros metais. Possui a característica de ser bem negativo, de forma que se espera que o cromo reduza a água e se oxide. Os compostos do cromo possuem estados de oxidação de (+I) a (+VI), porém, os mais frequentes são os estados (+III) e (+VI), sendo o estado (+II) e (+IV) os de menor relevância (RUSSEL, 1994).

A toxicidade do cromo depende de seu estado de oxidação, sendo o estado (VI) mais tóxico que o estado (III). Essa diferença ocorre porque o íon cromato ao receber três elétrons, converte-se no cromo (III), formando uma estrutura octaédrica e modificando suas interações e diminuindo a sua toxicidade. Portanto ao mudar seu estado de oxidação, ocorre uma alteração na sua geometria, resultando em diferenças nas propriedades (ILBANEZ, 2002). Enquanto que sua forma trivalente é indispensável para os seres humanos, fornecendo nutrientes para a manutenção do metabolismo da glicose, lipídeos e proteínas. A ingestão de elevadas concentrações de compostos de cromo (VI) acarreta falência renal aguda, além do estado cromato poder causar dermatites, úlceras e perfurações no septo nasal (CETESB, 2012).

Boa parte dos compostos de cromo são levemente insolúveis na água, como é o caso do cromo (III) que se liga as partículas flutuantes. Entretanto, existem alguns compostos que são solúveis em água como o óxido de cromo (III), e o hidróxido de cromo (III) (PERIODIC, 1998).

4.2.4 Ferro (Fe)

Originado do latim *ferrum*, o ferro é um dos metais mais abundantes encontrados na natureza e é utilizado desde a antiguidade. Possui uma grande relevância biológica, pois seus compostos exercem inúmeras funções, como o transporte de elétrons em plantas e animais; transporte de oxigênio no sangue de mamíferos; armazenamento de oxigênio; componente da nitrogenase; sua deficiência no organismo pode ocasionar a anemia falciforme (LEE, 1999).

Numerosos na natureza, seus compostos são constituintes da composição química de solo, matéria vegetal e rocha. Nas águas superficiais o nível de ferro se eleva na medida que se aumentam as estações chuvosas, devido ao carreamento de solos e de possíveis erosões para as margens. Se apresenta nos estados de oxidação por Fe^{+2} e Fe^{+3} , sendo que o íon ferroso é mais solúvel do que o férrico (Fe^{+3}). Pode ocorrer em solução aquosa, estado coloidal, complexos inorgânicos e orgânicos ou em partículas em suspensão. A presença de ferro na água, conforme

a concentração pode ocasionar em uma coloração amarela e turva da água, resultando em um sabor amargo e adstringente (PIVELI, 200?). A existência de ferro na água também propicia o crescimento de bactérias que usam o ferro como forma de obter energia, provocando contaminação bacteriológica na água (CALDEIRA, 2008).

O excesso de ferro no organismo pode acarretar em algumas enfermidades, como a talassemia e a hemocromatose hereditária, que resultam em coloração amarelada na pele e/ou no globo ocular. Além disso o organismo não tem como eliminar o excesso de ferro, podendo então ocorrer algumas infecções generalizadas dependendo do compartimento sobrecarregado (ESPÓSITO, 2011).

Além disso, na água de irrigação, o ferro representa uma grande perturbação, devido a possibilidade de obstruir fisicamente as tubulações e emissores dos sistemas de irrigação, causando infortúnios (BARBOZA *et al.*, 2010).

4.2.5 Manganês (Mn)

Pertencente ao grupo dos elementos de transição, é encontrado em vários minerais e está distribuído em muitos ambientes geológicos, dissipado em uma abundância de rochas sob forma de óxidos, dentre os quais ressaltam-se: dióxidos, silicatos e carbonatos (SAMPAIO, 2008).

O manganês é crucial em pequenas quantidades para os organismos vivos pois auxiliam na manutenção da estrutura óssea, funcionamento do sistema nervoso e reprodutivo. Em níveis elevados pode resultar em efeitos neurológicos, alucinações, fraqueza, distúrbios, instabilidade emocional, entre outros (CETESB, 2012).

É um metal cinza escuro, duro e quebradiço, sendo bastante reativo. Apresenta uma extensa faixa de estados de oxidação, variando de (-III) a (+VII), sendo que o +II é o mais estável. Na água as espécies químicas mais comuns são Mn^{+2} , Mn^{+4} , Mn^{+7} . A sua solubilidade aumenta em pH baixos, sendo necessário uma alta velocidade de reação para sua remoção (ROCHA; AFONSO, 2012). Na água manifesta uma coloração negra, exibindo estados de oxidação Mn^{+2} (mais solúvel) e Mn^{+4} (menos solúvel) (PIVELI, 200?).

4.2.6 Níquel (Ni)

É um metal duro, de cor prata esbranquiçado, aplicado primordialmente na produção de aço inoxidável e em liga com o cobre, para produzir as ligas da moeda. Pode ser encontrado nos estados de oxidação do (-I) a (+IV), mas o mais comum é o Ni^{+2} , capaz de formar vários

complexos (ATKINS, 2012). É encontrado no solo, água, ar e biosfera. O níquel na água é oriundo dos ciclos biológicos e da solubilização de compostos a partir do solo, além da sedimentação na atmosfera. Uma água que não está contaminada costuma conter cerca de 300 ng m³ de Ni (PIRES, 2017).

Na água está presente como Ni²⁺ e às vezes como o carbonato de níquel II (NiCO₃) e pode estar dissolvido ou complexado com ligantes inorgânicos e outras partículas. Os seres humanos são expostos ao contato com níquel ao beber água, ingerir alimentos, respirar, e quando fumam cigarros. Em pequenas quantidades o níquel é necessário, mas pode ser perigoso para a saúde humana em altas quantidades. As consequências da ingestão em elevada dose aumentam probabilidade do desenvolvimento de câncer no pulmão, nariz, próstata, embolia, falhas respiratórias, asma, bronquite crônica, defeitos no feto, reações alérgicas, entre outros (PERIODIC, 1998).

4.2.7 Zinco (Zn)

Do alemão *zinke* que significa dente, o zinco é um elemento químico encontrado nos ambientes naturais, como na água e no solo, podendo ser aplicado na indústria de galvanização e é essencial para a vida. É identificado na natureza pela combinação com o enxofre e oxigênio, e por meio da união com o chumbo, cobre, prata e ferro (MEDEIROS, 2012).

Trata-se de maleável, dúctil, com coloração acinzentada. Apresenta 15 isótopos, sendo que apenas cinco são estáveis. É bom condutor de calor e eletricidade, e é quimicamente ativo. O zinco metálico em soluções ácidas, reage, liberando hidrogênio e forma íon Zn⁺² que se dissolve em soluções fortemente alcalinas para formar zincato, hidróxido de zinco (Zn (OH)₂) (PERIODIC, 1998).

Faz parte dos metais que são importantes para a saúde humana, já que participa da expressão do DNA e do crescimento, além de estar presente em muitas enzimas. Este metal só é tóxico em concentrações muito elevadas (ATKINS, 2012). O zinco em concentrações acima de 5,0 mg L⁻¹, confere sabor à água e uma certa opalescência em águas alcalinas (PIVELI, 200?).

5. METODOLOGIA

Os métodos analíticos empregados devem ser criteriosamente definidos afim de ser obter resultados autênticos. É relevante ressaltar que variações relacionadas à coleta, armazenamento, ou até mesmo preparação das amostras para análises podem influenciar os resultados (ANA, 2011). Para tanto, buscou-se executar os procedimentos conforme a literatura especializada, a fim de obter resultados com maior confiabilidade.

5.1 LOCAL DE ESTUDO

O presente estudo foi desenvolvido no município de Morrinhos - GO, mais precisamente nas dependências do Instituto Federal Goiano, Campus Morrinhos. Morrinhos é uma cidade brasileira localizada na região sul do Estado de Goiás, situado entre as coordenadas 17°43'54"S e 49°06'03"W. Possui um território de 2.976 km² e está na vertente goiana do Rio Paranaíba que é banhada pelos rios Piracanjuba e Meia Ponte, e pelos ribeirões Formiga, Monjolinho, da Divisa, Mimoso e outros menores (MORRINHOS, 2018). A área de estudo foi a represa do Tijuqueiro nas proximidades do Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos, situado entre a Br 153 e a GO 476. Esta represa abastece água para oito pivôs adjacentes, e para um pivô central de 0,1935 Km² em funcionamento dentro da Instituição. Foi fundada na década de 80 e possui 3 km de extensão (ROCHA, 2011).

5.2 AMOSTRAGEM

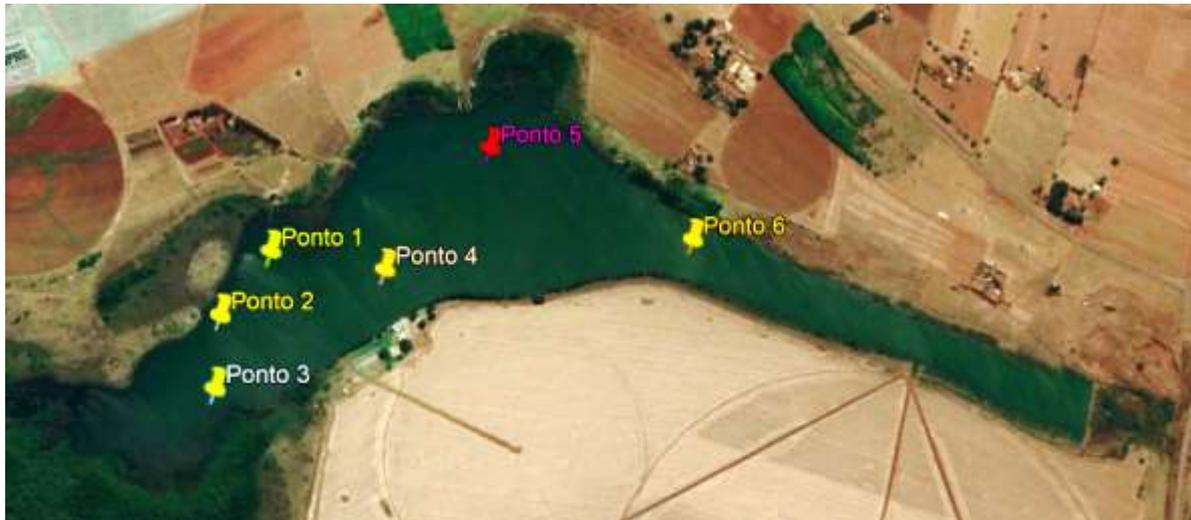
5.2.1 Local de coleta e Armazenamento das amostras

Ao longo do percurso da represa foram selecionados 6 (seis) pontos de coleta de amostras de água para avaliação da qualidade de água e posterior caracterização da área examinada. Os pontos foram diversificados em função de analisar as peculiaridades sobre o ambiente estudado, ou seja, com o objetivo de analisar a homogeneidade do corpo hídrico, pois a qualidade de um corpo d'água pode variar conforme o local (espacial) (LEITE, *et al*, 2013). A Tabela 2 possui informações referente a localização geográfica, enquanto que na Figura 2 é possível observar a distribuição dos pontos de coleta da represa.

Tabela 2: Pontos de coleta e suas respectivas coordenadas geográficas

Pontos de coleta	Coordenadas geográficas	
	Latitude	Longitude
Ponto 1	17°49'43.37"S	49°11'54.37"O
Ponto 2	17°49'47.04"S	49°11'59.82"O
Ponto 3	17°49'52.48"S	49°12'1.90"O
Ponto 4	17°49'47.73"S	49°11'45.98"O
Ponto 5	17°49'40.93"S	49°11'34.44"O
Ponto 6	17°49'53.36"S	49°11'21.20"O

Fonte: A autora

Figura 2: Vista área da represa do Tijuqueiro

Fonte: Google Earth (2018)

Para a realização da coleta na represa foi utilizado como transporte um barco particular, já que alguns dos pontos estão localizados no meio do manancial. As amostras foram coletadas em garrafas esterilizadas de plástico transparentes de 2 litros. Mergulhou-se o frasco, completando-o por inteiro e deixando apenas um curto espaço vazio para homogeneização da amostra. As amostragens de águas superficiais foram coletadas no dia 30 de outubro de 2018, a partir das 14:00 hrs. As amostras de água foram armazenadas em geladeira para análise das características físico-químicas e quantificação dos possíveis contaminantes químicos.

5.3 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

5.3.1 Análises físico-químicas

Para o desenvolvimento e execução deste trabalho foram analisados em todas as amostras os seguintes parâmetros físico-químicos: Temperatura, pH, condutividade elétrica, dureza da água e o teor de sólidos totais. As análises foram realizadas nos laboratórios de Química do Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos, nos períodos matutino e vespertino, em dias distintos.

5.3.2 Análise da Temperatura

Analisou-se a Temperatura no momento de coleta das amostras (*in situ*), utilizando um termômetro de mercúrio.

5.3.3 Análise de pH

As análises de pH foram realizadas por meio de um pHmetro, modelo Luca-210 da marca TECNOPON conforme mostrado na Figura 3. Este equipamento realiza a leitura direta do valor do pH da amostra. Primeiramente lavou-se o eletrodo de vidro com água destilada e secou com um pequeno papel absorvente. Realizou-se a calibração prévia do equipamento com solução tampão de pH 4,0 e 7,0, verificando-se a linearidade do eletrodo. Após a calibração, os eletrodos foram lavados com água destilada, e em seguida, as amostras foram analisadas. As amostras foram colocadas em um béquer 100 mL, lavando-se sempre a cada medida, com água destilada, o eletrodo e o compensador de temperatura. Esperou-se a leitura ficar constante para a anotação dos dados.

Figura 3: Equipamento pHmetro- TecnoPON 210



Fonte: A autora

5.3.4 Análise de condutividade elétrica

O parâmetro da condutividade elétrica foi realizado por meio de um condutivímetro de bancada modelo CG1800 da marca GEHAKA, como mostra a Figura 4. Após ligar o aparelho, lavou-se o sensor com água destilada enxugou-se com um papel. Foi colocado a ponta do sensor em 100 mL de cada amostra e deixou em repouso, até que a leitura do aparelho se estabilizasse. Foi lavado a célula com água destilada antes e depois de cada leitura. Toda a célula eletrolítica do aparelho foi coberta completamente pela água e todos estes procedimentos foram realizados com as 6 (seis) amostras.

Figura 4: Equipamento Condutivímetro CG1800



Fonte: A autora

5.3.5 Análise de dureza da água

O método utilizado para esta análise foi a titulação complexométrica que baseia-se na reação do ácido etilenodiaminatetracético (EDTA) ou seus sais de sódio, que formam complexos solúveis quelatos, com certos cátions metálicos (IAL, 2008). O primeiro procedimento adotado foi a preparação da solução padrão de EDTA 0,01 mol L⁻¹. Para isso foi pesado em um béquer 1,8607 g de EDTA e a massa pesada foi transferida para um balão volumétrico de 100 mL, homogeneizado a solução.

Posteriormente foi realizada a padronização do EDTA e utilizada uma solução de carbonato de cálcio (CaCO₃) 0,01025 mol L⁻¹ e uma solução tampão NH₃(amoníaco)/NH₄⁺(amônio) pH 10 e o indicador negro de ericromo T. Colocou a solução padrão de EDTA 0,01 mol L⁻¹ em uma bureta de 25 mL, e em um erlenmeyer de 250 mL. Foram adicionados 10 mL da solução padrão de CaCO₃, 1 mL da solução tampão e uma microespátula do indicador. Em seguida, foi realizada a titulação de padronização. A titulação das amostras foi realizada exatamente após a padronização. Para isso em um erlenmeyer de 250 mL, foi acrescentado 25 mL da amostra, 0,5 da solução tampão NH₃/NH₄⁺ e uma microespátula indicador negro de ericromo T. A titulação foi realizada até a mudança da coloração púrpura para azul. Este procedimento foi realizado para todas as 6 (seis) amostras em duplicata. Na figura 5 é possível ver a imagem das amostras tituladas.

O cálculo da dureza foi realizado utilizando-se a equação matemática 1:

$$\frac{1000x V_1xA}{V_2} = mg \text{ de } CaCO_3 \quad (1)$$

Onde V₁ é o volume em mililitros (mL) da solução de EDTA gasto durante a titulação, A é a quantidade em miligrama de CaCO₃ equivalente a 1 mL da solução de EDTA 0,01 M. O termo V₂ expressa o volume de mililitros(mL) da amostra utilizado durante a titulação.

Figura 5: Amostras Tituladas

Fonte: A autora

5.3.6 Análise do teor de sólidos totais

Inicialmente foram pesados 6 (seis) béqueres limpos na balança analítica. Posteriormente foi colocado cerca de 100 mL de cada amostra em um béquer específico e foi enumerado para a identificação. Foi transferido estes para a estufa a (150°C) por 6 horas. Colocou o béquer em um dessecador para atingir o equilíbrio térmico com o ambiente e realizou-se a leitura do peso na balança analítica. O cálculo do teor de sólidos totais foi obtido então pela expressão matemática 2:

$$\frac{(A - B)}{V} = mg \text{ de Sólidos totais por litro} \quad (2)$$

Em que A é a massa (resíduo seco + cápsula) em miligrama, B se refere a massa da cápsula vazia em miligrama e V é o volume da amostra em litros.

5.3.7 Análise de metais

A análise de metais presente na água foi realizada na Central Analítica do Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos, utilizando-se um espectrômetro de absorção com chama, modelo A ANALYST 400 da marca PERKIN ELMER conforme mostrado na Figura 6.

Figura 6: Equipamento de Absorção Atômica com chama do Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos



Fonte: A Autora

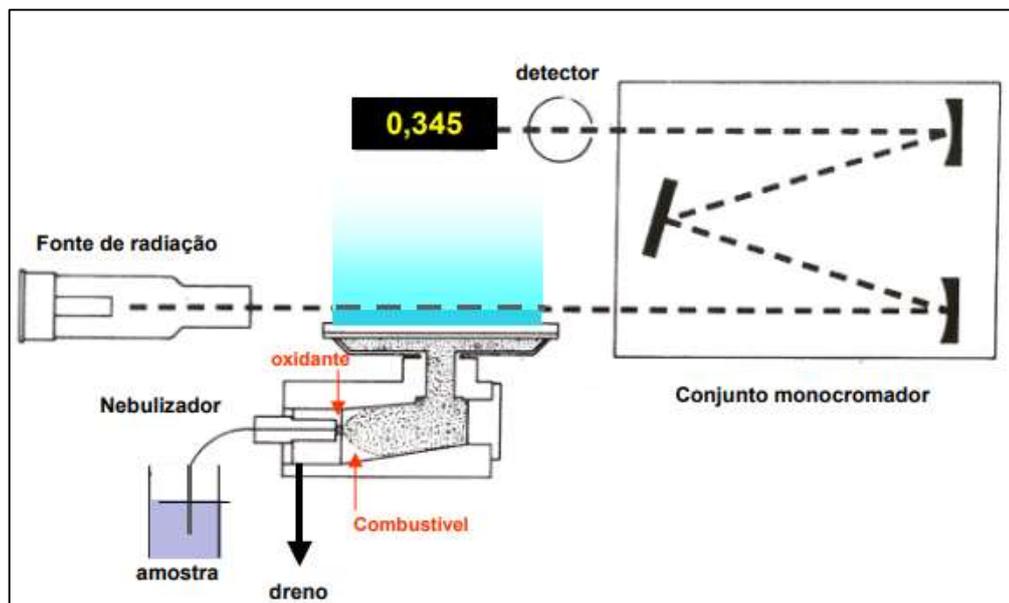
Previamente à análise as amostras foram preparadas, pois não podiam conter sedimentos grossos, já que estes poderiam causar o entupimento da mangueira de sucção, que permite a entrada de amostras no nebulizador do equipamento. As amostras foram filtradas utilizando-se papel de filtro e funil de haste longo. Após este processo usando béqueres, foi coletado 100 mL das amostras para análise dos metais. Foi analisado os seguintes metais: Zinco (Zn); Cromo (Cr); Níquel (Ni); Cobre (Cu); Manganês (Mn); Ferro (Fe).

A primeira etapa foi a atomização do branco e dos padrões para a determinação dos valores de absorbância de cada solução. Depois o gráfico da curva de calibração foi montado com os resultados da absorbância obtidos para cada solução. A atomização das amostras e a leitura de absorbância foram efetuadas para a quantificação dos metais. Por último a concentração de metais presentes nas amostras foi especificada através da relação dos dados obtidos com a leitura de absorbância e com o gráfico de calibração fornecido pelo software do equipamento. O esquema de funcionamento do espectrômetro de absorção atômica com chama pode ser visualizado na figura abaixo. As pressões do ar comprimido e acetileno empregadas foram 70 lb in^{-2} e 15 lb in^{-2} Todas as análises foram realizadas em triplicata pelo equipamento.

Conforme o diagrama na Figura 7, as amostras de água foram atomizadas por meio de uma câmara de nebulização, em conjunto com a ação do gás comprimido, que aspira a solução da amostra do seu recipiente e converte o líquido em aerossol. Esse aerossol foi combinado com o gás acetileno antes de atingir o queimador e as maiores gotas foram descartadas por meio de um dreno. As gotículas que alcançam a chama evaporam e, sob elevadas temperaturas no

ambiente da chama, ocorre a volatilização das partículas, que liberam átomos no estado gasoso. A concentração desses átomos é estabelecida por absorção da radiação relacionada com a quantidade de átomos existente na amostra (MIRANDA, 2012). O detector registra os sinais transientes, distinguindo o sinal analítico do sinal de fundo e em conjunto com o microcomputador foi possível construir as curvas de calibração, calcular as médias e os desvios padrão, determinando a concentração do elemento de interesse.

Figura 7: Espectrômetro de absorção atômica com chama e suas principais partes



Fonte: Krug; Nobrega; Oliveira (2004)

As soluções utilizadas para a construção da curva de calibração (Apêndice A), foram preparadas anteriormente pelo técnico do laboratório. A Tabela 3, mostra os valores das concentrações das soluções utilizadas para análise dos metais.

Tabela 3: Concentrações das soluções da curva de calibração de acordo com o metal

	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Zn
Soluções (mgL⁻¹)	0,1	0,1	0,5	0,1	0,5	0,1
	0,5	0,5	1,0	0,5	1,0	0,2
	1,0	1,0	5,0	1,0	5,0	0,4
	3,0	2,0	10,0	3,0	10,0	0,8
	5,0	4,0	15,0	5,0	20,0	1,0
Comprimento de onda (nm)	357.87	324.75	302.06	280.11	341.48	213.86

Fonte: A autora

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 RESULTADOS DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

Os parâmetros físico químicos fornecem informações relevantes a respeito da qualidade da água. A tabela 4 apresenta os valores referentes ao pH, condutividade, sólidos totais e temperatura encontrados em cada ponto de amostragem. Os resultados completos de todos os dados estão disponíveis no Apêndice B.

Tabela 4: Resultados dos parâmetros físico-químicos analisados

Amostras	pH	Condutividade ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	Teor de sólidos totais (mg L^{-1})	Temperatura($^{\circ}\text{C}$)
Ponto 1	6,54	7,25	44	28
Ponto 2	6,71	7,22	54	28
Ponto 3	6,79	5,97	48	28
Ponto 4	6,98	5,62	63	28,5
Ponto 5	7,02	6,1	43	28
Ponto 6	7,07	5,75	38	28
Conama	6.0 a 9,0	-	500	-

Fonte: A autora

Os resultados dos parâmetros pH e o teor de sólidos totais estão de acordo com a Resolução do CONAMA 357/2005 (Classe 1) que estabelece atributos de qualidade de uso dessas águas para o consumo humano (tratamento simplificado) e animal, bem como para a irrigação de hortaliças que são consumidas cruas. O valor do pH deve estar de 6,0 a 9,0 e um teor máximo de 500 mg L^{-1} de sólidos dissolvidos totais. Em todo os pontos amostrais os valores do pH encontram-se na neutralidade que é a faixa adequada para o crescimento da vida aquática, para a decomposição do material orgânico e conseqüentemente contribui para a autodepuração dos cursos d'água. Adicionalmente, estas águas não representam risco de corrosão para tubulações utilizadas em tratamento e irrigação, pois está dentro da faixa ideal entre 6,5-8,0 com limite inferior de 6,54 e o superior 7,04 apresentando-se dentro do intervalo apropriado (BERTOSSO, 2014).

O baixo teor de sólidos dissolvidos totais aponta que há poucos sedimentos no corpo hídrico, constatando assim que provavelmente na área de estudo não ocorre o lançamento de despejo de esgotos em quantidades significativas e nem processos erosivos ou detritos orgânicos, visto que sua origem é decorrente principalmente de intemperismo e atividades antropogênicas (PAULA, 2011). Ademais, é importante para a manutenção do ecossistema aquático, que não haja uma alta concentração de sólidos na água, uma vez que podem causar malefícios aos peixes, reter bactérias e resíduos orgânicos no fundo do manancial, aumentando a decomposição anaeróbica (DOURADO *et al.*, 2016).

A temperatura e a condutividade são parâmetros que não constam na Resolução 357/2005, no entanto por meio destas é possível compreender melhor a represa, pois são indicativos de fontes poluidoras, além de exercerem influência em outros parâmetros.

As temperaturas dos pontos amostrais da água da represa estão abaixo dos 30 °C e possuem um comportamento similar em todos os pontos, entretanto, pode-se observar que o ponto 4 é seu limite superior, que pode ser justificado pela proximidade do local da coleta com tubulações que captam água, ou por estar perto de uma residência. Geralmente águas superficiais não apresentam temperaturas superiores a 35-40 °C (BRYAN, 1977 apud PERCEBON; BITTENCOURT; FILHO, 2005). Rocha (2011), ao analisar a água da represa, obteve uma temperatura média de 24,7 °C, muito concordante com os valores medidos na área deste estudo. O fato da temperatura não estar alta pode ser um indicativo de que não há despejo de resíduos antrópicos em quantidades elevadas.

A condutividade elétrica apresentou-se oscilante entre os pontos de coleta, principalmente a partir do ponto 3, onde se observa diminuição, o ponto 5 exibe aumento e o ponto 6, diminuição novamente. A condutividade depende das concentrações iônicas e da temperatura e aumenta na medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados (ANA, 2005). O ponto 4 apresenta o maior teor de sólidos dissolvidos, conseqüentemente menor condutividade, e o ponto 5 e 6 possuem um baixo teor de sólidos dissolvidos e condutividade alta quando comparado aos outros pontos. Dessa forma os valores da condutividade analisados nos diversos pontos de coleta não exibem uma proporcionalidade com o teor de sólidos dissolvidos. Águas com condutividade elétrica superiores a $3,0 \times 10^3 \mu\text{S cm}^{-1}$ possuem restrições quanto ao uso em irrigação (AYERS; WESTCOT, 1991). Conforme os resultados da análise de condutividade, a água existente na represa está de acordo com as especificidades para a utilização em irrigação, não comprometendo a produção do cultivo de hortaliças da instituição.

A Tabela 5 indica os resultados obtidos para análise da dureza das amostras de água. Este parâmetro é expresso em quantidade equivalente de CaCO_3 e pode se constatar que há uniformidade dos resultados desde o ponto 3.

Tabela 5: Resultados da análise de dureza nas amostras

Amostras	Média de CaCO_3(mg L⁻¹) e desvio padrão
Ponto 1	3,28±0
Ponto 2	8,20±2,31
Ponto 3	4,92±2,31
Ponto 4	4,92±2,31
Ponto 5	4,92±2,31
Ponto 6	4,92±2,31

Fonte: A autora

Conforme a classificação da dureza expressa na tabela 1, todas as amostras a água são classificadas como moles, pois possuem quantidades de CaCO_3 menor que 50 mg L^{-1} . No caso de água para abastecimento o padrão de potabilidade estipula o limite de 500 mg L^{-1} e todas as amostras estão em conformidade com o previsto por lei (BRASIL, 2004). Na irrigação a dureza muito elevada pode acarretar em formação de cristais no ducto de saída de água, podendo bloquear a passagem ou reduzir a vazão do emissor (ANTUNES, 2012). Por isso é relevante empregar uma água mole ou branda no processo de irrigação e a água da represa está em condições adequadas para este procedimento.

Os resultados dos parâmetros físico químicos das amostras coletadas se assemelham aos encontrados por Ribeiro e colaboradores (2015, p. 3), que analisou em fevereiro de 2015 três amostras de água em um mesmo ponto de coleta na represa do Tijuqueiro. Suas análises seguiram o *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*. A Tabela 6, apresenta os valores médios obtido pelos autores.

Tabela 6: Valores médios, desvio padrão das amostras do Tijuqueiro em 2015

Análises	Médias e desvio padrão
pH	6,17 ± 0,11
Dureza total	10 ± 1,0
Condutividade elétrica	22,4 ± 1,7

Fonte: Ribeiro *et al.*, (2015)

Comparando nossos valores de condutividade com os resultados obtidos por Ribeiro e colaboradores (2015), percebe-se uma alta variação deste parâmetro de 2015 com os dias atuais. Essa diferença pode ser justificada por fatores como estações do ano, pH e temperatura. A condutividade da água também pode ser afetada ao entrar em contato com o solo por meio da reoresa, pois este pode fornecer íons de sódio, magnésio, carbonatos, cálcio e quanto maior a quantidade de íons presentes, maior a condutividade (STEPHENS, 2011). Essa discrepância entre os resultados pode ser indício de que ao longo do tempo pode ter ocorrido uma alteração na salinidade do solo.

6.2 RESULTADO DA ANÁLISE DE METAIS

As análises de metais presentes nas amostras de água, demonstraram que alguns não estão de acordo com a Resolução do CONAMA 357/2005 para Classe 1. Foram registrados níveis acima dos valores de referência para Fe, Cr e Ni em todos os pontos amostrais. A Tabela 7 a seguir fornece os dados alcançados referentes aos metais presentes na água da represa Tijuqueiro.

Tabela 7: Resultados da análise de metais pela espectrometria de absorção atômica

Amostras	Elementos valor médio (mg L ⁻¹)					
	Cu	Cr	Fe	Mn	Ni	Zn
Ponto 1	0	0,203	0,535	0,104	1,947	0,08
Ponto 2	0	0,202	0,676	0,103	1,375	0,09
Ponto 3	0	0,253	0,706	0,110	2,131	0,019
Ponto 4	0	0,261	0,592	0,110	1,127	0,015
Ponto 5	0	0,318	0,759	0,113	3,752	0,010
Ponto 6	0	0,367	0,513	0,096	3,554	0,008
Conama	0,09	0,05	0,3	0,1	0,025	0,18

Fonte: A autora

As concentrações de Zinco (Zn) de um modo geral foram baixas, os valores observados variam de 0,008 a 0,09 mg L⁻¹. Os valores nulos para o Cobre indicam que a fração desse metal é tão pequena, que o limite do equipamento não consegue realizar a leitura. No caso do zinco o ponto 1 e o ponto 2 apresentam as maiores quantias e isso pode ser em decorrência de estarem

mais perto do solo do que comparado com os outros pontos. O zinco se acumula mais superficialmente no solo (KABATA; PENDIAS, 2001).

O valor máximo permitido estabelecido pelo CONAMA dispõe de $0,09 \text{ mg L}^{-1}$ de cobre e $0,18 \text{ mg L}^{-1}$ Zn. Para todas as amostras estudadas as quantidades de zinco estão dentro do padrão aceitável para água de classe 1. Dessa forma, este metal não oferece atualmente perigos eminentes de intoxicação ou de impactos ambientais de alta magnitude.

Em relação ao Manganês as medidas vão de $0,096$ a $0,113 \text{ mg L}^{-1}$ e o órgão de fiscalização delimita um valor máximo de $0,1 \text{ mg L}^{-1}$. Portanto sua concentração está bem próxima do limite ou em quantidades levemente superiores podendo oferecer uma influência prejudicial para a qualidade do curso hídrico, sendo importante ressaltar que somente um pouco está dentro do padrão.

Para Ferro, Cromo e Níquel os valores encontrados não atendem as exigências do CONAMA. Os valores variam de $0,513$ a $0,759 \text{ mg L}^{-1}$ para o Ferro; $0,202$ a $0,367 \text{ mg L}^{-1}$ para o Cromo e $1,127$ a $3,752 \text{ mg L}^{-1}$ de Níquel. Essas quantias representam cerca de 2 vezes maior que o permitido por lei para o Ferro, 4 a 7 vezes maior para o Cromo e de 45 a 150 vezes maior que o máximo estabelecido para o Níquel. Quantidades acima de $0,05 \text{ mg L}^{-1}$ de Cromo e $0,07 \text{ mg L}^{-1}$ de Níquel constituem ameaças para a vida humana, conforme a portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde que demarca o padrão de potabilidade das substâncias químicas que representam riscos à saúde.

Alguns autores como Richard e Neto (1991, apud OLIVEIRA; SCHMIDT; FREITAS, 2003) estimam que elevados teores de Ferro são encontrados em águas superficiais que possuem matéria orgânica e águas poluídas por resíduos industriais ou atividades de mineração. Para Menezes *et al* (2009, p. 694) os resíduos agrícolas são importantes fontes de contaminação de ferro para as águas, pois este é o constituinte de diversos agrotóxicos.

Em ambientes aquáticos as principais fontes de Cromo são as indústrias de galvanização, acabamento metálico, efluentes industriais, fábricas de produtos químicos inorgânicos, fertilizantes, etc (DITTERT, 2011). Vazamentos de líquidos que contenham cromo ou a incorreta disposição de resíduos sólidos como subprodutos do cromato ($\text{Cr}_2\text{O}_4^{2-}$) podem contaminar o meio ambiente (STANIN, 2005, apud AGUIAR e GABRIEL, 2014).

Já o níquel está presente no ambiente por meio de origem vulcânica, poeira do solo, incêndios florestais, e de origem antrópica por mineração, fundição e refino de níquel e queima de combustíveis fósseis (DANIEL, 2013). De acordo com Filho (2008, p. 138) o uso intensivo de agroquímicos ocasiona em aumentos nos teores totais de níquel, e na região estudada são utilizados este tipo de produto.

Para o alcance de dados mais detalhados seria interessante a realização de um maior número de análises e de um monitoramento mais aprofundado na região, pois os resultados apresentados indicam haver uma possível contaminação por alguns metais pesados nas águas superficiais da represa Tijuqueiro. Como se utiliza desta água para irrigar hortaliças que são consumidas dentro da Instituição, é primordial a adoção de medidas que visem a remoção dos metais contidos na água, pois os mesmos podem propiciar inúmeras consequências para o meio ambiente e para o bem-estar da comunidade.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo foi realizado no intuito de avaliar a qualidade da água superficial da Represa do Tijuqueiro em Morrinhos- GO, buscando conhecer as reais condições da qualidade dessa água, já que é uma fonte de abastecimento do Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos.

Considerando a importância desse assunto, foram realizadas análises no intuito de averiguar os parâmetros físico-químicos e a concentração de metais presentes na água estudada. Assim, pode-se afirmar que alguns resultados se mostraram irregulares quando comparado aos limites estabelecidos pela legislação brasileira. Conforme a Resolução CONAMA 357/05 a maior parte dos dados físico-químicos encontram-se dentro dos padrões. Entretanto, alterações foram observadas para Ferro, Cromo e Níquel que apresentaram quantias superiores aos limites permitidos pelo órgão ambiental.

Nesse sentido, a pesquisa demonstrou em seu escopo, que os altos níveis desses metais podem ser oriundos em sua maioria de contaminações antrópicas, que prejudicam a qualidade da água da irrigação e conseqüentemente interferem na saúde de seus consumidores. Além disso, os dados sobre os parâmetros físico químicos podem ser decisivos na escolha do sistema de irrigação, da natureza dos equipamentos, no manejo da irrigação ou mesmo um limitante (VIEIRA,1989), o que levanta a necessidade de se informar outros usuários do corpo d'água da necessidade de adequação dos equipamentos.

Portanto, este trabalho produziu informações relevantes sobre a qualidade da água da represa do Tijuqueiro, demonstrando que é de fundamental relevância o estudo e conhecimento da qualidade da água afim de identificar fontes que podem comprometer a saúde humana e ambiental. Dessa forma, fica evidente que para a determinação mais aprofundada sobre a qualidade da água é necessário a realização de várias análises sazonais e a adoção de metodologias capazes de promover uma redução nos níveis desses metais presentes no corpo hídrico investigado.

REFERÊNCIAS

- ABNT. **NBR 10664: Águas –Determinação de resíduos (sólidos) - Método Gravimétrico**. Rio de Janeiro, p.1, 1989.
- AGUIAR, R. M.; GABRIEL, M. L. D. da. S. Remediação de Áreas Contaminadas por Cromo Hexavalente: Relato sobre Gerenciamento de Projeto. **Revista IPTEC**, [S.l.], v. 2, n. 1, p. 67-84, dec. 2014. ISSN 2318-9851.
- AMORIM, F.A.C.; LOBO, I. P.; SANTOS, V. L.C. S.; FERREIRA, S. L. C. Espectrometria de absorção atômica: o caminho para determinações multielementares. **Química Nova**, [S.l.], v. 31, n. 7, 1784-1790, 2008.
- ANA. **Cadernos de Recursos Hídricos**. Panorama do enquadramento dos corpos d'água. Ministério do Meio Ambiente. Brasília, DF, 2005. 118 p.
- ANA. **Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos**. Brasília: 2011. 325 p.
- ANDRADE, F. S. de.; SILVA, A. M. da.; ARIDE, P. H. R.; OLIVEIRA, A. T. de. Análise físico-química e da microbiota da água do lago Macurany, Parintins, Amazonas. **Biota Amazônia – Open Journal System**, [S.l.], v. 6, n. 2, p. 132-134, jun. 2016. ISSN 2179-5746.
- ANTONIO, R. F. **Avaliação da espectrometria de absorção atômica com atomização eletrotérmica em filamento de tungstênio para determinação de arsênio em águas**. 2008. 101 p. Dissertação (Mestre em Ciências) - Centro de energia nuclear na agricultura- Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.
- ANTUNES, J. V. M.; CARMINATE, B.; BONOMO, R.; OLIVEIRA, M. A. Análise físico-química da qualidade da água do rio Cricaré para utilização na irrigação de hortaliças. **Revista Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 8, n. 15, p. 2404, 2012.
- APHA. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20. ed. Washington, 1998. 1220 p.
- APLICAÇÕES em laboratórios de análises. [S.l.], 1996. Disponível em: <http://www.airproducts.com.br/Industries/Analytical-Laboratories/analytical-lab-applications/product-list/atomic-absorption-aa-spectroscopy-analytical-laboratories.aspx?itemId=2314337BF1BA46C289EB3A63B05221AF>. Acesso em: 19 dez. 2018.
- ARINE, D. R. **Análise de águas de superfície e sedimentos de rios da região de Iperó, SP, por espectrometria de absorção atômica e por ativação neutrônica**. 2000. 138 p. Dissertação (Mestre em Ciências na Tecnologia Nuclear) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.
- AYERS, R. S.; WE STCOT, D.W. **A qualidade de água na agricultura**. 2. ed. Campina Grande: UFPB, FAO, 1999, 153 p.
- AZEVEDO, P. S.; PEREIRA, F. W. L.; PAIVA, S. A. R. de. **Água, hidratação e saúde**. [S.l.], 2016. Disponível em: http://sban.cloudpainei.com.br/source/Agua-HidrataAAo-e-SaAde_Nestle_.pdf. Acesso em: 04 jan. 2018.
- BACCI, D. de. L. C.; PATACA, E. M. **Educação para a água**. Estudos Avançados, São Paulo, v. 22, n. 63, p. 211-226, 2008.

- BARBOZA, G. C.; HERNANDEZ, F. B. T.; FRANCO, R. A. M.; MORAES, J. F. L. de.; SILVA, P, T. P. Concentração de ferro na água para irrigação na microbacia do coqueiro, estado de São Paulo. *In: II WINOTEC -Workshop Internacional de Inovações Tecnológicas na Irrigação*,2010, Fortaleza. **Anais eletrônicos[...]**. Fortaleza,2010. Disponível em: http://www2.feis.unesp.br/irrigacao/pdf/w10_fecoq.pdf. Acesso em: 02 jan. 2019.
- BARROSO, A. de. A.; GOMES, G. E.; LIMA, A. E. de. O.; PALÁCIO, H. A. de.; LIMA, C. A. Avaliação da qualidade da água para irrigação na região Centro Sul no Estado do Ceará. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 15, n. 6, p. 588–593, 2011.
- BELIZÁRIO, T. L. S.; SOARES, M. A.; ASSUNÇÃO, W. L. Qualidade da água para irrigação no projeto de assentamento Dom José Mauro, Uberlândia-MG. **Revista Gestão Tecnologia e Ciências**, [S.l.], v. 3, n. 5, p. 53-73, 2014.
- BERGAMASCO, A. M. D. D.; SÉKULA, C.; DANIEL, M. H. B.; QUEIROZ, F. B.; CABRIL, A. R. **Contaminantes químicos em águas destinadas ao consumo humano no Brasil**. Caderno Saúde Coletânea, Rio de Janeiro, p. 479-86, 2011.
- BERTOSSI, A. P. Cobertura do solo e qualidade de águas para fins de irrigação. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 5, n. 2, p. 178-186, Abr./Jun, 2014.
- BLANCO, A. L. P.; NETO, A. A. **Caracterização Química de Minérios, Concentrados e Rejeitos por Espectrometria de Absorção Atômica**, [S.l.], 2015. Disponível em: http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/cetem/1812/1/10%20-%20Ana_Blanco_JPCI_2015%20impresso.pdf. Acesso em:05 jan. 2019.
- BORGES, D. L. G; CURTIUS, A. J; WELZ, B; HEITMANN, U. Fundamentos da espectrometria de absorção atômica de alta resolução com fonte contínua. *In: V Jornada do Programa de Capacitação Interna – CETEM. Anais eletrônicos[...]*, [S.l.], 2005. Disponível em: http://www.ufjf.br/baccan/files/2011/05/HRAAS_1.pdf. Acesso em: 05 jan. 2019.
- BOZO, A. C. M.R.; GABRIEL, C. P.C.; PIAZENTIN, J.C. Análise dos parâmetros da qualidade da água destinada a irrigação. **Periódico Eletrônico- Fórum Ambiental da Alto Paulista**, [S.l.], v. 12, n. 6, dez. 2016. ISSN 1980-0827.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de saúde. **Manual de controle da qualidade de água para técnicos que trabalham em ETAs**. Brasília: Funasa, 2014.
- BRASIL, Ministério da Saúde. **Portaria nº 2914, de 12 de dezembro de 2011**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília: Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 2011.
- BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Saneamento**. 4.ed. Brasília: 2006.
- BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **3º Caderno de pesquisa em engenharia de saúde pública**. Brasília: Funasa, 2013. 256 p.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 518 de 25 de março de 2004. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília. 26 de março de 2004, p. 266-270.
- BRUNI, J.C. A água e a vida. *Tempo Social. Rev. Sociol. USP*, S. Paulo, p. 53-65, 1993.
- CANDIDO, L. de. O. **Avaliação do índice de qualidade das águas na área urbana da bacia hidrográfica do rio mourão, paraná**. 2015. 53 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Ambiental) - Departamento Acadêmico de Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2015.

- CALDEIRA, F.; ANDRADE, A.; SOUSA, P.; PEREIRA, F. **Determinação do Ferro em Solução em várias Águas Naturais**, Porto, 2008. Disponível em: https://curriculumvitaeandrade1987.weebly.com/uploads/1/0/4/0/10405053/determinao_do_ferro_em_soluo_em_varias_aguas_naturais.pdf. Acesso em: 18 dez. 2018.
- CETESB. **Ficha de Informação toxicológica**, [S.l.], 2012. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/servicos/informacoes-toxicologicas/>. Acesso em: 26 jan. 2019.
- CHAVES, R. C. P. **Avaliação do teor de metais pesados na água tratada do município de Lavras - MG**. 2008. 55 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.
- DANIEL, L. A. **Meio ambiente e saúde pública**. In: CALIJURI, M.do. C; CUNHA, D. G. Engenharia ambiental: Conceitos, tecnologia e gestão. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.
- DITTERT, I. M. **Remoção de espécies de cromo em águas contaminadas utilizando alga marinha como adsorvente**. 2011. 132 p. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Santa Catarina - Departamento de Engenharia Química e Engenharia de Alimentos, Florianópolis, 2011.
- DOURADO, A. A.; SOARES, A. S. S.; TORRES, F. S.; SILVA, A. R. S. Avaliação da qualidade e classificação das águas naturais da barragem eng^o Luiz Viera e do Rio Brumado nos municípios de Rio de Contas-BA e livramento – BA através da análise físico-química e ambiental. In: XIII Congresso nacional de meio ambiente de poços de caldas. **Anais eletrônicos[...]**, [S.l.], 2016. Disponível em: <http://www.meioambientepocos.com.br>. Acesso em: 14 jan. 2019.
- DUARTE, H. A. Água -uma visão integrada. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola**, [S.l.], n. 8, p. 4-8, 2014.
- ESPÓSITO, B .P. **Ferro: um metal que vale ouro**, [S.l.], 2011. Disponível em: https://www.crq4.org.br/ferro_um_metal_que_vale_ouro. Acesso em: 03 jan. 2019.
- FAIAL, K. do. C. F. **Avaliação físico-química e determinação de metais em sedimento de fundo e água superficial do rio Murucupi em Barcarena no estado do Pará**. 2009. 124 p. Dissertação (Mestrado em Química) - Instituto de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Federal do Pará, Belém, 2009.
- FILHO, H. B. **Contribuições naturais e antropogênicas para a concentração e distribuição de metais pesados em água superficial e sedimento de corrente na bacia do rio do formoso, município de BURITIZEIRO – MG**. 2008. 234 p. Tese (Doutorado em Geologia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.
- GALDINO, N. S.; TROMBINI, R. B. Análise físico-química da água do córrego Japira, localizado na cidade de Apucarana-PR. **Revista Terra & Cultura: Cadernos de Ensino e Pesquisa**, [S.l.], v. 27, n. 53, p. 67-76, jul. 2018. ISSN 0104-8112.
- GLORIA, L. P.; HORN, B. C.; HILGEMANN, M. Avaliação da qualidade da água de bacias hidrográficas através da ferramenta do índice de qualidade da água –IQA. **Revista Caderno pedagógico**, Lajeado, v. 14, n. 1, p. 103-119, 2017. ISSN 1983-0882.
- GODOI, Q. **Avaliação da espectrometria de absorção atômica com atomização eletrotérmica em filamento de Tungstênio para determinação de alumínio**. 2006. 89 p. Dissertação (Mestre em Ciências) – Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Carlos, São Carlos, 2006.

- GODOY, J. M. de. O. **O calcário e as grutas calcárias**, [S.l.], 200?. Disponível em: http://web.ccead.puc-rio.br/condigital/mvsl/Sala%20de%20Leitura/conteudos/SL_o_calcario_e_as_grutas_calcaria_s.pdf. Acesso em: 09 mar. 2019.
- HARRIS, D. C. **Análise Química Quantitativa**. 7. ed, Rio de Janeiro: LTC, 2008, 886 p.
- HOEPFNER, J. C. **Determinação de Cd e Pb em amostras de nanotubos de carbono por espectrometria de absorção atômica com atomização eletrotérmica utilizando análise por suspensão**. Relatório de Estágio. Florianópolis, 2010. Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/96731/Jean_Hoepfner.pdf?sequence=1. Acesso em: 26 jan. 2019.
- IAL -INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. Coordenadores Odair Zenebon, Neus Sadocco Pascuet e Paulo Tiglea. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020 p.
- IBANEZ, J. G. Saneamento Ambiental por Métodos Eletroquímicos: I-Tratamento de Soluções Aquosas. **Química Nova na Escola**, [S.l.], n. 15, p. 45-48, 2002.
- JÚNIOR, N. de. S. M. **Qualidade de água destinada ao consumo humano em instituições de educação infantil na zona rural de Lagoa Seca/PB**. 2012. 39 p. Trabalho de Conclusão do Curso (Curso em Agroecologia) - Departamento de Agroecologia e Agropecuária- Universidade Estadual da Paraíba, Lagoa Seca- PB, 2012.
- JUNIOR, E. G.; OLIVEIRA, V. de. P.S. de. Influência de empreendimentos hidrelétricos na qualidade da água: análise dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos do rio itabapoana, sudeste brasileiro. **Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego**, Campos dos Goytacazes/RJ, v. 11, n. 1, p. 29-41, jan./jun, 2017.
- KABATA, A.; PENDIAS, H. **Trace elements in soils and plants**. 3. ed. Boca Raton: CRC Press, 2001. 413 p.
- KOSLOSKI, V. R.; MEMLAK, D. M.; PIGATT, J.; CAREZIA, L. R. B. Determinação do método de qualidade de dureza total em água. **Revista Banas Qualidade**, [S.l.], p. 100-103, 2015.
- KRUG, F. J.; NÓBREGA, N. A.; OLIVEIRA, P. V. de. **Espectrometria de Absorção Atômica- Parte 1. Fundamentos e atomização com chama**, [S.l.], 2004. Disponível em: <http://www.ufjf.br/baccan/files/2011/05/AAS-geral-parte-1-revisada.pdf>. Acesso em: 06 jan. 2019.
- LEE, J. D. **Química inorgânica não tão concisa**. São Paulo: Edgard Blucher, 1999. 527 p.
- LEITE, M. A.; ESPINDOLA, E. L. G.; DORNFELD, C. B.; TONISSI, F. B. **Quantificação de metais na água do reservatório de Salto Grande (Americana, SP)**. In: Evaldo L. Gaeta Espíndola; Mauricio Augusto Leite, Carolina Buso Dornfeld. (Org.). Reservatório de Salto Grande (Americana, SP): caracterização, impactos e propostas de manejo. São Carlos: Rima, 2004, v.1 p. 55-70.
- LEITE, M. S. B.; BARROS, F. B.; SILVA, D. P.; JESUS, F. W. A. de. J.; CARVALHO, S. R. de. Coleta de água: amostragem em ambientes lóticos. **Enciclopédia biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v. 9, n.16 p. 2136, 2013.
- LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. 4. ed. Campinas: Átomo, 2016.

- LOUGON, M. S.; ROCHA, S. A.; GUIMARÃES, H. F.; LOUZADA, F. R. O.; GARCIA, G.de. O. Caracterização dos sólidos totais, fixos e voláteis nas águas residuárias geradas pela lavagem dos frutos do cafeeiro. *In: XIII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e IX Encontro Latino Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba. Anais eletrônicos[...]*, [S.l.], 2009. Disponível em: http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2009/anais/arquivos/RE_0142_1112_01.pdf. Acesso em: 02 dez. 2019.
- MATTHIENSEN, A.; KLOCK, A.; BEDENDO, G. C.; MARTINI, R. **Monitoramento e Diagnóstico da Qualidade da Água Superficial**. 1. ed. Florianópolis - SC: Projeto Tecnologias Sociais para Gestão da Água, 2014. v. 1. 127 p.
- MEDEIROS, M. de. A. Zinco. **Química Nova na Escola** (Impresso), [S.l.], v. 34, p. 159-160, 2012.
- MENEZES, J. M.; PRADO, R. B.; JUNIOR, G. C. da. S.; MANSUR, K. L.; OLIVEIRA, E. dos. de. Qualidade da água e sua relação espacial com as fontes de contaminação antrópicas e naturais: bacia hidrográfica do rio São Domingos – RJ. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 29, n. 4, p. 687-698, out./dez, 2009.
- MIRANDA, K. dos. A. **Desenvolvimento de métodos analíticos empregando a espectrometria de absorção atômica sequencial rápida com atomização em chama**. 2012. 84 p. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade Federal de São Carlos – Departamento de Química, São Carlos, 2012.
- MISTURA, M. **Caracterização e Monitoramento da qualidade de água do lago municipal de Dois Vizinhos, Lago Dourado**. 2015.79 p. Trabalho de Conclusão de curso (Curso de Licenciatura em Química) - Universidade Federal da Fronteira Sul Campus Realeza, Realeza, 2015.
- MONTEIRO, S.; RIBEIRO, L.; FONSECA, W.; TAKEUCHI, R.; SANTOS. A. Determinação de Chumbo em Águas de Abastecimento Utilizando Filmes de Bismuto Crescidos in situ Sobre Eletrodos de Pasta de Carbono. *Orbital: The Electronic Journal of Chemistry*, North America, 6, april, 2014.
- MONTEIRO, A. S. C.; GOVEIA, D.; ROTUREAU, E.; ROSA, A. H.; MASINI, J. C.; PINHEIRO, J. P. Espectroscopia dinâmica de metais traço em ambiente aquático usando cronopotenciometria de redissolução anódica. **Química Nova**, São Paulo, v. 41, n. 7, p. 796-809, Julho, 2018 .
- MORRINHOS (GO). **Prefeitura**, [S.l.], 2018. Disponível em: http://morrinhos.go.gov.br/site/?page_id=20. Acesso em: 06 jan. 2019
- OLIVEIRA, D. A.; SCHMIDT, G.; FREITAS, D. M. de. **Avaliação do teor de ferro em águas subterrâneas de alguns poços tubulares, no plano diretor de Palmas-TO**, [S.l.], 2003. Disponível em : <http://www.bvsde.paho.org/bvsAIDIS/PuertoRico29/gilda.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2019.
- OLIVEIRA, R. de.; SILVA, S. A.; JÚNIOR, G. B. A.; SILVA, S.T.A. Relação entre condutividade e sólidos totais dissolvidos em amostras de esgoto bruto e de lagoas de estabilização. *In: 20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Anais eletrônicos[...]*, João Pessoa, 1999. Disponível em: <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/brasil20/i-156.pdf>. Acesso em: 02 jan. 2019.

OLIVEIRA, A.; SILVA, N. Determinação da concentração de metais em águas do córrego barbado, Cuiabá – MT. **Revista gestão e sustentabilidade ambiental**, Florianópolis, v. 2, n.1, p.47-63, abr./set. 2013.

OSHIRO, A. N.; MARTINS, C. **Estudo da qualidade da água do ribeirão Guaratinguetá**. 2011. 63 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Graduação em Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá) - Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2011.

PAULA, S. M. **Qualidade da água do rio Dourados-MS – parâmetros físico-químicos, microbiológicos e higiênico sanitários**. 2011. 87 p. Dissertação (Ciência e Tecnologia da Ciência Ambiental) - Universidade de Federal da Grande Dourados- Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologia, Dourados-MS, 2011.

PERIODIC TABLE. [S.l.], 1998. Disponível em : <https://www.lenntech.com/periodic/periodic-chart.htm>. Acesso: 06 jan. 2019.

PERKINELMER. **Espectrômetro de Absorção Atômica**, [S.l.], 2011. Disponível em: <http://www.perkinelmer.com.br/brochuras/PinAAcle.pdf>. Acesso em: 05 jan. 2019.

PERCEBON, C. M.; BITENCOURT, A. V. L.; FILHO, E. F. da. R. Diagnóstico da temperatura das águas dos principais rios de Blumenau, SC. **Boletim Paranaense de Geociências**, [S.l.], n. 56, p. 7-19, 2005. Editora UFPR.

PIRES, P. A. V. **Implementação e validação da determinação de níquel em alimentos por absorção atômica de chama**. 2017. 71 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia e Segurança alimentar) - Faculdade de Ciências e Tecnologia - Universidade Nova de Lisboa, 2017.

PIRES, A. C. A.; FIELD'S, K. A. P. **Estudo do tratamento e dos parâmetros de potabilidade da água: um enfoque químico para o Ensino Médio**, [S.l.], 2010. Disponível em: <http://www.sbjq.org.br/eneq/xv/resumos/R0840-2.pdf>. Acesso em: 19 dez. 2018.

PIVELI, R. P. **Curso: “qualidade das águas e poluição: aspectos físico-químicos- Ferro, Manganês e Metais pesados em água**, [S.l.], 200?. Disponível em: <http://www.leb.esalq.usp.br/leb/disciplinas/Fernando/leb360/Fasciculo%208%20-%20Ferro%20e%20Manganes%20e%20Metais%20Pesados.pdf>. Acesso: 02 jan. 2019.

PIVELI, R. P. **Curso: “qualidade das águas e poluição: aspectos físico-químicos- Características químicas das águas: pH, acidez, alcalinidade e dureza**, [S.l.], 200?. Disponível em: www.pha.poli.usp.br/LeArq.aspx?id_arq=732. Acesso: 02 Jan. 2019.

RIBEIRO, A. S.; ARRUDA, M. A. Z.; CADORI, S. Espectrometria de Absorção Atômica com Atomização Eletrotérmica em Filamento de Tungstênio. **Química Nova**, [S.l.], v. 25, n. 3, 396-405, 2002.

RIBEIRO, G. da. C. **Desenvolvimento de uma metodologia de pré concentração e determinação de Níquel (II) em matrizes alcoólicas utilizando cascas de mexerica (Citrus reticulada Blanco) como bioadsorvente**. 2011. 71p. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2011.

RIBEIRO, E. A.; FELÍCIO, C. M.; MENEZES, I. B.; SANTOS, M. V. C.; MARTINS, M. R.; BOÊNIO, J. A. **Determinações físico-químicas da água da microbacia do Tijuqueiro**. In: 5º Simpósio de Segurança Alimentar da Água da Microbacia do Tijuqueiro. **Anais eletrônicos[...]**, [S.l.], 2015. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/sbctars-eventos/gerenciador/painel/trabalhosversaofinal/SAM241.pdf>. Acesso em: 19 jan.2019.

RIBEIRO, J. A. S. **Cobre**, [S.l.], 2001. *In*: Balanço Mineral Brasileiro 2001. Disponível em: <http://www.dnpm.gov.br/dnpm/paginas/balanco-mineral/arquivos/balanco-mineral-brasileiro-2001-cobre>. Acesso em: 02 jan. 2019.

RIBEIRO, L. G. G.; ROLIM, N. D. Planeta água de quem e para quem: uma análise da água doce como direito fundamental e sua valoração mercadológica. **Revista Direito Ambiental e sociedade**, [S.l.], v. 7, n. 1, p. 7-33, 2017.

ROCHA, A. A. **Monitoramento de agrotóxicos em áreas irrigadas por pivô central na microbacia do Tijuqueiro, município de Morrinhos, Goiás**. 2011. 145 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

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

ROCHA, R. A. da; A, J. Manganês. **Química Nova na Escola**, [S.l.], v. 34, n. 2, p. 103-105, 2012.

RODRIGUES, M. A.; SILVA, P. P.; GUERRA, W. Elemento Químico Cobre. **Química Nova na Escola (Impresso)**, [S.l.], v. 34, p. 161-162, 2012.

RUSSEL, J. B. **Química Geral**, 2.ed. São Paulo: Makron, 1994, v. 2, 1268p.

SAMAE. **Operador de estação de tratamento de água e esgoto**, [S.l.]. 200?. Disponível em: www.samaecaxias.com.br/Concurso/.../Apostila%20Operador%20ETAETAE.pdf. Acesso em: 06 jan.2019.

SAMPAIO, J, A.; ANDRADE, M. C. de.; DUTRA, A. J. B.; PENNA, M. T. M. **Manganês** [S.l.], 2008. *In*: Rochas e Minerais Industriais –CETEM/2008, 2. ed. Disponível em: <http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/cetem/1117/1/28.%20MANGAN%C3%8AS.pdf>. Acesso em: 02 jan. 2019.

STEPHENS, T. **Manual sobre pequenas barragens de terra; guia para a localização, projeto e construção**. Roma: FAO, 2011. 120 p.

SILVA, I. N.; FONTES, L. de. O.; TAVELLA, L. B.; OLIVEIRA, J. B.; OLIVEIRA, A. C. Qualidade de água na irrigação. **ACSA - Agropecuária Científica no Semi-Árido**, [S.l.], v.07, n. 3, p. 01-15, julho/set, 2011.

SILVA, A. C. L; SOARES, F. G; FARIAS, F. F; LIMA, G. S. A; Jr, R. G. A. C. T; SILVA, R. G. L. da.; MAURÍCIO, R. G. Avaliação de mananciais usados em sistemas de abastecimento de água: estudos de caso. *In*: 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Anais eletrônicos[...]**, [S.l.], 2001. Disponível em: <http://www.comiteguandu.org.br/downloads/ARTIGOS%20E%20OUTROS/-AVALIACAO%20DE%20MANANCAIS%20USADOS%20EM%20SISTEMAS%20DE.pdf>. Acesso em: 30 dez. 2018.

SILVA, G. C. das. V. **Avaliação Crítica da Qualidade das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Joanes**. 2009.172 p. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2009.

SKOOG, D. A.; WEST, D. M.; HOLLER, F. J.; CROUCH, S. R. **Fundamentos de química analítica**. São Paulo: Thomson Learning, 8. ed, 2006.

TEIXEIRA, R. dos. S.; CONCEIÇÃO, J.V. B. da.; BERETTA, M.; COVA, V. F. Dificuldades de atender na íntegra a resolução Conama 357/05 no estado da Bahia. **Candombá – Revista Virtual**, [S.l.], v. 7, n. 1, p. 76-84, jan/dez, 2011.

TONON, L. A. C.; BRANCO, I. G.; SELOIN, V.J; BERGAMASCO, R.; MADRONA, G. S.; MOURA, M. M.; SCAPIM, M. R. da. S. Análise de parâmetros de qualidade da água para consumo humano. **Revista Tecnológica Maringá**, [S.l.], v. 22, p. 35-41, 2013.

VASCONCELOS, A. S. B. **Estudo da qualidade da água do Rio Ave: relevância da relação entre indicadores microbiológicos, macroinvertebrados e parâmetros físico-químicos**. 2015. 205 p. (Mestrado em Biologia e Gestão da Qualidade de Água) - Faculdade de Ciências- Universidade do Porto, 2015.

VIEIRA, D. B. **As técnicas de irrigação**. São Paulo: Globo, 1989. 263 p.

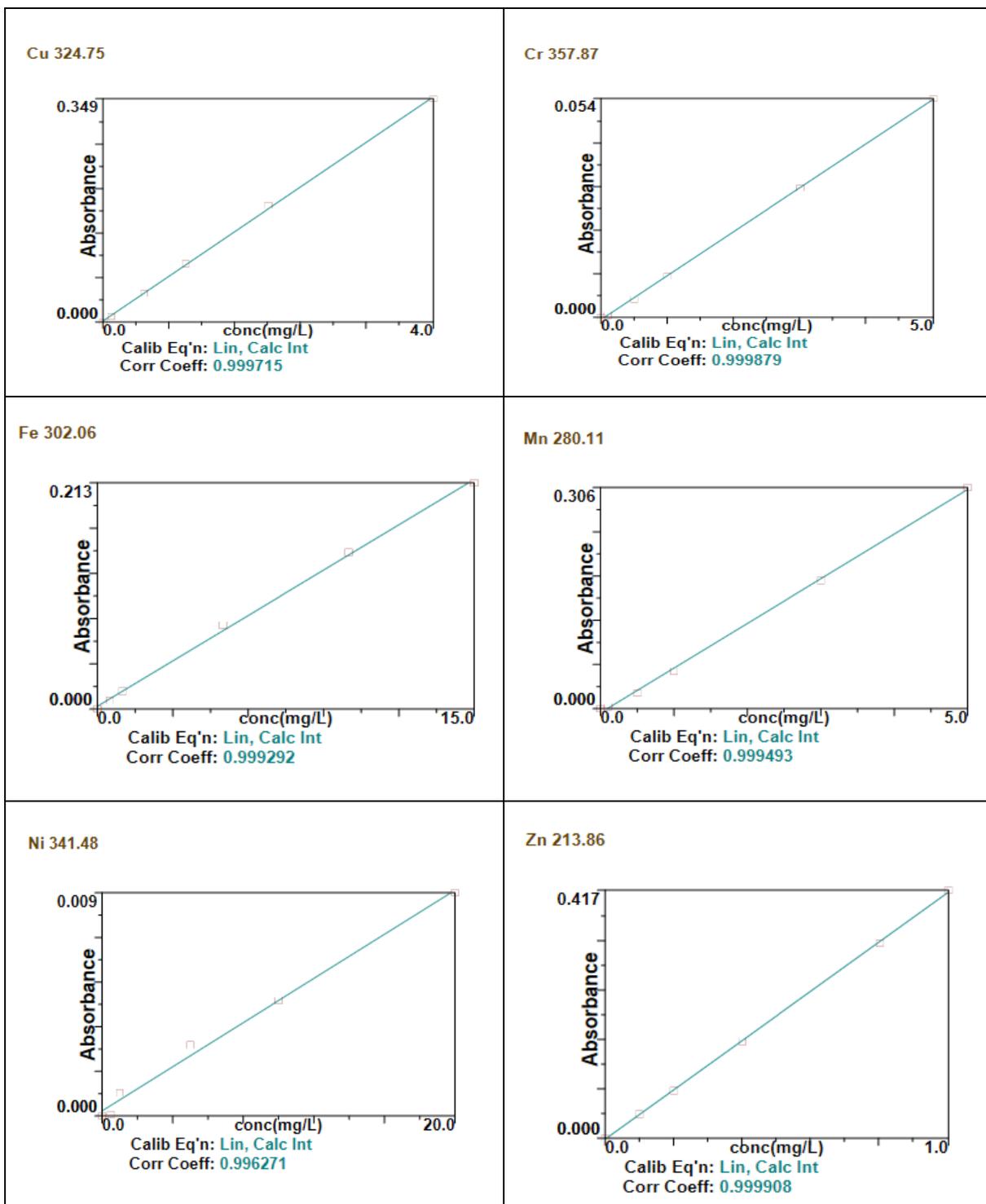
VIANA, L. G.; DIAS, D. F. dos. S.; OLIVEIRA, V. de. P. S. de.; MOREIRA, M. A. C. Índice de Qualidade da Água (IQA) da Lagoa do Taí, São João da Barra, RJ. **Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego**, Campos dos Goytacazes/RJ, v. 7 n. 2, p. 199-219, jul. /dez. 2013.

VILELA, M. A. M. A. **Metodologia para monitoramento da qualidade da água de reservatórios utilizando o sensoriamento remoto**. 2010.123 p. Dissertação-Faculdade de Engenharia Civil- Universidade Federal De Uberlândia, Uberlândia, 2010.

VON SPERLING, M. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias – Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**, v.1. 2ed. Minas Gerais: ABES, 1996.

ZONTA, J. H.; BRAUN, H.; PEZZOPANE, J. E. M.; REIS, E. F. **Determinação do índice de qualidade das águas da bacia do rio alegre nas diferentes épocas do ano**. In: VIII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e IV Encontro Latino Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba. **Anais eletrônicos[...]**, [S.l.], 2004. Disponível em: http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2004/trabalhos/inic/pdf/IC5-2.pdf. Acesso em: 20 dez. 2018.

APÊNDICE A- Curvas de Calibração



APÊNDICE B- Tabela completa dos resultados obtidos

PARÂMETRO	AMOSTRAS						
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	
PH	6,54	6,71	6,79	6,98	7,02	7,04	
Condutividade ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	7,25	7,22	5,97	5,62	6,1	5,75	
Teor de sólidos totais (mg.L^{-1})	44 \pm 0,2	54,0 \pm 0,2	48,0 \pm 0,2	63 \pm 0,3	43 \pm 0,2	38 \pm 0,2	
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	28 \pm 0,5	28 \pm 0,5	28 \pm 0,5	28,5 \pm 0,5	28 \pm 0,5	28 \pm 0,5	
CaCO₃	Média (mg. L^{-1})	3,28	8,20	4,92	4,92	4,92	4,92
	Desvio Padrão	0	2,31	2,31	2,31	2,31	2,31
	Erro (sm)	0	1,67	1,67	1,67	1,67	1,67
Cu	Média (mg. L^{-1})	0	0	0	0	0	0
	Desvio Padrão	0.0023	0.0026	0.0023	0.0019	0.0011	0.0018
	%RSD	20,13	25,13	20,13	15,23	8,98	12,49
Cr	Média (mg. L^{-1})	0.203	0.202	0.253	0.261	0,318	0,367
	Desvio Padrão	0.0502	0.0126	0.0140	0.0268	0.0397	0.0367
	%RSD	24,70	6,24	5,53	10,26	12,49	12,08
Fe	Média (mg. L^{-1})	0,535	12,34	0,706	0,592	4,54	0,513
	Desvio Padrão	0.0660	0,676	0.0994	0.0269	0.759	0.1669
	%RSD	12,34	0.0745	14,08	4,54	0.0985	32,53
Mn	Média (mg. L^{-1})	0,104	0,103	3,55	0,110	0,113	0,096
	Desvio Padrão	0.0079	0.0036	0,110	0.0080	0.0305	0.0095
	%RSD	7,53	3,55	0.0143	7,24	27,00	9,86
Ni	Média (mg. L^{-1})	1.947	1.375	2.131	1.127	3.752	3.554
	Desvio Padrão	2.2371	0.6691	1.1154	1.7899	1.7493	1.5254
	%RSD	114,88	48,66	52,35	158.87	46.63	42.92
Zn	Média (mg. L^{-1})	0,08	0,09	0,019	0,015	0,010	0,008
	Desvio Padrão	0.0050	0.0036	0.0021	0.0045	0.0028	0.0007
	%RSD	59,95	40,8	10,57	30,82	28.66	8,74

Fonte: A autora