



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO,
CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA

COORDENAÇÃO DO CURSO SUPERIOR DE
BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL



JOSÉ RAFAEL DA SILVA FERREIRA

**ANÁLISE QUALITATIVA DE CORPOS HÍDRICOS
SUPERFICIAIS NA CIDADE DE CAJAZEIRAS-PB**

Cajazeiras
2019

JOSÉ RAFAEL DA SILVA FERREIRA

**ANÁLISE QUALITATIVA DE CORPOS HÍDRICOS
SUPERFICIAIS NA CIDADE DE CAJAZEIRAS-PB**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Coordenação do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba-*Campus* Cajazeiras, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Cinthya Santos da Silva

IFPB
Campus Cajazeiras
Coordenação de Biblioteca
Biblioteca Prof. Ribamar da Silva
Catlogação na fonte: Daniel Andrade CRB-15/593

F383a

Ferreira, José Rafael da Silva

Análise qualitativa de corpos hídricos superficiais na cidade de Cajazeiras-PB / José Rafael da Silva Ferreira; orientadora Cinthya Santos da Silva.-

72 f.: il.

Orientador: Cinthya Santos da Silva.

TCC (Bacharelado em Eng. Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Cajazeiras, 2019.

1. Águas superficiais 2. Agentes contaminantes - Água 3 Esgotos 4. Impactos ambientais - Água I. Título

CDU 504.45(0.067)

JOSÉ RAFAEL DA SILVA FERREIRA

**ANÁLISE QUALITATIVA DE CORPOS HÍDRICOS
SUPERFICIAIS NA CIDADE DE CAJAZEIRAS-PB**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à
Coordenação do Curso de Bacharelado em
Engenharia Civil do Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba,
como parte dos requisitos para a obtenção do
Título de Bacharel em Engenharia Civil.

BANCA EXAMINADORA



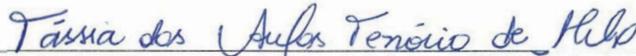
Cinthya Santos da Silva – IFPB - *Campus* Cajazeiras

Orientador



(Cicero de Souza Nogueira Neto) - IFPB - *Campus* Cajazeiras

Examinador 1



(Tássia dos Anjos Tenório de Melo) - UFPB - *eaius* Areia

Examinador 2

Cajazeiras, 11 de abril de 2019

Dedico este trabalho primeiramente à Deus, pela minha existência e por todas as bênçãos concedidas, e aos meus Pais, Rosilene Freitas e Diná Ferreira (*in memoriam*).

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por mais uma conquista, e por colocar pessoas especiais no decorrer dessa caminhada, e que foram essenciais para a realização desta etapa da minha vida.

À minha mãe, Rosilene Freitas, por todo carinho, dedicação, esforço, apoio, sempre buscando o melhor para mim.

À minha orientadora, Professora Cinthya Santos da Silva, pela oportunidade me dada, paciência, estímulo, competência, ensinamentos, orientações e confiança na realização deste trabalho, e também, pelo apoio e compreensão nos momentos difíceis dessa trajetória.

Aos professores Cicero de Souza Nogueira Neto e Tássia dos Anjos Tenório de Melo, por toda dedicação de seu tempo e pelas valiosas contribuições como examinadores externos deste trabalho.

À minha namorada Priscila Araruna por todo apoio, incentivo e dedicação.

Aos meus colegas que se tornaram amigos, em especial, Alysson, Carmem, José Neto, José Zito, Luanda, Sheldon, Welison e Wildson, pela ajuda, dedicação e pela amizade.

Ao meu colega Carlos Celso, pela disponibilidade do seu tempo, para me acompanhar e auxiliar em todas as análises em laboratório realizadas.

À CAGEPA, pela oportunidade de contribuir com os estudos desenvolvidos neste trabalho.

Ao Instituto Federal da Paraíba - IFPB, por todo apoio e ambiente propício para o desenvolvimento do meu trabalho de conclusão de curso.

À todos que contribuíram direta ou indiretamente para a elaboração deste estudo.

Muito obrigado!

RESUMO

O uso das águas superficiais na Paraíba tem aumentado de forma considerável ao longo dos anos, tanto devido ao abastecimento urbano quanto ao rural. Além disso, esses corpos hídricos estão cada vez mais sujeitos a agentes contaminantes, provenientes do lançamento de esgotos sem tratamento e por ações antropogênicas. O presente trabalho buscou analisar a influência dos impactos ambientais de origem antrópicas em corpos hídricos superficiais na cidade de Cajazeiras – PB, a partir de amostras coletadas em seis corpos d'água superficiais, onde foram realizadas análises físico-químicas e microbiológicas. Os parâmetros adotados para avaliar a qualidade da água foram: temperatura, cor, turbidez, potencial hidrogeniônico (pH), condutividade, sólidos totais dissolvidos, salinidade, oxigênio consumido, oxigênio dissolvido, gás carbônico livre, alcalinidade, cloretos, dureza, coliformes totais e fecais. Comparando-se os resultados obtidos, com as legislações vigentes, as análises qualitativas bacteriológicas para coliformes totais e fecais apresentaram os resultados mais críticos, com indicação de presença das bactérias em todos os corpos hídricos. Nas análises físico-químicas os parâmetros que apresentaram os índices mais elevados foram oxigênio consumido e oxigênio dissolvido. Dessa maneira, os seis corpos hídricos estudados foram determinados como pertencentes à Classe 4, onde essa má qualidade ressalva a dimensão dos impactos ambientais realizados pelo homem em corpos hídricos superficiais, associando os elevados graus de poluição às contribuições de esgoto, lançamento de resíduos sólidos pela população, uso e ocupação de seu entorno e mineração.

Palavras-Chave: Águas superficiais; Agentes contaminantes; Esgotos; Impactos ambientais; Parâmetros.

ABSTRACT

The use of surface water in Paraíba has increased considerably over the years, due to both urban and rural supply. Furthermore, these water bodies are susceptible to contaminants, caused by the untreated sewage discharge and anthropogenic actions. The present study aimed to analyze the influence of anthropogenic environmental impacts on surface water bodies of Cajazeiras - PB, from samples collected from six surface water bodies, where physical-chemical and microbiological analyzes were carried out. The water-quality indicators used were temperature, color, turbidity, pH, conductivity, dissolved solids, salinity, oxygen consumption, dissolved oxygen, free carbon dioxide, alkalinity, chlorides, total hardness, total and fecal coliforms. Comparing the obtained results, with the current legislation, qualitative bacteriological analyzes for total and fecal coliforms presented the most critical results, indicating the presence of bacteria in all water bodies. In the physic-chemical analyzes the parameters with highest indexes were oxygen consumption and dissolved oxygen. Therefore, all water bodies were determined as belonging to Class 4, where this low quality reasserts the dimension of the environmental impacts made by man in surface water bodies, associating the high degrees of pollution with the sewage contributions, use and occupation of its surroundings and mining.

Keywords: Surface water; Contaminants; Sewer; Environmental impacts; Parameters.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Bacia Piranhas-Açu.....	31
Figura 2 – Mapa de localização de Cajazeiras	32
Figura 3 - Amostra da água antes e após da titulação de neutralização, respectivamente, para determinação da Alcalinidade.	35
Figura 4 – (a)Adição de fenolftaleína, (b)titulação com a solução hidróxido de sódio e (c)coloração levemente rosa.	36
Figura 5 – (a)Amostra da água com K ₂ CrO ₄ e (b) após a titulação com AgNO ₃	37
Figura 6 – (a) Amostra com indicador negro de eriocromo T e (b) após a titulação com EDTA.	38
Figura 7 – Titulação com EDTA até a coloração roxa.	39
Figura 8 – (a) Amostra aquecida em banho-maria com as substancias de ácido sulfúrico e permanganato de potássio, (b) amostra aditada de oxalato de amônio e (c) titulação com permanganato de potássio.....	40
Figura 9 - pH-metro portátil modelo mPA210	41
Figura 10 – Turbidímetro POLICONTROL modelo AP2000.....	41
Figura 11 - Condutivímetro ANALYSER modelo MP513.....	42
Figura 12 - Colorímetro POLICONTROL modelo Aquacolor cor.	43
Figura 13 - Medidor Multiparâmetro AKSO modelo AK88.....	43
Figura 14 – (a) Adição do substrato <i>Colilert</i> na amostra e (b) sua incubação a 35°C.	44
Figura 15 – (a) Amostras com coloração amarelada e (b) fluorescente com a luz UV-365. ...	45
Figura 16 - Mapa de uso e ocupação de P1.....	47
Figura 17 - Mapa de uso e ocupação de P2.....	47
Figura 18 - Mapa de uso e ocupação de P3.....	48
Figura 19 - Mapa de uso e ocupação de P4.....	48
Figura 20 - Mapa de uso e ocupação de P5.....	49
Figura 21 - Mapa de uso e ocupação de P6.....	49
Figura 22 - Localização dos pontos de estudo.....	51
Figura 23 – Medição do pH nos corpos hídricos em estudo.	53
Figura 24 – Gráfico referente à variação de temperatura em °C	53
Figura 25 - Variação espaço temporal da condutividade elétrica nos corpos hídricos.....	54
Figura 26 – Contribuição de esgotamento sanitário e lançamento de resíduos sólidos.	55

Figura 27 – Variação espaço temporal da concentração de turbidez nos pontos amostrais.....	56
Figura 28 - Mineração realizado as margens de P1.....	56
Figura 29- Variação espaço temporal da concentração de dureza nos pontos amostrais.....	57
Figura 30 - Variação espaço temporal da concentração de cloreto nos pontos amostrais.....	58
Figura 31 - Variação espaço temporal da concentração de OD nos pontos amostrais.....	58
Figura 32 - Variação espaço temporal da concentração de Sólidos Totais Dissolvidos nos pontos amostrais.....	59
Figura 33 - Variação espaço temporal da salinidade nos pontos amostrais.	60
Figura 34 - Variação espaço temporal da alcalinidade nos pontos amostrais.	60
Figura 35 - Variação espaço temporal do oxigênio consumido nos pontos amostrais.....	61
Figura 36 - Variação espaço temporal da cor nos pontos amostrais.	62
Figura 37 - Variação espaço temporal do gás carbônico livre nos pontos amostrais.....	62

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Parâmetros físico-químicos utilizados e metodologias de análises.....	33
Quadro 2- Identificação dos pontos de coleta.	50
Quadro 3 - Justificativa de escolha e características dos pontos de coleta.....	52

LISTA DE ABREVIATURAS

ANA – Agência Nacional de Águas
CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CAGEPA – Companhia de Águas e Esgotos da Paraíba
AESAs – Agência Executiva de Gestão das Águas
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
CRPM – Serviço Geológico do Brasil
SUDENE – Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste
APP – Áreas de preservação permanente
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
MS – Ministério da Saúde
pH – Potencial hidrogeniônico
CE – Condutividade elétrica
OD – Oxigênio dissolvido
CO₂ – Gás carbônico
OC – Oxigênio Consumido
E. Coli – *Escherichia coli*
EDTA – Ácido etilenodiamino tetra-acético
FC – Fator de correção
V – Volume total
UNT – Unidade nefelométrica de turbidez
UV – Radiação ultravioleta
VMP – Valor máximo permitido
SIG – Sistema de Informação Geográfica

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 OBJETIVOS.....	16
1.1.1 Objetivo Geral	16
1.1.2 Objetivos Específicos	16
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	17
2.1 RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS	17
2.2 LEGISLAÇÃO SOBRE RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL.....	18
2.3 IMPACTOS AMBIENTAIS SOBRE CORPOS HÍDRICOS	20
2.4 QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS	21
2.5 PARÂMETROS PARA ANÁLISE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS	21
2.5.1 Parâmetros físicos.....	22
2.5.1.1 Temperatura	22
2.5.1.2 Cor.....	22
2.5.1.3 Sólidos.....	23
2.5.1.4 Turbidez	24
2.5.1.5 Condutividade Elétrica (CE)	25
2.5.2 Parâmetros Químicos.....	25
2.5.2.1 Potencial hidrogênio (pH)	25
2.5.2.2 Alcalinidade	26
2.5.2.3 Dureza	26
2.5.2.4 Cloreto.....	27
2.5.2.5 Oxigênio dissolvido (OD)	27
2.5.2.6 Gás carbônico (CO ₂)	27
2.5.2.7 Oxigênio consumido (OC)	28

2.5.2.8	Salinidade.....	28
2.5.1	Parâmetros biológicos.....	29
2.5.1.1	Coliformes totais e fecais.....	29
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	30
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA PIRANHAS-AÇU.....	30
3.2	CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE CAJAZEIRAS.....	31
3.3	DELIMITAÇÃO DOS PONTOS DE ESTUDO.....	33
3.4	ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA.....	33
3.4.1	Alcalinidade de água.....	34
3.4.2	Gás carbônico (CO ₂).....	35
3.4.3	Cloretos.....	36
3.4.4	Dureza total.....	37
3.4.5	Dureza de cálcio.....	38
3.4.6	Dureza de magnésio.....	39
3.4.7	Oxigênio consumido (OC).....	39
3.4.8	Determinação do pH.....	40
3.4.9	Turbidez.....	41
3.4.10	Condutividade Elétrica, sólidos totais dissolvidos e salinidade.....	42
3.4.11	Cor e temperatura.....	42
3.4.12	Oxigênio dissolvido (OD).....	43
3.4.13	Coliformes totais e coliformes fecais.....	44
4	ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	46
4.1	DIAGNÓSTICO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO.....	46
4.2	DELIMITAÇÃO DOS PONTOS DE ESTUDO.....	50
4.3	ANÁLISE QUALITATIVA DA ÁGUA.....	52
4.3.1	Potencial Hidrogeniônico (pH).....	52

4.3.2 Temperatura.....	53
4.3.3 Condutividade Elétrica (CE)	53
4.3.4 Turbidez.....	55
4.3.5 Dureza da água	56
4.3.6 Cloretos.....	57
4.3.7 Oxigênio Dissolvido (OD)	58
4.3.8 Sólidos Totais Dissolvidos	59
4.3.9 Salinidade	59
4.3.10 Alcalinidade.....	60
4.3.11 Oxigênio Consumido (OC).....	61
4.3.12 Cor	61
4.3.13 Gás Carbônico (CO ₂).....	62
4.3.14 Coliformes Totais e Fecais	63
5 CONCLUSÃO.....	64
REFERÊNCIAS	65
APÊNDICE A – RESULTADOS DAS COLETAS	

1 INTRODUÇÃO

O meio ambiente é de grande importância para a vida do ser humano, pois é dele que são retirados os recursos indispensáveis ao desenvolvimento da sociedade. Durante muito tempo o homem extraiu suas riquezas sem que isso compromettesse de forma significativa a quantidade e a qualidade dos recursos naturais, pois o número de habitantes do planeta era reduzido em comparação à atualidade, conseqüentemente a extração dos recursos naturais para manter as atividades básicas (sendo de subsistência a grande maioria) era menor, além do que, as técnicas de exploração eram bastante rudimentares (ALBUQUERQUE, 2014).

Contudo, encontra-se uma realidade totalmente diferente, onde grande parte dos impactos ambientais é resultado de um crescimento descontrolado de urbanização, industrialização e mau uso dos recursos naturais; o que pode ocasionar grandes desequilíbrios ambientais e mudanças no ecossistema. A desarmonia de um dos componentes do meio ambiente resulta, invariavelmente, no desequilíbrio de outros componentes, resultando assim em impactos com maior ou menor rapidez, conforme a atuação do homem nesse meio em busca de benefícios para si próprio (LEVINO; BORGES; MORAIS, 2000).

Diante disso, ações para proteção e preservação do meio ambiente são de fundamental importância para garantia de uma melhor qualidade de vida; uma vez que, as agressões ao meio ambiente são muito frequentes, impondo assim a necessidade de ações mitigadoras dos impactos causados. Pode-se dizer que a falta de informação, conscientização e, principalmente, a falta da educação ambiental são alguns dos fatores que potencializam a degradação do meio ambiente (SANTOS, 2011).

A crescente demanda por recursos naturais e espaço físico, áreas que deveriam servir como suporte à preservação ambiental, como as margens de córregos e rios (Áreas de Preservação Permanente – APP), sofrem impactos negativos devido a ocupação que ocorre de forma desordenada e sem planejamento (SILVA; SANTOS; GALDINO, 2016).

Segundo a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) N°001/86:

“Impacto ambiental é qualquer variação das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, motivada por qualquer tipo de matéria ou energia provenientes das atividades humanas que afetam, de forma direta ou indireta: a saúde, segurança, as atividades sociais e econômicas e o bem-estar da sociedade inserida em tal meio; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; e a qualidade dos recursos ambientais disponíveis.” (CONAMA, 1986, p. 1).

Logo, dentre as várias consequências negativas causadas por estes impactos no ambiente, pode-se citar: redução e/ou extinção de espécies nativas, inundações, erosões, poluição generalizada, destruição da camada de ozônio que ocasiona mudanças climáticas, chuvas ácidas e ampliação do efeito estufa. O ecossistema se apresenta perturbado e com cadeia alimentar, muitas vezes, desequilibrada (SANTOS, 2015).

A Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, apresenta como um de seus objetivos “assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos”. Porém, mesmo após entrar em vigor, é notória a crescente contaminação dos corpos hídricos, os quais recebem altas cargas de esgotos domésticos, resíduos sólidos e agrotóxicos, que somados as baixas vazões, diminuem a capacidade de recuperação e o estabelecimento de equilíbrio do meio ambiente.

É imprescindível, tanto para o Brasil como para a Paraíba, a realização de pesquisas a respeito dos impactos sobre os recursos hídricos superficiais. Dessa forma, o estudo dos recursos hídricos da cidade de Cajazeiras - PB, permite averiguar as possíveis fontes de poluição, quantificando os danos ambientais presentes, e permitindo que haja um direcionamento das políticas ambientais aos principais agentes desses impactos. Neste contexto, o presente trabalho apresenta grande relevância no âmbito ambiental e social, uma vez que contribui para uma visão crítica da problemática relacionada ao mau uso dos recursos naturais e as consequências que isso pode acarretar ao meio ambiente.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

- Analisar a influência dos impactos ambientais de origem antrópicas em corpos hídricos superficiais na cidade de Cajazeiras – PB.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Categorizar, parcialmente, os corpos hídricos superficiais urbanos, segundo a CONAMA 357/2005 e as Portarias do Ministério da Saúde 2914/2011 e 518/2004;
- Identificar e classificar as fontes contaminantes;
- Analisar uso e ocupação do solo de suas áreas marginais;
- Analisar a legislação nacional vigente no que concerne ao uso, ocupação e preservação dos corpos hídricos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS

A água é de fundamental importância para os ecossistemas da natureza, um solvente universal e significativo na retirada de nutrientes do solo pelas plantas, além de ser essencial nas formações hídricas atmosféricas. Assim, a água é considerada um recurso natural imprescindível à sobrevivência dos seres vivos. (PAZ; TEODORO; MENDONÇA, 2000)

Os recursos hídricos disponibilizados pela natureza, mais especificadamente as águas subterrâneas e superficiais, são as principais fontes de manutenção da vida humana. A primeira tem formação a partir da precipitação e escoamento da água que percorre o solo e preenche fraturas de formações litológicas. Já a segunda é caracterizada por acumular-se na superfície, formando assim os rios, lagos, e vários outros tipos de corpos d'água (ANA, 2019).

O presente trabalho tem como ênfase as águas superficiais, que são consideradas segundo a ANA – Agência Nacional de Águas (2019), uma das principais fontes de abastecimento de água potável do planeta, visto que, elas não penetram no solo, acumulam-se na superfície, escoam e dão origem a rios, riachos, lagoas e córregos, sendo estes de fácil acesso e consumo se comparados às águas subterrâneas. Sua importância não se restringe apenas à sobrevivência humana, mas garante o uso múltiplo do desenvolvimento de todas as atividades produtivas, como: geração de energia elétrica, produção industrial, diluição de efluentes domésticos e industriais, transporte fluvial, e a manutenção das condições ecológicas e ambientais (GIAMPÁ, GONÇALES, 2005).

Segundo a ANA (2012), o Brasil possui 12% da disponibilidade de água doce superficial do mundo, sendo este um dos grandes patrimônios nacional. A disponibilidade da água, refere-se a aspectos quantitativos e qualitativos que, quando não atendidos conjuntamente, representam um fator restritivo para o seu aproveitamento. Vale salientar ainda, como ponto crítico, o fato de que a distribuição dos recursos hídricos por todo território nacional não é uniforme, enquanto algumas regiões como o Nordeste, sofrem com a escassez hídrica, outras possuem abundância.

Os diferentes níveis de ocupação e intensificação das atividades produtivas, assim como problemas de má gestão e falta de educação ambiental, podem promover circunstâncias de estresse hídrico e ambiental. Diante disso, os recursos hídricos são, cada vez mais, foco da

preocupação mundial, em consequência da escassez em algumas regiões e também à deterioração da sua qualidade (WCED, 1987).

Portanto, é importante que o Brasil apresente e execute uma gestão pública eficiente que preserve e garanta acesso sustentável aos corpos hídricos para com a população, com intuito de realizar a igualdade inter-regional e intertemporal da água. Para que isso ocorra, é necessário delimitar – em marcos regulatórios e estudos sobre cada bacia hidrográfica – a necessidade real dos usuários atrelada à capacidade de oferta das águas, visando diminuir ou cessar os riscos de prejuízos no seu ciclo de renovação (FREITAS e SANTOS, 1999).

2.2 LEGISLAÇÃO SOBRE RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL

- Política Nacional de Recursos Hídricos

No Brasil, a necessidade de uma gestão mais apropriada e eficiente dos recursos hídricos resultou na aprovação da Lei 9.433, em 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. A lei fundamenta princípios básicos para a gestão dos recursos hídricos, são esses:

- I - A água é um bem de domínio público;
 - II - A água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico;
 - III - em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais;
 - IV - A gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas;
 - V - A bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;
 - VI - A gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.
- (Lei 9.433, 1997, p. 1)

Para assegurar que os objetivos fossem atingidos e a diretrizes de ação implementadas, a Lei nº 9.433, elaborou uma série de instrumentos, dentre os quais merecem destaque a outorga dos direitos de uso, os Planos de Recursos Hídricos e a cobrança por esse uso.

- Resolução CONAMA 357 de março de 2005

O Conselho Nacional de Meio Ambiente, através da Resolução nº 357 (CONAMA, 2005), apresentou as condições e padrões de qualidade exigidos para o lançamento

adequado de efluentes nos corpos hídricos e os critérios de uso específico destes. O enquadramento dos corpos d'água determina o padrão de qualidade (classe) a ser alcançado ou mantido de acordo com o seu uso ao longo do tempo.

Essa Resolução, estabeleceu limites superiores ou inferiores para diversas variáveis em sistemas de água doce, salobra e salina (CUNHA *et al.* 2013), que são classificadas em treze classes de qualidade. Segundo Matthiensen *et al.* (2014), a classificação deve ser vista como uma ferramenta para o planejamento, buscando níveis de qualidade que devem possuir ou ser mantidos nos corpos d'água para satisfazer as necessidades estipuladas pela sociedade, levando em consideração as prioridades de uso.

A Resolução supracitada classifica as águas doces da seguinte forma:

I - Classe Especial: águas destinadas ao abastecimento para consumo humano após sua desinfecção, e a preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas e dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.

II - Classe 1: águas que podem ser destinadas ao abastecimento humano, após um tratamento simplificado, para preservação das comunidades aquáticas e a recreação de contato primário. Também se enquadram águas que são utilizadas para irrigação de hortaliças e frutas, e para proteção de comunidades aquáticas em terras indígenas.

III - Classe 2: águas que podem ser destinadas ao abastecimento humano, após um tratamento convencional, para preservação de comunidades aquáticas e a recreação de contato primário. Como também, águas que podem ser utilizadas na irrigação de hortaliças e plantas frutíferas, e o seu uso na agricultura e à atividade de pesca.

IV - Classe 3: são águas que podem ser utilizadas para o abastecimento humano, após um tratamento convencional ou avançado, e para irrigação, pesca amadora, recreação e dessedentação de animais.

V- Classe 4: água que podem ser destinadas para navegação e à harmonia paisagística.

Essa classificação dos corpos hídricos superficiais é de grande relevância para o gerenciamento da qualidade da água, proporcionando também a conservação do sistema aquífero com intuito de assegurar os usos de forma sustentável (PEIXOTO *et al.* 2016).

- Resolução CONAMA 430 de maio de 2011

O Art. 1 da resolução CONAMA 430/2011, complementa e altera parcialmente a resolução CONAMA 357, e dispõe sobre as condições, parâmetros, padrões e diretrizes para o lançamento de efluentes em corpos de águas receptores.

Segundo Jerônimo *et al.* (2012), nesta resolução é prescrito o enquadramento por meio de parâmetros determinados em laboratório, com o intuito de interpretar as prováveis consequências causadas pelos limites ultrapassados de determinados resíduos, quando lançados em corpos receptores.

Além disso, esta resolução mostra que o lançamento de efluentes de qualquer fonte poluidora nos corpos receptores, tanto de forma direta quanto indireta, só deve ser realizado após o tratamento específico adequado, além da necessidade em atender todas as exigências impostas na mesma.

Mesmo após o lançamento dos efluentes, devem ser atendidas as medidas impostas no art. 5, que determina que, “os efluentes não poderão conferir ao corpo receptor características de qualidade em desacordo com as metas obrigatórias progressivas, intermediárias e final, do seu enquadramento”. Dessa forma, o efluente lançado não pode afetar negativamente no enquadramento inicialmente definido em qualquer que seja o corpo d’água.

2.3 IMPACTOS AMBIENTAIS SOBRE CORPOS HÍDRICOS

Nos últimos anos, a água vem se destacando no cenário mundial em discursões a respeito da utilização de recursos hídricos, na melhoria da adequação e gestão desses recursos tão escassos. Mesmo sendo fundamentais para a manutenção da vida, os sistemas aquáticos, em virtude das ações humanas, vêm sofrendo um processo de degradação acelerada de suas características químicas, físicas e biológicas. Ocasionalmente, dessa forma, ações nocivas para a população em geral, devido grande parte da água doce do planeta apresentar algum tipo de contaminação. Essa atenção redobrada, se dá pelo fato de os recursos estarem suscetíveis aos impactos ambientais, que contribuem para o desaparecimento de lagos e rios, e prejudicam o ciclo da água e o clima, a partir de fatores como: a contaminação, desmatamento de matas ciliares, o uso irregular da água, ocupação do solo indevida, desvios de cursos d’água, dentre outras degradações. Logo, é evidente a fundamental importância das bacias hidrográficas no planejamento, nas tomadas de decisões para elaboração de políticas públicas e na gestão territorial (ARAÚJO *et al.*, 2009).

As fontes poluidoras podem ter características distintas, conforme afirma Von Sperling (1996), “as fontes poluidoras dos corpos hídricos podem apresentar-se como difusas, onde os poluentes distribuem-se ao longo do percurso das águas, ou pontual, adentrando de forma concentrada no corpo receptor.”.

O encarecimento dos custos de tratamento de águas designadas ao sistema de abastecimento de água e ao uso industrial, a redução na produtividade agrícola e na pecuária, a diminuição da pesca, e a perda da biodiversidade são alguns fatores provenientes dos impactos ambientais e sociais decorrente da degradação da qualidade das águas. No Brasil, os problemas de poluição ambiental atuais e futuros, devem ser encarados de um ponto de vista em que as medidas de controle façam parte do contexto de uma economia planejada e de um desenvolvimento social (BRASIL, 2014).

2.4 QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS

Na década de 1970, foram implantadas as primeiras redes estaduais de monitoramento da qualidade das águas superficiais brasileiras, porém a distribuição desses pontos no território brasileiro é bastante desigual e concentrada em algumas regiões hidrográficas (ANA, 2012).

Atualmente, poucas regiões encontram-se isentas de problemas decorrentes da degradação na qualidade da água, das perdas de fontes potenciais de água doce e da poluição das fontes de águas superficiais. Os problemas que mais afetam a qualidade da água de rios e lagos sucedem, dos controles inadequados dos efluentes industriais, de esgotos domésticos tratados de forma indevida, da deterioração das bacias de captação, entre outros. Decorrente disso, os ecossistemas aquáticos são perturbados, e as fontes vivas de água doce ameaçadas (BRASIL, 1996).

Segundo Alves *et al.* (2012), o monitoramento da qualidade das águas através de análises físico-químicas proporciona subsídio às políticas de proteção ambiental e decisões nas ações de gestão ambiental.

2.5 PARÂMETROS PARA ANÁLISE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS.

O objetivo principal dos parâmetros é a transformação de dados em informações importantes para entidades e a população. Além disso, podem facilitar no entendimento de conjuntos de dados complexos a respeito da saúde, meio ambiente e desenvolvimento. Também, proporciona uma visão simplificada das condições e tendências existentes e podem contribuir para melhorar a gestão e o desenvolvimento de políticas (VON SCHIRNDING, 2002).

Segundo Santos (2011 *apud* Gomes *et al.*, 2014), “os indicadores devem ser selecionados de acordo com o tipo de monitoração que se pretende realizar, devendo-se escolher e quantificar os que sejam capazes de indicar o risco potencial à saúde do consumidor.”.

De acordo com Von Sperling (1996), “Os diversos componentes presentes na água, e que alteram o seu grau de pureza, podem ser retratados, de uma maneira ampla e simplificada, em termos de suas características físicas, químicas e biológicas.”. Essas características podem ser traduzidas na forma de parâmetros, e através deles permitem a avaliação da qualidade da água.

2.5.1 Parâmetros físicos

2.5.1.1 Temperatura

A alteração da temperatura da água pode ser de origem natural através da transferência de calor por radiação, condução e convecção, ou antropogênica a partir de despejos industriais ou águas de torres de resfriamento. As elevações de temperatura aumentam as taxas de reações químicas e biológicas, diminuem a solubilidade dos gases (oxigênio dissolvido) e aumentam a taxa de transferência de gases (podendo gerar mau cheiro, no caso da liberação de gases com odores desagradáveis) (VON SPERLING, 1996).

Ainda, possui um papel fundamental no meio aquático, condicionando as influências de uma série de variáveis físico-químicas. A partir do momento que ocorre o aumento da temperatura, ocorre a diminuição da viscosidade, tensão superficial, compressibilidade, calor específico, constante de ionização, calor latente de vaporização e o aumento da condutividade térmica e da pressão de vapor (CETESB, 2009).

2.5.1.2 Cor

A cor da água está relacionada ao grau de redução de intensidade que a luz sofre ao atravessá-la, devido a presença de sólidos dissolvidos, principalmente material em estado coloidal orgânico e inorgânico (CETESB, 2009). A intensidade da cor da água é determinada a partir da comparação de uma amostra padrão com cobalto-platina, sendo o resultado obtido em

unidades de cor (unidade Hazen). As águas naturais apresentam uma variação de intensidade de cor de 0 a 200 unidades (BRASIL, 2016).

2.5.1.3 Sólidos

Os sólidos se referem as matérias suspensas ou dissolvidas em água ou esgoto, podendo vir a afetar negativamente a qualidade da água ou do efluente de várias maneiras. Águas com sólidos altamente dissolvidos geralmente são de potabilidade inferior e podem induzir uma reação fisiológica desfavorável no consumidor transitório. Por estas razões, um limite de 500 mg de sólidos dissolvidos é desejável para as águas potável e aquelas altamente mineralizadas. Ressalta-se ainda que, as águas que apresentam um alto teor de sólidos suspensos podem ser esteticamente insatisfatórias para fins de banho por causar desconforto (ALPHA, 1999).

Nas análises de controle de poluição das águas naturais, as determinações dos níveis de concentração das frações de sólidos acarretam em um quadro geral de distribuição das partículas em relação ao tamanho (sólidos em suspensão e dissolvidos) e com relação a natureza (fixos ou minerais e voláteis ou orgânicos) (CETESB, 2009).

A entrada de sólidos na água pode ocorrer de forma natural através de organismos, processos erosivos e detritos orgânicos ou de forma antropogênica, a partir de lançamento de lixo e esgotos (BRASIL, 2013).

A presença de sólidos nos recursos hídricos, podem vir a ocasionar danos à vida aquática, pois eles se sedimentam-se no leito dos rios destruindo organismo que proporcionam alimentos, ou também, danificam os leitos de desova de peixes. Os sólidos podem reter bactérias e resíduos orgânicos, promovendo decomposição anaeróbia. Além disso, os altos teores de sais minerais, em especial, sulfato e cloreto, estão ligados à tendência de corrosão em sistemas de distribuição, e podem conferir sabor às águas (CETESB, 2009).

A análise de sólidos é de grande importância no controle de processos de tratamento de efluentes biológicos e físicos e na avaliação da conformidade com as limitações de efluentes de águas residuais de agências reguladoras (ALPHA, 1999).

Nesse contexto, o padrão de potabilidade está associado aos sólidos totais dissolvidos, já que este reflete a influência de lançamento de esgotos, além de afetar a qualidade da água visível ao olho humano. (BRASIL, 2016).

2.5.1.4 Turbidez

Segundo Santos (2012 *apud* Nogueira *et al.*, 2015),

A turbidez é uma característica física da água, decorrente da presença de substâncias em suspensão, ou seja, sólidos suspensos, finamente divididos ou em estado coloidal, e de organismos microscópicos... A presença destas partículas provoca a dispersão e a absorção da luz, deixando a água com aparência turva, esteticamente indesejável e potencialmente perigosa, pois pode prejudicar a fotossíntese das algas e plantas aquáticas submersas. Partículas em suspensão localizadas próximo à superfície podem absorver calor adicional da luz solar, aumentando a temperatura da camada superficial da água.

Em regiões com solos erodíveis, a turbidez presente nas águas é alta, onde as chuvas podem carrear partículas de argila, sílto, areia, fragmentos de rochas e óxidos metálicos do solo. Boa parte das águas de rios brasileiros é naturalmente turva resultante das características geológicas das bacias de drenagem, da ocorrência de altos índices de chuvas e uso inadequado de práticas agrícolas (BRASIL, 2016).

A alta turbidez pode influenciar nas comunidades biológicas aquáticas, já que reduz a fotossíntese da vegetação enraizada submersa e algas. Com isso pode ocorrer o desenvolvimento reduzido das plantas, afetando assim na produtividade de peixes (CETESB, 2009).

No processo de tratamento de água a turbidez é de suma importância, já que a água com elevada turbidez, dependendo da sua natureza, forma flocos pesados que decantam mais rapidamente. Também tem suas desvantagens, como no caso da desinfecção que pode ser dificultada pela proteção dada aos micro-organismos no contato direto com os desinfetantes (BRASIL, 2013).

A utilização mais frequente desse parâmetro é na caracterização de águas de abastecimento brutas e tratadas e no controle de operação das estações de tratamento de água. (VON SPERLING, 1996).

2.5.1.5 Condutividade Elétrica (CE)

A condutividade elétrica é um parâmetro que mede a capacidade de uma solução aquosa de conduzir uma corrente elétrica. Essa propriedade é decorrente da presença de íons, na sua concentração total, mobilidade e valência, e na temperatura de medição. As moléculas de compostos orgânicos que não dissociam na solução aquosa resultam uma corrente muito pobremente. Por outro lado, a maioria das soluções dos compostos inorgânicos são condutores parcialmente bons (ALPHA, 1999).

De acordo com BRASIL (2006), as águas naturais normalmente apresentam teores de condutividade entre 10 a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, porém em ambientes contaminados por esgotos (domésticos ou industriais) os valores chegam até 1.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. A unidade de medida da condutividade elétrica da água, é reportada em unidades de resistência (mho ou S) por unidade de comprimento (cm ou m).

2.5.2 Parâmetros Químicos

2.5.2.1 Potencial hidrogênio (pH)

O potencial hidrogeniônico (pH) representa a concentração de íons hidrogênio (H^+) calculado em uma escala antilogarítmica, onde indica a intensidade das condições ácidas, neutras e alcalinas da água. A faixa de pH varia de 0 a 14, na qual valores inferiores a 7 são consideradas águas ácidas e superiores a 7 são águas alcalinas. O valor do pH influencia na distribuição ionizada e das formas livres de vários compostos químicos, além de determinar o potencial de toxicidade de diferentes elementos e contribuir na determinação do grau de solubilidade das substâncias (BRASIL, 2014).

Segundo Von Sperling (1996), as alterações de pH podem ter origem natural (dissolução de rochas, absorção de gases da atmosfera e fotossíntese) ou antropogênica (despejos domésticos ou industriais). Para o abastecimento de água, o pH baixo pode favorecer para sua corrosividade e agressividade, enquanto o pH elevado aumenta a possibilidade de incrustações. Nas estações de tratamento de águas, diversas etapas envolvem as determinações de pH, como a coagulação, desinfecção, controle de corrosividade e remoção de dureza. Para a adequada

vida aquática, o pH deve estar na faixa de 6 a 9, favorecendo também aos microrganismos responsáveis pelo tratamento biológico dos esgotos.

2.5.2.2 Alcalinidade

De acordo com Brasil (2006),

A alcalinidade indica a quantidade de íons na água que reagem para neutralizar os íons hidrogênio. Constitui-se, portanto, em uma medição da capacidade da água de neutralizar os ácidos, servindo, assim, para expressar a capacidade de tamponamento da água, isto é, sua condição de resistir a mudanças do pH. Ambientes aquáticos com altos valores de alcalinidade podem, assim, manter aproximadamente os mesmos teores de pH, mesmo com o recebimento de contribuições fortemente ácidas ou alcalinas.

Os bicarbonatos (HCO_3^-), carbonatos (CO_3^{2+}) e hidróxidos (OH^-), são os principais constituintes da alcalinidade, a distribuição dessas três formas de alcalinidade na água é em função do seu pH (BRASIL, 2014)

No controle de tratamento de água a alcalinidade é de grande importância, visto que está relacionada a coagulação, redução de dureza e na prevenção da corrosão em tubulações, já no tratamento de esgotos, quando há reduções do pH podem vir a afetar os microrganismos responsáveis pela depuração. A alcalinidade para águas potáveis não é muito significativa, mas em elevadas concentrações confere um gosto amargo para a água (VON SPERLING, 1996).

2.5.2.3 Dureza

A dureza determina a concentração de cátions multimetálicos em solução, onde, os cátions que são constantemente relacionados à dureza são os de cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}), e em menor proporção, o alumínio (Al^{3+}), estrôncio (Sr^{2+}), ferro (Fe^{2+}) e manganês (Mn^{2+}). A dureza pode ser classificada como dureza carbonato e dureza não carbonato, dependendo do ânion com a qual ela está associada (BRASIL, 2006).

A elevada dureza reduz a formação de espuma, implicando assim em um maior consumo de sabão, além de ocasionar incrustações nas tubulações de água quente, aquecedores e caldeira, em consequência da maior precipitação dos cátions em temperaturas elevadas. Em determinadas concentrações, a dureza pode vir a causar um sabor desagradável e pode ter efeitos laxativos (VON SPERLING, 1996).

2.5.2.4 Cloreto

De acordo com a Brasil (2014), os cloretos são originários principalmente da dissolução de minerais, da intrusão de águas do mar, ou de esgotos domésticos ou industriais.

Nas águas superficiais, as descargas de esgotos sanitários são fontes importantes de cloretos, já que cada pessoa elimina através da urina aproximadamente 4 g de cloreto por dia, que corresponde de 90 a 95% dos excretos humanos, o restante é expelido através das fezes e pelo suor. Esses valores fazem com que os esgotos proporcionem concentrações de cloreto que ultrapassam 15 mg/L (CENTESB, 2009).

2.5.2.5 Oxigênio dissolvido (OD)

O oxigênio dissolvido refere-se ao nível de oxigênio livre, não composto, presente na água ou em outros líquidos. Esse parâmetro é um requisito importante para os organismos aeróbios, pois vivem na presença de oxigênio. No decorrer da estabilização da matéria orgânica, as bactérias efetuam o uso do oxigênio nos seus processos respiratórios, acarretando assim a diminuição da sua concentração no meio. De acordo com a intensidade deste fenômeno, pode ocasionar diversas mortes de seres aquáticos, até mesmo os peixes. Caso ocorra o consumo total de oxigênio, tem-se as condições anaeróbias (ausência de oxigênio), podendo originar maus odores (VON SPERLING, 1996).

Os níveis de oxigênio dissolvido na água dependem, em parte, dos processos químicos, físicos e biológicos que ocorrem na água (BRASIL, 2006).

Em estações de tratamento de esgotos e nos processos de autodepuração em sistemas aquáticos naturais, o oxigênio dissolvido é fundamental, visto que, através da medição da concentração de oxigênio dissolvido, podem ser avaliados, os efeitos de resíduos oxidáveis sobre águas receptoras e a eficiência do tratamento de esgotos, no decorrer da oxidação química (CETESB, 2009).

2.5.2.6 Gás carbônico (CO₂)

As principais fontes de CO₂, na água são a decomposição da matéria orgânica e a respiração dos macros e microrganismos. Pode ser encontrada em águas superficiais, e,

principalmente, em águas subterrâneas. A sua presença contribui de forma significativa a corrosividade da água em virtude da formação de ácido carbônico (CAGEPA, 2016).

O gás carbônico dissolvido em águas superficiais pode originar-se da respiração dos seres aquáticos, da atmosfera e da reação do sulfato de alumínio na qual essa reage com a alcalinidade natural da água. Sua presença na água pode favorecer de forma considerável na corrosão de estruturas metálicas e de composição cimentícia (tubos de fibrocimento) de um sistema de abastecimento de água, por esse motivo, o seu teor deve ser conhecido e controlado (BRASIL, 2013).

2.5.2.7 Oxigênio consumido (OC)

O oxigênio da água provém de duas fontes principais: atmosfera e assimilação fotossintética. A matéria orgânica em decomposição consome o oxigênio para sua estabilização, então quanto maior o consumo de oxigênio pelos microrganismos, maior a poluição do corpo d'água. O oxigênio consumido contribui para a autodepuração das águas, e é um fator importante no fenômeno da corrosão (CAGEPA, 2016).

Segundo Soares (2016),

A determinação do oxigênio consumido, fornece a quantidade de material orgânico, que é oxidável nas condições importas durante o ensaio. A informação sobre a quantidade de oxigênio consumido é útil para definir alterações da qualidade da água a ser tratada e indicar a afetividade do processo do tratamento aplicado, além de indicar o desenvolvimento de microrganismos nas unidades de tratamento.

2.5.2.8 Salinidade

Segundo Becker (2006), a salinidade corresponde aos sólidos totais no corpo hídrico depois dos carbonatos terem sido transformados em óxidos, os iodetos e brometos terem sido substituídos pelos cloretos e toda matéria orgânica ter sido oxidada. Em águas armazenadas em rochas cristalinas (ígneas e metamórficas), onde apresente as mínimas possibilidades de interação água/rocha são esperadas baixas salinidades, porém, em áreas áridas ou semiáridas, na qual as evaporações frequentemente são superiores as precipitações são esperadas altas concentrações de sais.

2.5.1 Parâmetros biológicos

2.5.1.1 Coliformes totais e fecais

Segundo Brasil (2013),

Coliformes totais são bacilos gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não formadores de esporos, oxidase-negativos, capazes de desenvolver na presença de sais biliares ou agentes tensoativos que fermentam a lactose com produção de ácido, gás e aldeído a $35,0 \pm 0,5^\circ\text{C}$ em 24-48 horas, e que podem apresentar atividade da enzima β - galactosidase.

Os coliformes totais são um grupo de bactérias frequentemente encontradas no ambiente, por exemplo, no solo ou na vegetação, como também como nos intestinos de mamíferos, incluindo humanos. As bactérias coliformes totais não são susceptíveis de causar doenças, entretanto sua presença indica que o seu abastecimento de água pode ser vulnerável à contaminação por microrganismos mais nocivos (DWIT, 2018).

De acordo com a CETESB (2009), a *Escherichia coli* é a,

Principal bactéria do subgrupo dos coliformes termotolerantes, sendo de origem exclusivamente fecal, que fermenta a lactose e manitol, com produção de ácido e gás a $44,5 \pm 0,2^\circ\text{C}$ em 24 horas, produz indol a partir do triptofano, oxidase negativa, não hidroliza a uréia e apresenta atividade das enzimas β -galactosidase e β -glucuronidase.

A *Escherichia coli* (*E. coli*) é o único membro do grupo coliforme total de bactérias que é encontrado apenas nos intestinos de mamíferos, incluindo humanos. A presença de *E. coli* na água indica contaminação fecal recente e pode indicar a possível presença de patógenos causadores de doenças, como bactérias, vírus e parasitas. Embora a maioria das bactérias *E. coli* sejam inofensivas, podem representar riscos à saúde (DWIT, 2018).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

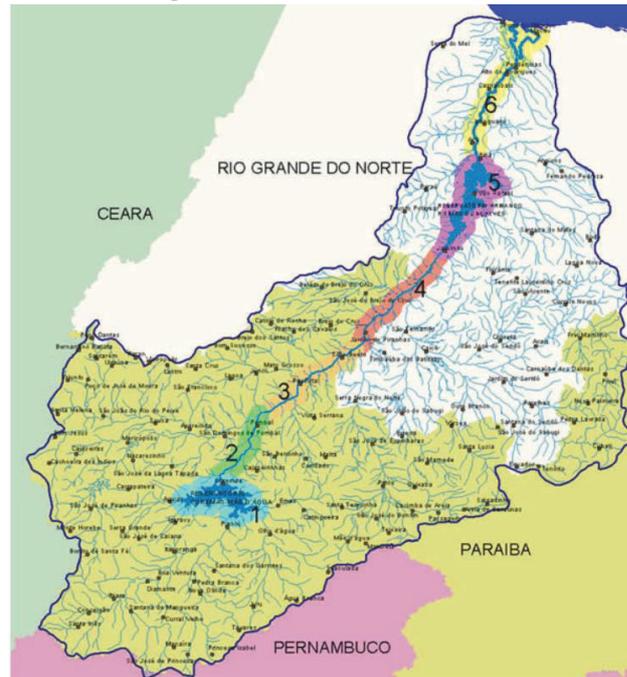
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA PIRANHAS-AÇU

A Bacia Hidrográfica Piranhas-açu, localizada na região semiárida do Nordeste brasileiro, entre as coordenadas geográficas 5° 06' e 7° 83' de latitude sul e 38° 75' e 36° 17' de longitude oeste, possui uma área de drenagem de 43.683 km², estando 60% da área no Estado da Paraíba e 40% no estado do Rio Grande do Norte. Além disso, a bacia contempla 147 municípios, sendo 100 pertencentes ao estado da Paraíba e 47 ao Estado do Rio Grande do Norte. O seu principal rio é o Piranhas-Açu, que atravessa os dois Estados, onde deságua no oceano Atlântico, próximo a cidade de Macau – RN (ANA, 2014).

Para os dois Estados, a bacia é de grande importância, pois é nela que estão localizadas o sistema de reservatórios Coremas-Mãe-D'Água e a barragem Armando Ribeiro Gonçalves, considerados estratégicos para o desenvolvimento socioeconômico destes Estados. Na Paraíba, o sistema de reservatórios Coremas-Mãe-D'Água, que contempla uma capacidade de armazenamento de 1,350 bilhões de m³, garante o abastecimento urbano e rural, e possibilita o desenvolvimento agrícola da região. Já a barragem Armando Ribeiro Gonçalves, considerada o maior reservatório de água do Estado do Rio Grande do Norte, possui uma capacidade de armazenamento de 2,400 bilhões de m³, na qual o rio Piranhas-Açu se torna perene, garantindo o abastecimento de vários municípios e comunidades rurais utilizando diversos sistemas adutores, e permite o desenvolvimento da potencialidade agrícola de toda região denominada Baixo-açu (AESAs, 2019).

A Figura 1 mostra o mapa dessa bacia hidrográfica supracitada.

Figura 1 – Bacia Piranhas-Açu.

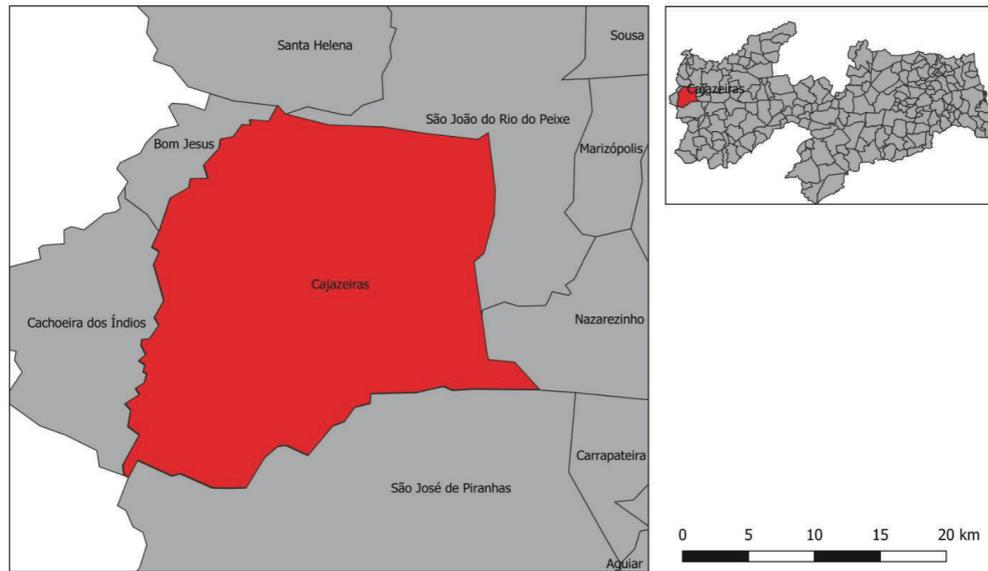


Fonte: AESA (2019)

3.2 CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE CAJAZEIRAS

O município de Cajazeiras encontra-se inserido na Mesorregião do Sertão Paraibano, localizado na região Oeste do Estado da Paraíba, estando a cerca de 465 km da Capital João Pessoa, onde o seu acesso é realizado mediante a BR-230. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no ano de 2010, sua população foi estimada em 58.446 habitantes, área territorial é de 565,889 km² e densidade demográfica de 103,28 hab./km². Limita-se a oeste com Cachoeira dos Índios e Bom Jesus, ao sul São José de Piranhas, a noroeste Santa Helena, a norte e leste São João do Rio do Peixe e a sudeste Nazarezinho. A sede municipal apresenta uma altitude de 295 m e coordenadas geográficas de 38° 33' 43'' de longitude oeste e 06° 53' 24'' de latitude sul. A Figura 2 mostra o mapa da cidade de Cajazeiras.

Figura 2 – Mapa de localização de Cajazeiras



Fonte: Autor (2019)

De acordo com CPRM – Serviço Geológico do Brasil (2005):

Em termos climatológicos o município acha-se inserido no denominado “Polígono das Secas”, constituindo um tipo semiárido quente e seco, segundo a classificação de Köppen (1956). As temperaturas são elevadas durante o dia, amenizando a noite, com variações anuais dentro de um intervalo 23 a 30° C, com ocasionais picos mais elevados, principalmente durante a estação seca. O regime pluviométrico, além de baixo é irregular com médias anuais de 880,6 mm/ano com mínimas e máximas de 227,1 e 1961,0 mm/ano respectivamente. No geral, caracteriza-se pela presença de apenas 02 estações: a seca que constitui o verão, cujo clímax é de setembro a dezembro e a chuvosa denominada pelo sertanejo de inverno, restrito a um período de 3 a 4 meses por ano.

A vegetação da cidade é bastante característica do sertão nordestino, se constitui num tipo estacional-decidual, com estrato arbóreo e gramíneo-lenhoso periódico e com numerosas plantas suculentas, sobretudo cactáceas (SOARES e ALMEIDA, 2011).

A rede de drenagem é do tipo intermitente e seu padrão predominantemente dentrítico, ou seja, seu desenvolvimento se assemelha à configuração de uma árvore. Devido à existência de fraturas geológicas, essa rede apresenta variações para retangular e angular. Os riachos e demais cursos d’água que drenam a área cajazeirense são de pequeno porte e constituem afluentes da denominada Bacia do Rio do Peixe (CPRM, 2005).

O revelo encontra-se incluso na denominada “Planície Sertaneja”, unidade morfológica, que tem como destaque superfícies de pediplanação com pequeno inselbergues (extensa

superfície suavemente ondulada) e a bacia sedimentas cretácica (possui forma alongada e irregular, exibindo um acentuado estrangulamento em sua porção mediana) (SUDENE, 1972).

3.3 DELIMITAÇÃO DOS PONTOS DE ESTUDO

Através da ferramenta Google Earth Pro, foram identificados os corpos hídricos da cidade de Cajazeiras, e a partir disso levantadas informações sobre os mesmos para escolha dos objetos de estudo do presente trabalho. Os critérios para a escolha dos corpos hídricos em estudo, entre os demais existentes, englobam fatores como a quantidade de residências próximas, o uso da água para consumo, dessedentação ou uso doméstico, fontes poluidoras diversas, entre outros. Foram estes os critérios escolhidos com o intuito de identificar, em princípio, prováveis influência na qualidade da água.

3.4 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA

Após a escolha dos pontos de estudo, foram coletadas análises de cada amostra no volume de 100 mL com a utilização de uma proveta, para a realização das análises. Cada amostra foi analisada a partir de parâmetros que avaliam a qualidade da água, sendo esses a alcalinidade, gás carbônico livre, cloretos, dureza total de cálcio e de magnésio, oxigênio consumido, pH, turbidez, condutividade, sólidos totais dissolvidos, salinidade, cor, temperatura, oxigênio dissolvido, coliformes totais e fecais. As técnicas laboratoriais utilizadas seguiram as indicações do *Standard methods for the examination of water and wastewater* (APHA, 2012), com metodologias descritas no Quadro 1.

Quadro 1 - Parâmetros físico-químicos utilizados e metodologias de análises.

Análise	Metodologia
Alcalinidade total	Titulação de neutralização ácido/base
Cálcio	Método titulométrico do EDTA
Cloretos	Método argentométrico (Método de Mohr)
Condutividade elétrica	Método instrumental- condutivímetro
Magnésio	Método titulométrico do EDTA
Oxigênio dissolvido	Método instrumental- Medido Multiparâmetro
pH	Método potenciométrico
Salinidade	Método instrumental- condutivímetro
Sólidos totais dissolvidos	Método instrumental- condutivímetro
Temperatura	Método instrumental- Colorímetro

Análise	Metodologia
Turbidez	Método nefelométrico
Cor	Método instrumental- Colorímetro
Coliformes totais e fecais	Método substrato cromogênico
Gás carbônico	Titulação de neutralização ácido/base
Oxigênio consumido	Método do permanganato de potássio
Dureza Total	Método titulométrico do EDTA

Fonte: Autor (2019)

3.4.1 Alcalinidade de água

Após a coleta da amostra com auxílio de pipeta e sua disposição no balão de *Erlenmeyer*, adicionou-se em cada frasco seis gotas de metilorange, que apresenta uma tonalidade amarelada, em seguida ocorreu a titulação de neutralização ácido-base, utilizando o ácido sulfúrico (H_2SO_4) 0,02N (relação entre o número de equivalentes-grama do soluto e o volume da solução, expresso em litros) até apresentar uma coloração dourada (Figura 3), podendo assim quantificar a alcalinidade da água. A alcalinidade em mg/L é obtida através da seguinte fórmula:

$$A = V \times FC \quad (1)$$

Onde:

A = Alcalinidade, em mg/L;

V = Volume total gasto de H_2SO_4 0,02N, em mL;

FC_A = Fator de correção da alcalinidade da solução titulante, igual 9,35.

Figura 3 - Amostra da água antes e após da titulação de neutralização, respectivamente, para determinação da Alcalinidade.



Fonte: Autor (2019)

3.4.2 Gás carbônico (CO₂)

Para a análise de gás carbônico (CO₂) livre, utilizou-se o método volumétrico de titulação ácido-base, no qual, em princípio, deu-se uma atenção maior na separação da amostra no balão de *Erlenmeyer* para que não ocorresse agitação do líquido ocasionando a troca de gases. Posteriormente, adicionou-se onze gotas de fenolftaleína (C₂₀H₁₄O₄) (Figura 4.a), que como não apresentou nenhuma coloração (sem presença de CO₂), prosseguiu-se com a titulação com a solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,02 N gota a gota (Figura 4.b) até apresentar uma coloração levemente rósea (Figura 4.c). Para calcular o CO₂ foi aplicada a seguinte fórmula:

$$CO_2 = V \times FC \quad (2)$$

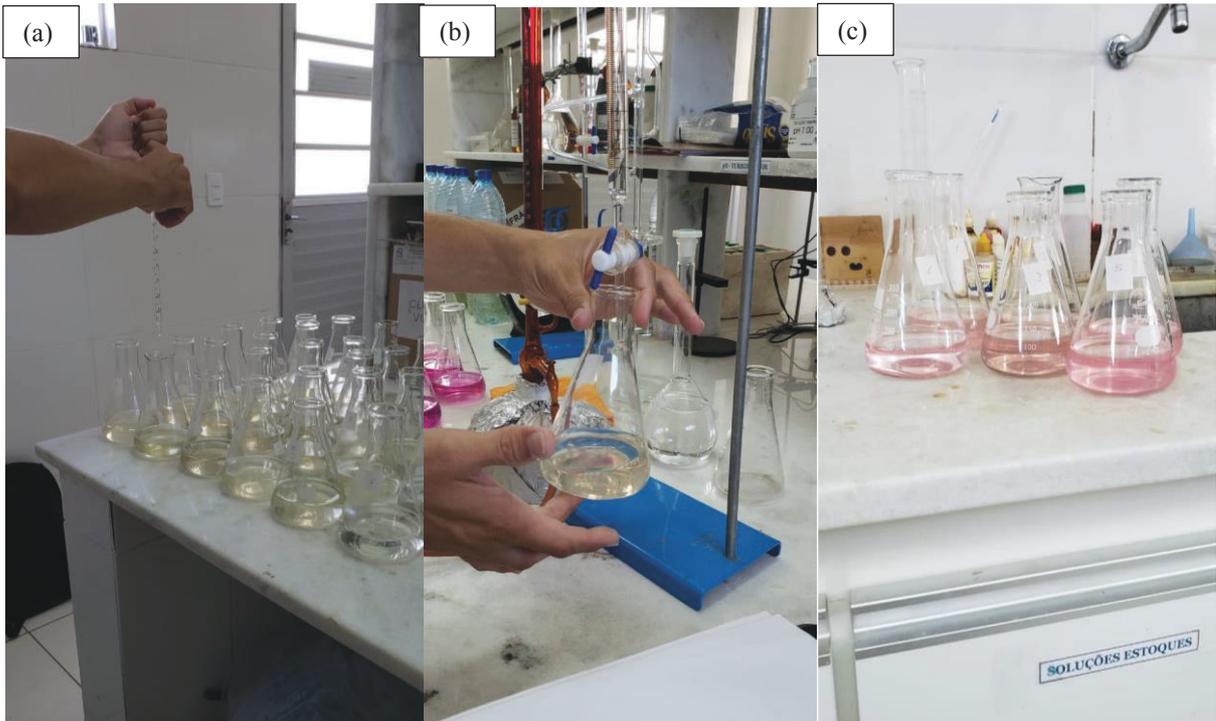
Onde:

CO₂ = Gás carbônico, em mg/L;

V = Volume total gasto de (NaOH) 0,02N, em mL;

FC_C = Fator de correção do CO₂ da solução titulante, igual a 0,88.

Figura 4 – (a) Adição de fenolftaleína, (b) titulação com a solução hidróxido de sódio e (c) coloração levemente rosa.



Fonte: Autor (2019)

3.4.3 Cloretos

Após a separação das amostras nos balões de *Erlenmeyer*, os cloretos foram determinados a partir do método de Mohr, onde ocorreu a adição de 1 mL de cromato de potássio (K_2CrO_4), que serviu como solução indicadora (Figura 5a). Em seguida ocorreu a titulação com a solução de nitrato de prata ($AgNO_3$) 0,05 N, até o aparecimento da coloração vermelho tijolo que é a fase final da mistura (Figura 5.b). Os cloretos foram determinados a partir da seguinte fórmula:

$$C = V \times FC \quad (3)$$

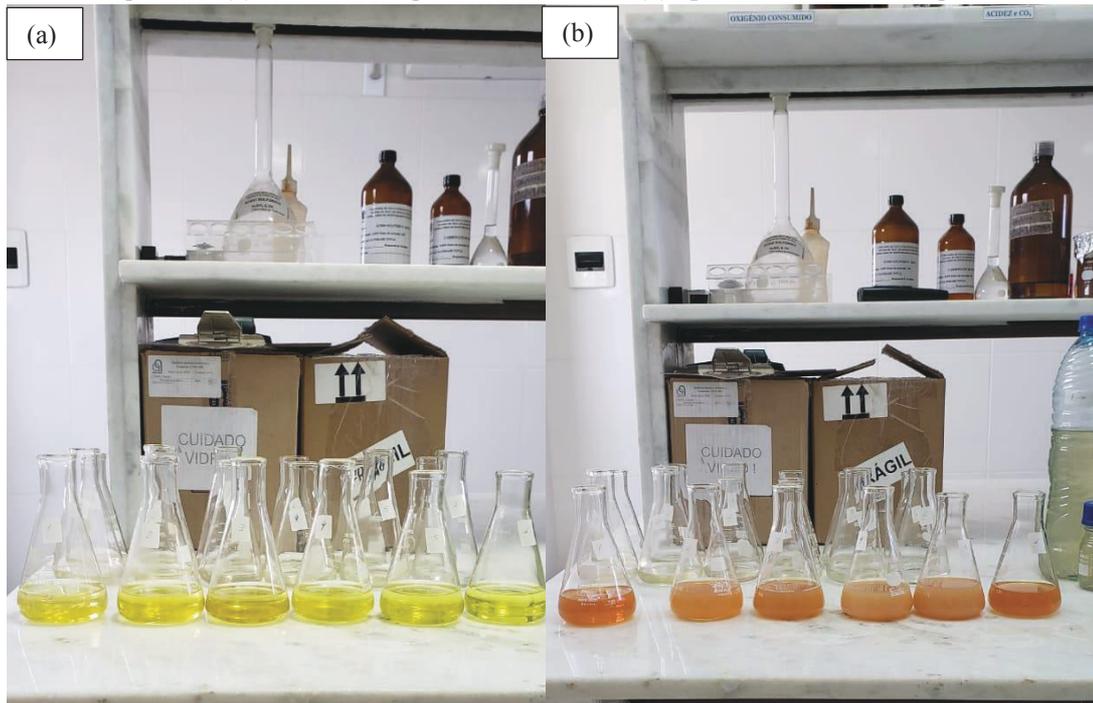
Onde:

C = Cloretos, em mg/L;

V = Volume total gasto de ($AgNO_3$) 0,05N, em mL;

FC_{Cl} = Fator de correção de cloretos da solução titulante, igual a 5,00.

Figura 5 – (a) Amostra da água com K_2CrO_4 e (b) após a titulação com $AgNO_3$.



Fonte: Autor (2019)

3.4.4 Dureza total

Para determinar a dureza total da água, utilizou-se a volumetria de complexação, onde foi separado 50 mL da amostra no balão de *Erlenmeyer*, e adicionado 2 mL de solução tampão de pH 10. Em seguida foi acrescida uma pitada do indicador negro de eriocromo T ($C_{20}H_{12}N_3O_7SNa$) até verificar a mudança de cor da solução para lilás claro (Figura 6.a). Por fim, procedeu-se a titulação com a solução EDTA (etilenodiaminotetracético), até o aparecimento da cor azul (Figura 6.b). Registrou-se a quantidade da solução usada na titulação para a realização do cálculo da dureza a partir da seguinte fórmula:

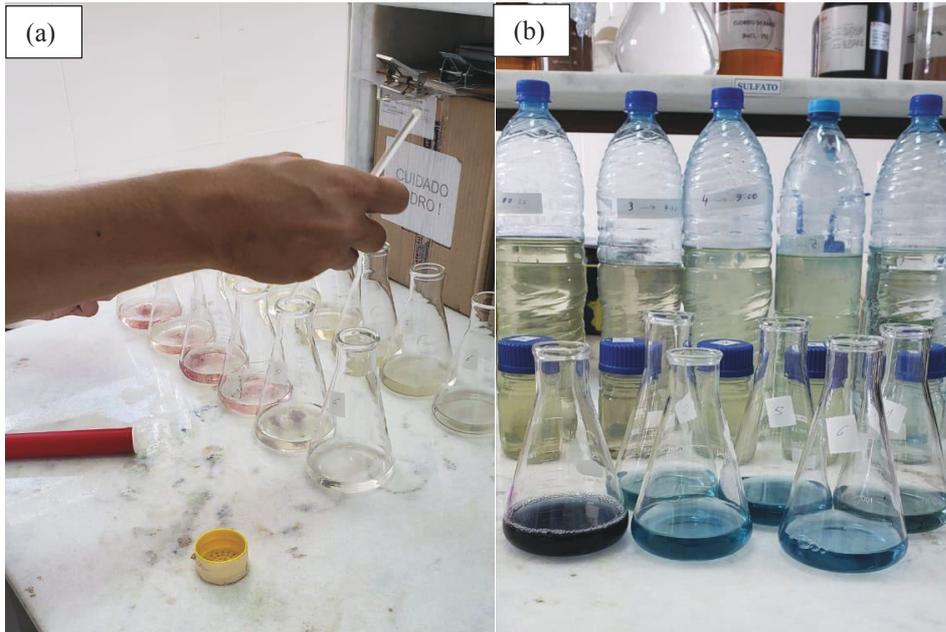
$$DT = V \times 20 \quad (4)$$

Onde:

DT = Dureza total, em mg/L;

V = Volume total gasto de EDTA, em mL.

Figura 6 – (a) Amostra com indicador negro de eriocromo T e (b) após a titulação com EDTA.



Fonte: Autor (2019)

3.4.5 Dureza de cálcio

Junto a uma amostra de 50 mL de água presente no tubo de *Erlenmeyer*, foi adicionado 2 mL de hidróxido de potássio (KOH) 10% e uma pequena porção do indicador murexida ($C_8H_8N_6O_6$). Para a titulação foi utilizado a solução EDTA 0,02 N, onde o ponto de viragem é da coloração roxa (Figura 7). A dureza do cálcio foi obtida da seguinte fórmula:

$$DC = V \times 20 \quad (5)$$

Onde:

DC = Dureza do cálcio, em mg/L;

V = Volume total gasto de EDTA 0,02 N gasto, em mL;

Figura 7 – Titulação com EDTA até a coloração roxa.



Fonte: Autor (2019)

3.4.6 Dureza de magnésio

A dureza do magnésio foi determinada através da diferença entre a dureza total pela dureza do cálcio.

$$DM = DT - DC \quad (6)$$

Onde:

DM = Dureza do magnésio, em mg/L.

3.4.7 Oxigênio consumido (OC)

O oxigênio consumido foi determinado a partir da separação de uma amostra de 100 mL em um *Erlenmeyer*, onde, foram adicionados 10 mL de ácido sulfúrico (H_2SO_4) 1:3 e 10 mL da solução permanganato de potássio ($KMnO_4$) N/80 (Figura 8.a). Em seguida, a amostra foi aquecida em banho-maria a $100\ C^\circ$ por um período de 30 minutos.

Ao termino do aquecimento, através de uma bureta foi adicionado oxalato de amônio ($C_2H_8N_2O_4$) 0,0125N, onde a amostra mostrou-se incolor (Figura 8.b), e para a titulação foi

utilizada a substância (KMnO_4) 0,0125N até atingir uma coloração rósea (Figura 8.c). Para o cálculo do oxigênio consumido utilizou a seguinte fórmula:

$$OC = V \times FC \quad (7)$$

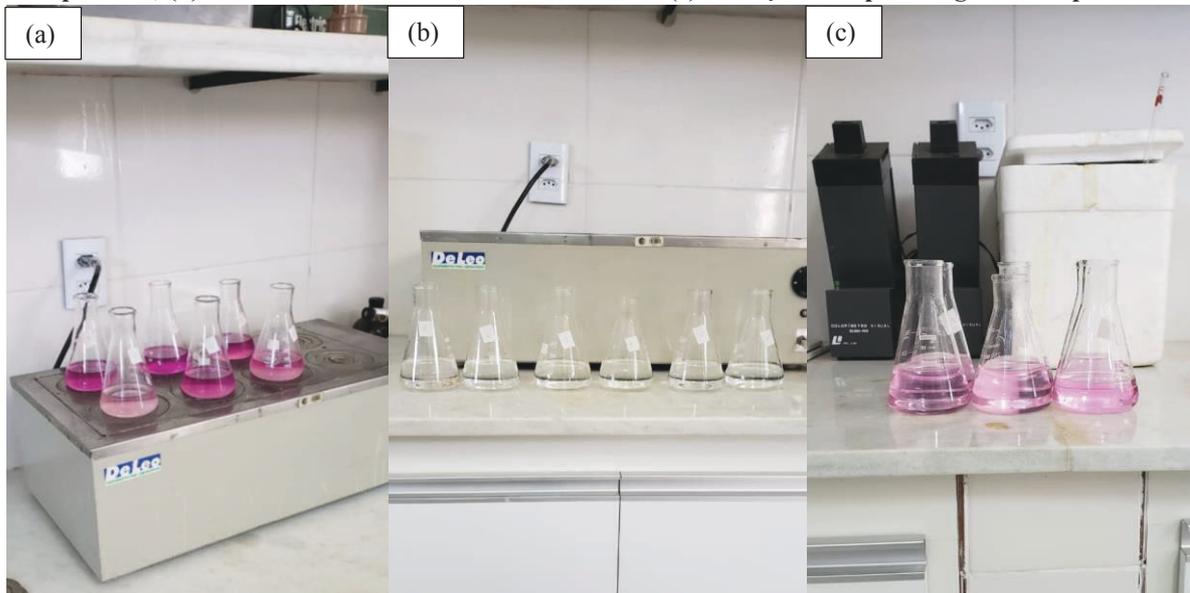
Onde:

OC = Oxigênio consumido, em mg/L;

V = Volume total gasto de (KMnO_4) 0,0125N gasto em mL;

FC_{OC} = Fator de correção do OC da solução titulante, igual a 0,84.

Figura 8 – (a) Amostra aquecida em banho-maria com as substâncias de ácido sulfúrico e permanganato de potássio, (b) amostra aditada de oxalato de amônio e (c) titulação com permanganato de potássio.



Fonte: Autor (2019)

3.4.8 Determinação do pH

O pH foi determinado pelo método potenciométrico, com o auxílio do pH – metro portátil TECNOPON modelo mPA210 (Figura 9), e calibrado com soluções tampões de pH 7 e 4. Os eletrodos foram lavados com água destilada e em seguida lavados com a própria amostra, por fim é mergulhado um eletrodo na amostra a ser examinada. As leituras de pH foram feitas de forma direta em alíquotas de amostras coletadas.

Figura 9 - pH-metro portátil modelo mPA210



Fonte: Autor (2019)

3.4.9 Turbidez

A turbidez foi medida pelo método nefelométrico com a utilização de um turbidímetro portátil POLICONTROL modelo AP2000 (Figura 10), onde a amostra foi inserida em um tubo de vidro e colocada na cubeta, passado por um raio de luz através da amostra, o instrumento é aferido em escalas padrões de 0,00 a 1000 UNT, (unidade nefelométrica de turbidez). Antes da medição, o equipamento foi calibrado com uma solução padrão com parâmetros neutros.

Figura 10 – Turbidímetro POLICONTROL modelo AP2000.



Fonte: Autor (2019)

3.4.10 Condutividade Elétrica, sólidos totais dissolvidos e salinidade

A condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos e salinidade foram determinados por um condutivímetro de bancada ANALYSER modelo MP513 (Figura 11), onde o eletrodo foi mergulhado na amostra e em seguida fez-se a leitura de cada parâmetro. Antes de cada medição, o aparelho foi calibrado com uma base específica de solução padrão e o eletrodo foi banhado com água destilada e com a própria amostra.

Figura 11 - Condutivímetro ANALYSER modelo MP513.



Fonte: Autor (2019)

3.4.11 Cor e temperatura

A cor e a temperatura foram determinadas com o auxílio de um colorímetro portátil POLICONTROL modelo Aquacolor cor (Figura 12), onde a amostra foi colocada em um tubo de vidro e em seguida na cubeta. O equipamento foi calibrado conforme o manual.

Figura 12 - Colorímetro POLICONTROL modelo Aquacolor cor.



Fonte: Autor (2019)

3.4.12 Oxigênio dissolvido (OD)

Para determinar o oxigênio dissolvido (OD), foi utilizado um medidor multiparâmetro AKSO modelo AK88 (Figura 13), que foi devidamente calibrado conforme o manual de instrução. Em seguida, a sonda de oxigênio dissolvido foi lavada em água destilada e a mesma foi mergulhada na amostra em análise, agitando-a suavemente para a homogeneização. Após a estabilização da leitura, observaram-se os valores de oxigênio dissolvido.

Figura 13 - Medidor Multiparâmetro AKSO modelo AK88.



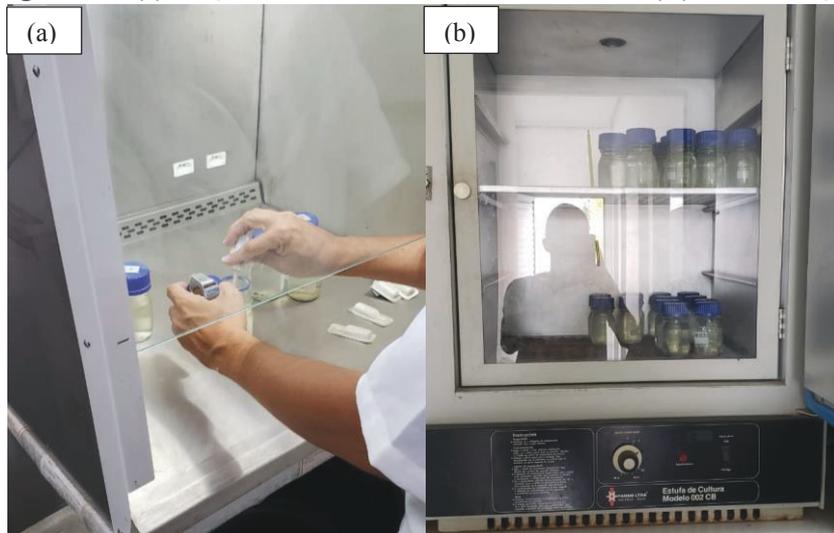
Fonte: Autor (2019)

3.4.13 Coliformes totais e coliformes fecais

Os coliformes totais e fecais foram determinados a partir do método do substrato cromogênico. A execução do ensaio iniciou com a coleta de 100 mL da amostra em um frasco estéril, no qual foi adicionado o conteúdo de uma capsula contendo o substrato *Colilert* (Figura 14.a), após a mistura o frasco foi agitado levemente e a amostra incubada a $35,0 \pm 0,5$ °C durante 24 horas (Figura 14.b). Ao decorrer do tempo de incubação, o frasco foi retirado da estufa e observadas quais as amostras que apresentaram a coloração amarelada (Figura 15.a), estas tiveram como resultado a presença de coliformes totais.

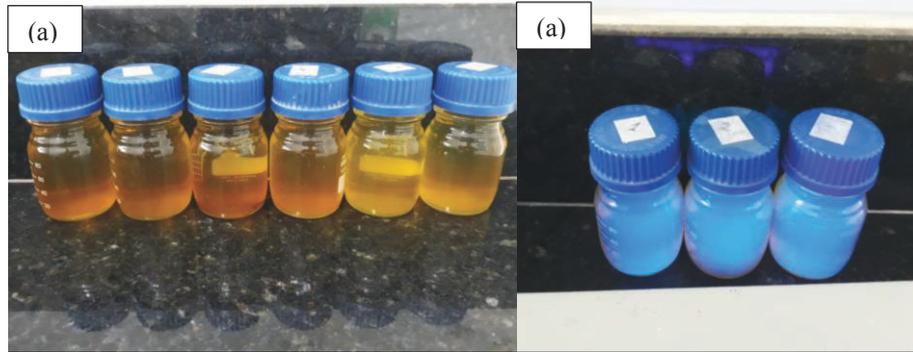
Para a determinação da presença de coliformes fecais foi utilizada uma lâmpada ultravioleta 365 nm, na qual foi observada a existência de fluorescência azul nas amostras que desenvolveram coloração amarelada ao aproximar a lâmpada ao frasco. As amostras que apresentaram fluorescência com a luz UV-365 nm (Figura 15.b), indicam a presença de coliformes fecais.

Figura 14 – (a) Adição do substrato *Colilert* na amostra e (b) sua incubação a 35°C.



Fonte: Autor (2019)

Figura 15 – (a) Amostras com coloração amarelada e (b) fluorescente com a luz UV-365.



Fonte: Autor (2019)

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 DIAGNÓSTICO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

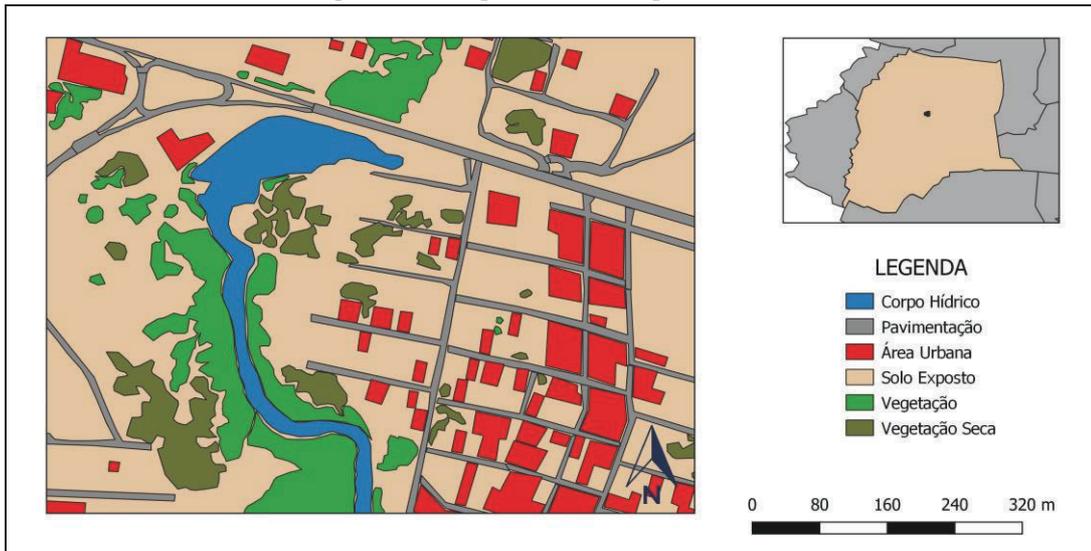
Para a análise dos fatores atuantes em corpos hídricos, é importante realizar uma caracterização da tipologia do uso do solo para então verificar os impactos – relacionados, principalmente, com o processo de expansão urbana desenfreada – na qualidade do mesmo. Logo, realizou-se um estudo e posterior mapeamento do uso e ocupação do solo nos arredores dos pontos de coleta amostral, sendo apresentadas áreas classificadas e delimitadas quanto a presença de: construções ou edificações, solo exposto, vegetação nativa, pavimentação ou estradas e corpo hídrico.

O processo de identificação foi realizado por intermédio de imagens de satélite introduzidas no *software* QGIS, programa computacional que trabalha com Sistema de Informação Geográfica (SIG) e que possibilita o usuário visualizar, editar e analisar de maneira precisa os conjuntos de dados georreferenciados. Desde a Figura 16 a Figura 21 mostram os mapas de uso e ocupação dos corpos hídricos.

As possíveis fontes de poluição dos corpos hídricos foram identificadas e localizadas a partir do uso de imagens de satélite e visitas in loco. Ao analisar os mapas de uso e ocupação foi possível identificar alguns impactos causados por atividade pontuais. Em P1 foram encontradas fontes poluidoras de atividade antropogênicas (esgotamento sanitário) e a partir de visitas em campo, constatou-se a atividade de despejos de resíduos sólidos e atividade de mineração as margens do corpo hídrico. Ao analisar P2 e P3, foram observados o alto volume de efluentes de esgotos domésticos lançado em ambos, fruto da falta de sistema de saneamento básico nos bairros mais próximos e de ocupações irregulares ao seu entorno. Além disso, verificou-se o uso da água de P2 pela comunidade às suas margens e, de P3 para dessedentação de animais.

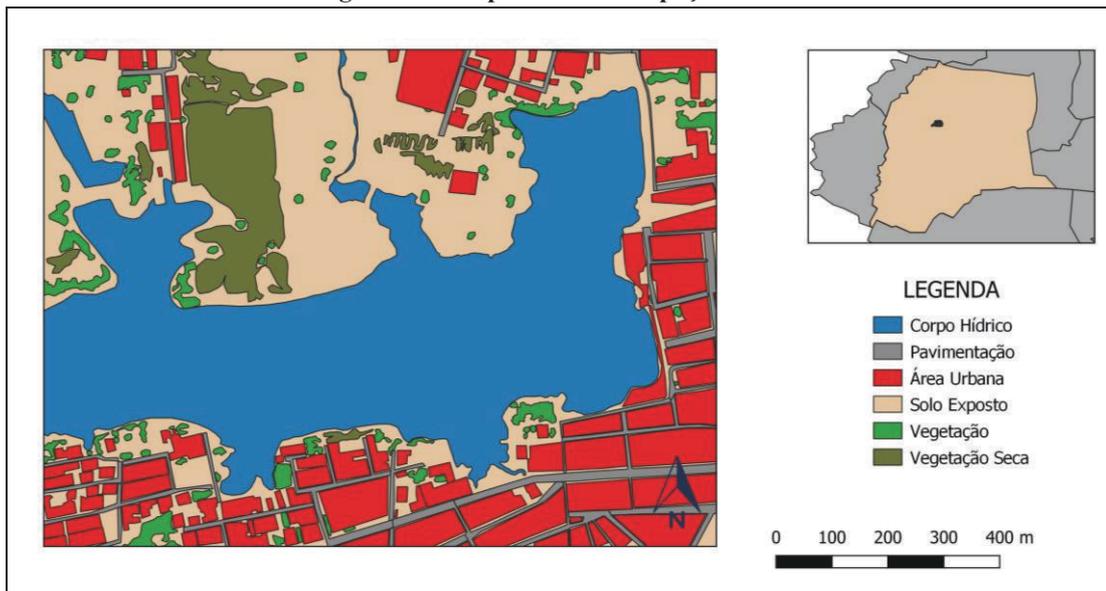
Os pontos P4 e P5, mesmo sendo de domínio privado, recebem uma pequena parcela de efluentes de esgoto doméstico e apresentam poucas edificações em seu entorno, porém devido sua inserção em áreas de iminente crescimento urbano, principalmente em P4, esses corpos hídricos estão sujeitos a riscos potenciais de poluição. P6 também é uma propriedade privada, porém há um maior cuidado por sua preservação por parte dos proprietários, para que seja possível realizar o uso e consumo do mesmo.

Figura 16 - Mapa de uso e ocupação de P1.



Fonte: Autor (2019).

Figura 17 - Mapa de uso e ocupação de P2.



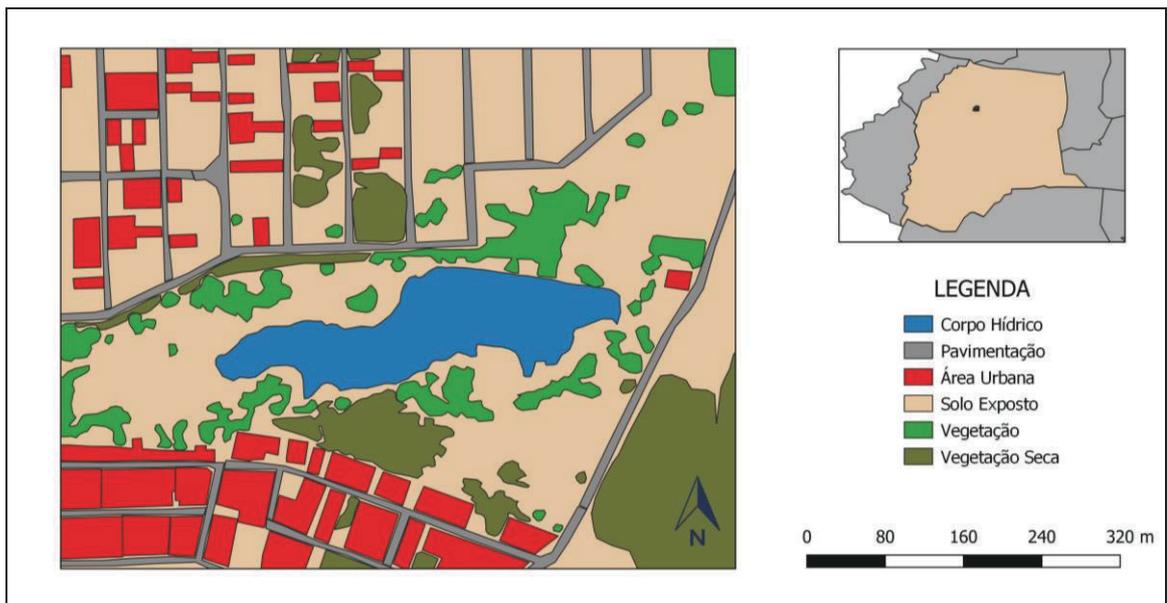
Fonte: Autor (2019).

Figura 18 - Mapa de uso e ocupação de P3.



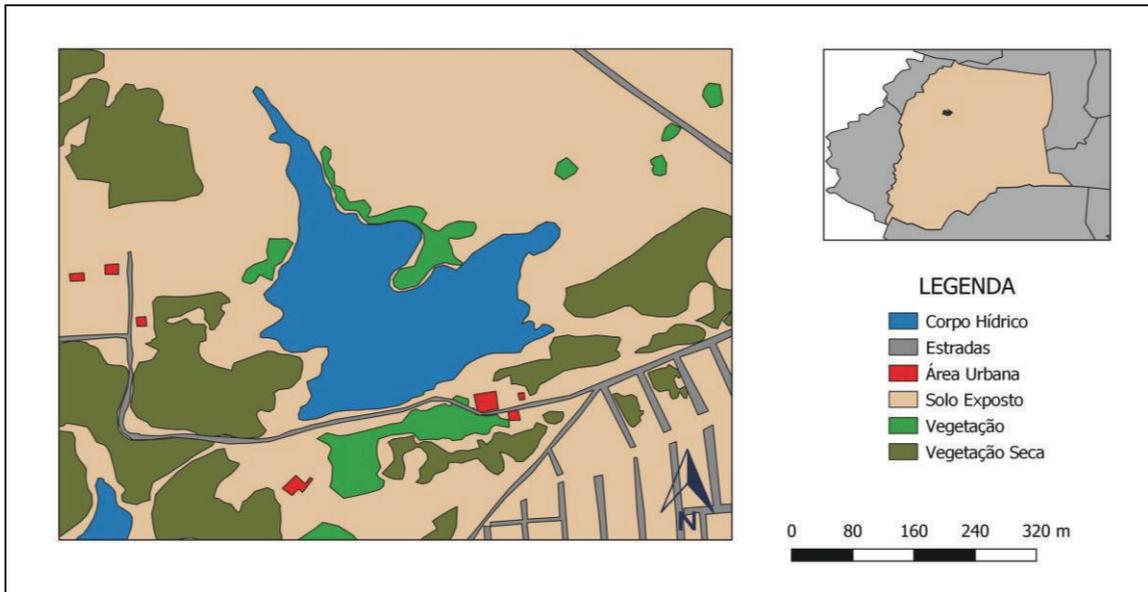
Fonte: Autor (2019).

Figura 19 - Mapa de uso e ocupação de P4.



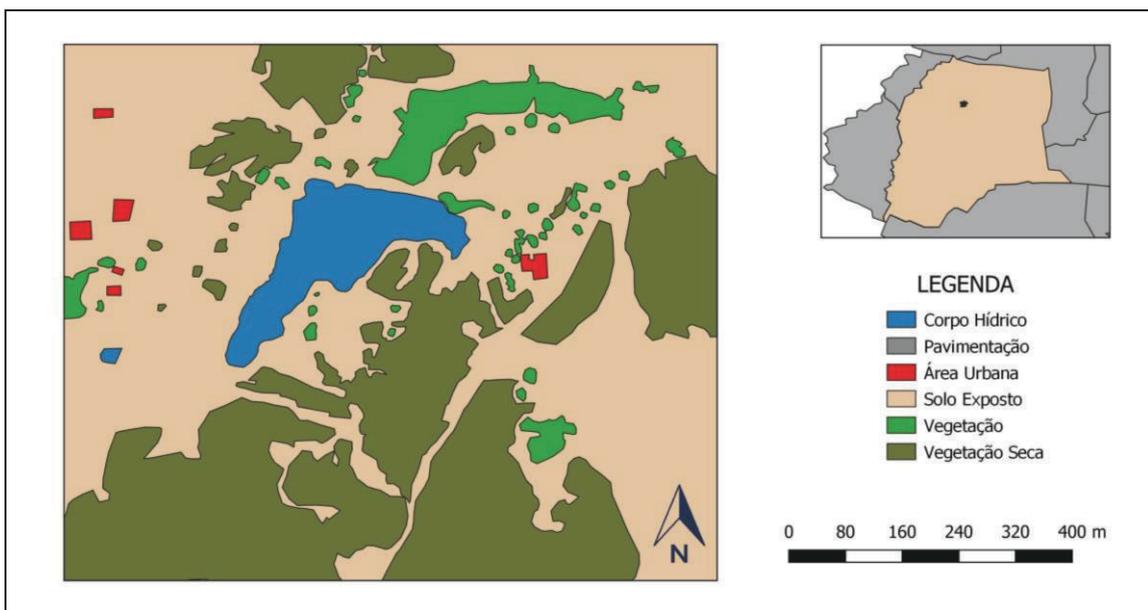
Fonte: Autor (2019).

Figura 20 - Mapa de uso e ocupação de P5.



Fonte: Autor (2019).

Figura 21 - Mapa de uso e ocupação de P6.



Fonte: Autor (2019).

4.2 DELIMITAÇÃO DOS PONTOS DE ESTUDO

Com o auxílio do software Google Earth Pro, foi possível mostrar de forma aproximada as localidades dos pontos de coleta em coordenadas geográficas. O Quadro 2 e a Figura 22 , apresentam respectivamente as localizações e imagens dos referidos pontos.

Quadro 2- Identificação dos pontos de coleta.

Pontos de coleta	Coordenadas	Altitude (m)
Ponto 1	6°53'41.23"S 38°32'27.67"O	293
Ponto 2	6°53'9.74"S 38°33'51.07"O	297
Ponto 3	6°52'44.59"S 38°33'41.53"O	299
Ponto 4	6°51'59.63"S 38°33'28.44"O	309
Ponto 5	6°51'47.81"S 38°33'6.40"O	299
Ponto 6	6°52'23.03"S 38°34'37.51"O	312

Fonte: Autor (2019).

Figura 22 - Localização dos pontos de estudo.



Fonte: Adaptado de Google Earth, 2019.

A justificativa de escolha e caracterização dos pontos, com base nos critérios previamente apresentados, são descritas no Quadro 3.

Quadro 3 - Justificativa de escolha e características dos pontos de coleta.

PONTO	Nome	CRITÉRIOS	DOMÍNIO
1	Cucirica	-Situado na região periférica da cidade onde apresenta um alto crescimento urbano; -Uso da água por parte dos trabalhadores da pedreira que está próxima ao corpo hídrico; -Contribuição de esgotamento sanitário.	Público
2	Açude Grande	-Ocupação desordenada em seu entorno; -Durante muito tempo ter servido como fonte de recurso para população (abastecimento, pesca, banho e lazer); -Eminente poluição consequente do esgotamento sanitário que são despejadas dentro de suas águas.	Público
3	Sem identificação	-Esgotamento sanitário proveniente de 2 bairros (São José e Casas Populares); -Dessedentação de animais; -Residências próximas ao seu entorno.	Público
4	Sem identificação	-Por estar em propriedade privada; -Apresenta um crescente número de construções na sua redondeza;	Privado
5 e 6	Sem identificação	- Por estar em propriedade privada; - Sem presença de residências próximas.	Privado

Fonte: Autor (2019).

4.3 ANÁLISE QUALITATIVA DA ÁGUA

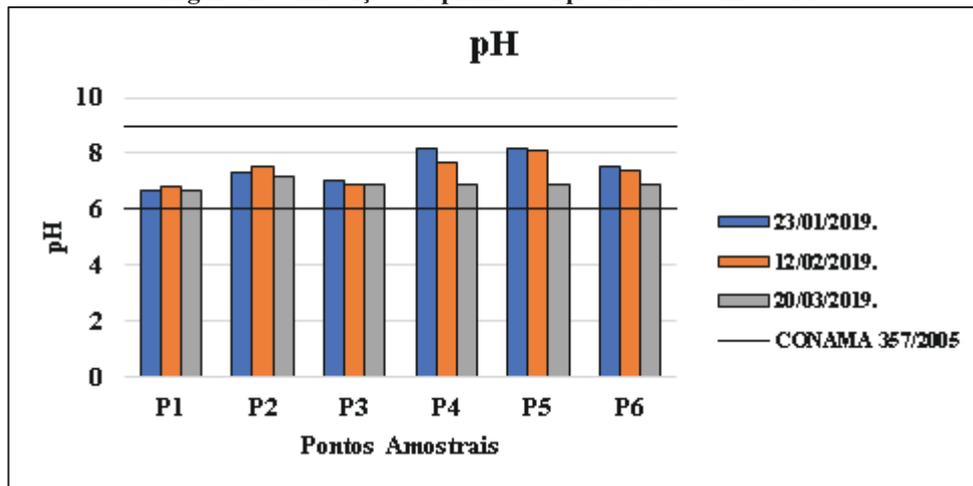
Nos seis corpos hídricos analisados, foram realizadas três coletas para cada um deles, datadas em 23/01/2019, 12/02/2019 e 20/03/2019, verificando os seguintes parâmetros: temperatura, cor, turbidez, pH, condutividade, sólidos totais dissolvidos, salinidade, oxigênio consumido, oxigênio dissolvido, gás carbônico livre, alcalinidade total, cloretos, dureza total, coliformes totais e fecais. Os resultados obtidos para cada um dos parâmetros no Apêndice A.

4.3.1 Potencial Hidrogeniônico (pH)

A resolução N° 357 (CONAMA,2005), estabelece para as águas doces condições e limites onde a faixa aceitável do pH é de 6,0 a 9,0. Segundo a Figura 23, o pH analisado nos corpos hídricos apresentou uma variação na faixa entre 6,7 e 8,2 com um valor médio de 7,3; sendo assim, todos os valores obtidos estão na margem de aceitação do indicador pH.

Nos pontos amostrais P1, P2, P3, e P6, verificaram-se valores de pH que caracterizaram os corpos d'água no estado neutro, já os maiores valores de pH foram encontrados na data 23/01/2019 nos pontos P4 e P5, caracterizando estes corpos hídricos como levemente alcalino.

Figura 23 – Medição do pH nos corpos hídricos em estudo.

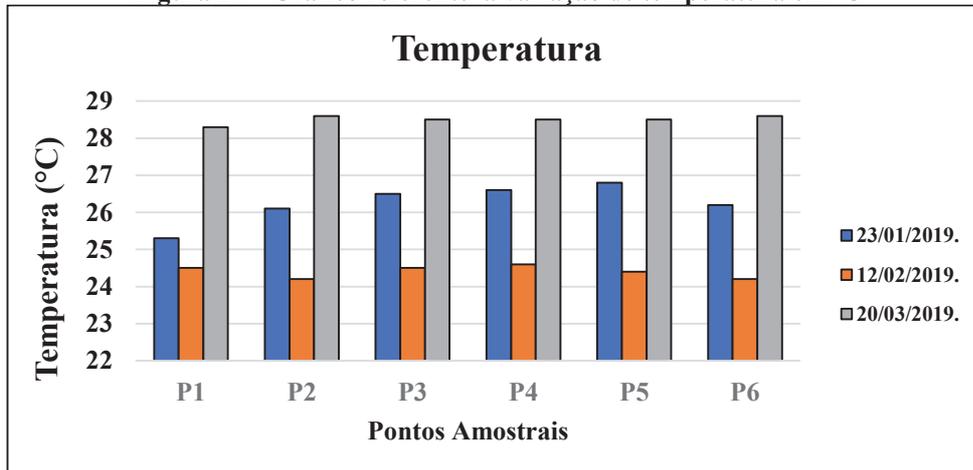


Fonte: Autor (2019)

4.3.2 Temperatura

A temperatura da água dos corpos hídricos em estudo sofreu uma variação significativa, apresentando valores na ordem de 24,2 a 28,6 °C (Figura 24). Apesar da Resolução N°357 (CONAMA, 2005) não especificar valores limites, os mesmos são condizentes com o clima semiárido da região na qual os corpos hídricos estão inseridos.

Figura 24 – Gráfico referente à variação de temperatura em °C



Fonte: Autor (2019)

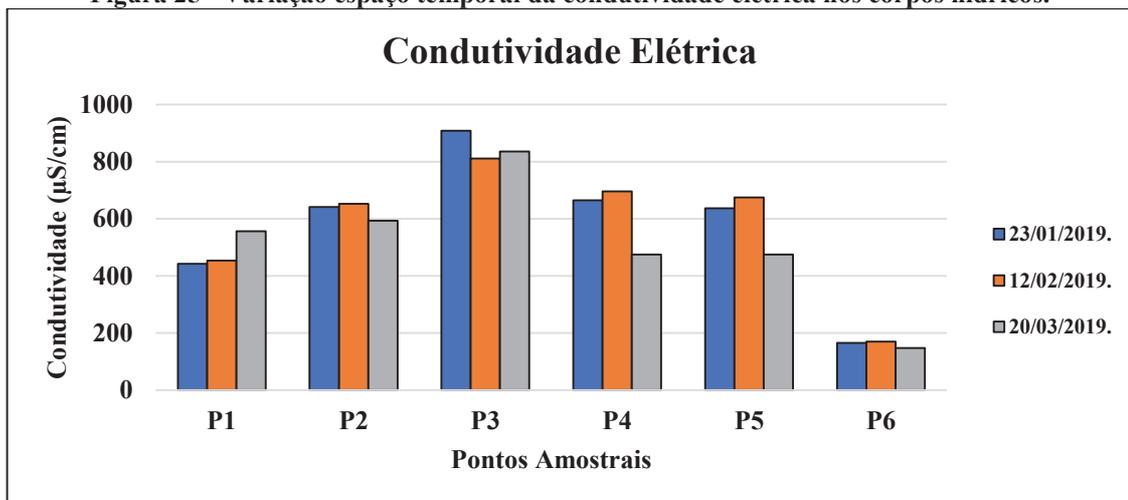
4.3.3 Condutividade Elétrica (CE)

A Figura 25, representa a variação espaço temporal dos valores de condutividade elétrica, com concentrações entre 147,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 908 $\mu\text{S}/\text{cm}$. A média dos dados obtidos foi de

555,18 $\mu\text{S}/\text{cm}$, o que corresponde a um valor relativamente alto quando comparado, por exemplo, ao valor máximo de condutividade elétrica obtido no estudo desenvolvido por BRASIL (2006) em águas doces, no qual apresentou um valor máximo de 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, situação acima da qual há a possibilidade de contribuição de esgoto no corpo hídrico.

Pode-se observar que P1, P2 e P3 apresentam condutividade elétrica proporcional ao fluxo de esgoto que contribui para o respectivo corpo hídrico e seu volume. O ponto amostral P1 recebe de esgoto doméstico e resíduos minerais de escavações adjacentes, e os pontos P2 e P3 recebem contribuições significativas e contínuas de esgoto doméstico, além de resíduos sólidos lançados pela população em seu entorno (Figura 26). Os maiores valores de CE no ponto P3, em relação ao P2, podem ser justificados pelo fato do P2 apresentar um maior volume que P3, logo uma menor concentração. Já P4, P5 e P6 são corpos hídricos privados, recebendo fluxo de esgoto somente de suas respectivas residências. Dessa forma, seus valores elevados estão associados a outros condicionantes, como a salinidade da água.

Figura 25 - Variação espaço temporal da condutividade elétrica nos corpos hídricos.



Fonte: Autor (2019)

Figura 26 – Contribuição de esgotamento sanitário e lançamento de resíduos sólidos.



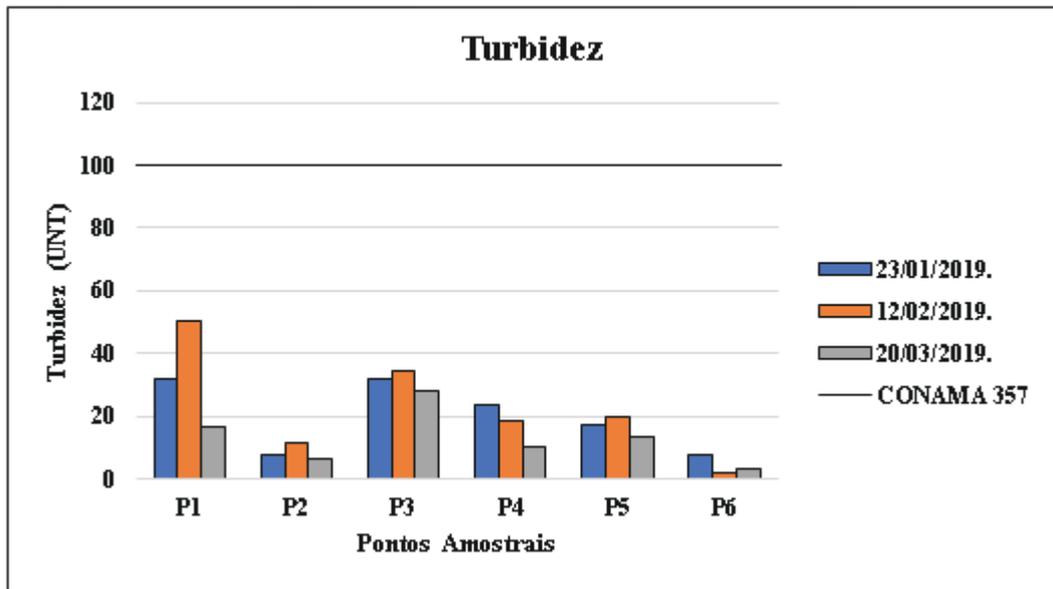
Fonte: Autor (2019)

4.3.4 Turbidez

Os valores de Turbidez, apresentaram variações consideráveis, entre 1,7 e 50,3 UNT (Figura 27). Essas variações podem ser resultantes de processos erosivos, proliferação de algas ou de despejos de esgotos domésticos ou industriais. Segundo a Resolução N°357 (CONAMA, 2005), para se enquadrar nas classes 2 e 3, a turbidez não deve exceder o limite de 100 UNT. Quando comparado aos resultados obtidos, constatou-se que nos dias de coleta as amostras não apresentaram valores que excedessem o limite.

Apesar da pouca turbidez, é importante salientar que P1 e P3 apresentaram valores de turbidez mais alta que os demais pontos. Isso em razão do grande volume de contribuição de esgotos domésticos e o seu volume hídrico menor, fator observado visualmente nas visitas *in loco*, quando comparados aos demais corpos hídricos. Na data 12/02/2019 P1 apresentou uma concentração alta de turbidez, devido as atividades de mineração (Figura 28) que ocorreram dias anteriores.

Figura 27 – Variação espaço temporal da concentração de turbidez nos pontos amostrais



Fonte: Autor (2019)

Figura 28 - Mineração realizado as margens de P1.



Fonte: Autor (2019)

4.3.5 Dureza da água

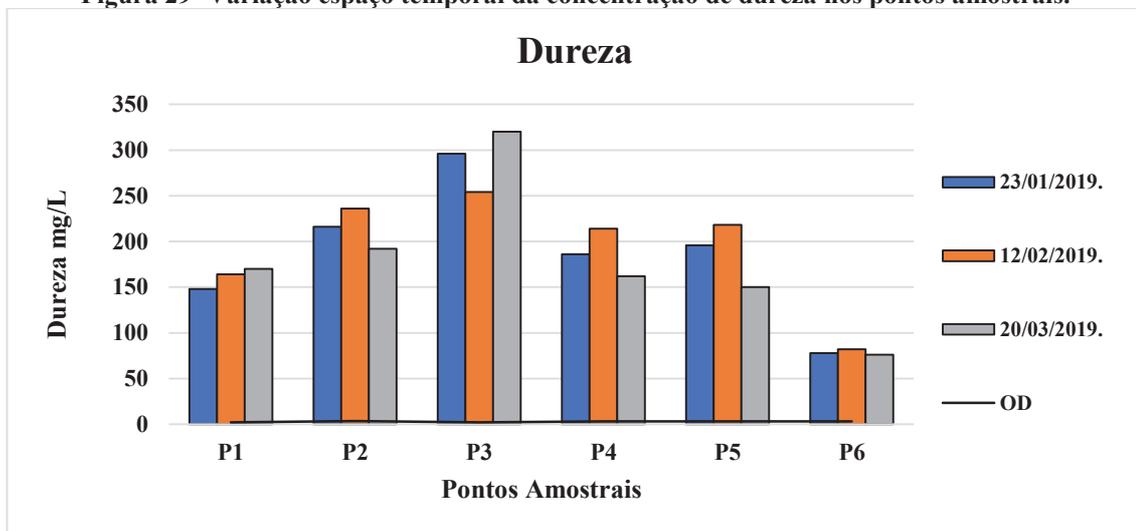
A dureza é determinada pela presença de Cálcio (Ca_2^+) e Magnésio (Mg_2^+), entretanto outros componentes como, ferro, manganês e alumínio podem contribuir na concentração da dureza total da água. As concentrações de cálcio variaram de 40 a 202 mg/L e o magnésio entre 30 e 192 mg/L. Porém, a Portaria do Ministério da Saúde nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011

não determina limites quanto a concentrações desses íons, o valor máximo permitido (VMP) definido pela Portaria é relacionado à dureza total.

Os valores de concentração da dureza total dos corpos hídricos em estudo variaram entre 76 a 320 mgCaCO₃/L, e uma média de 186,55 mgCaCO₃/L (Figura 29). A Portaria citada acima estabelece para o consumo humano o valor máximo de 500 mgCaCO₃/L, onde os valores obtidos não ultrapassaram o limite estabelecido.

A partir disso, P6 pode ser dita como água de dureza moderada e os demais pontos como águas duras.

Figura 29- Variação espaço temporal da concentração de dureza nos pontos amostrais.



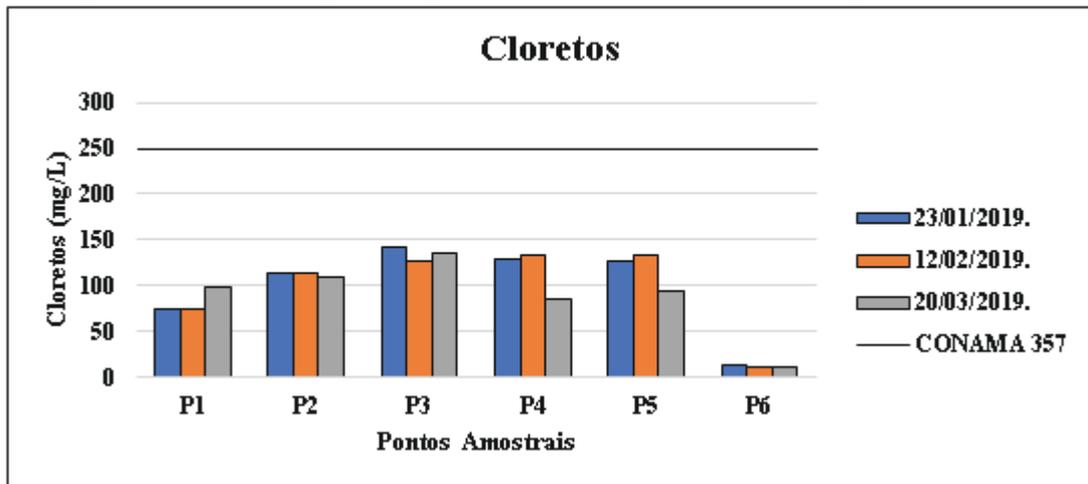
Fonte: Autor (2019)

4.3.6 Cloretos

A Resolução N°357 (CONAMA, 2005), estabelece limites de 250 mg/L para as concentrações máximas de cloretos permitido para o consumo humano. Nas amostras analisadas, as concentrações de cloretos variaram de 11 a 143 mg/L (Figura 30), faixa que se manteve abaixo dos valores determinados pela resolução.

É importante destacar que as concentrações de cloretos de P6 foram relativamente mais baixas que os demais, devido o mesmo ser um corpo hídrico que apresenta a menor concentração de esgotamento sanitário.

Figura 30 - Variação espaço temporal da concentração de cloreto nos pontos amostrais.

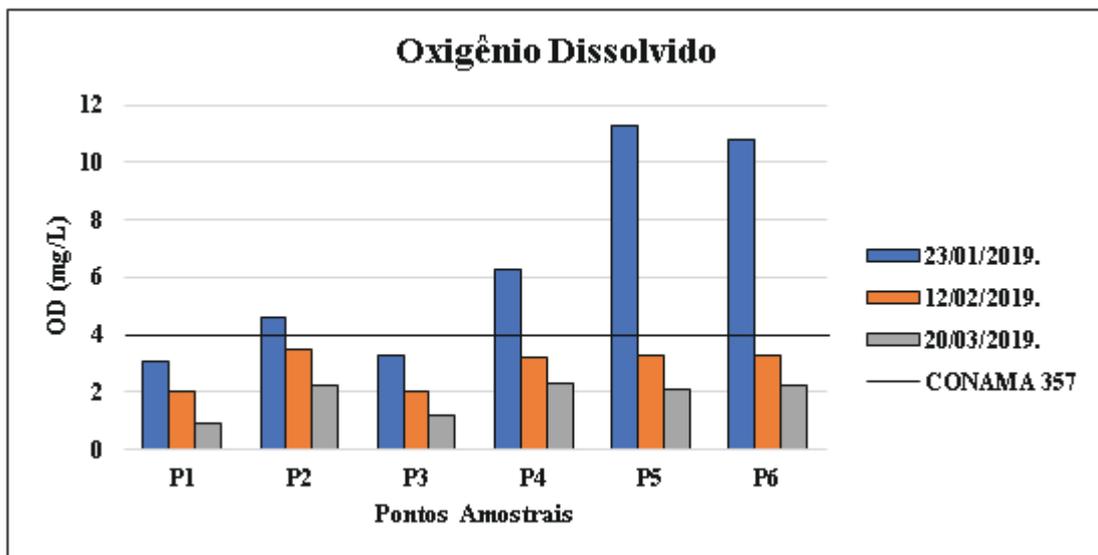


Fonte: Autor (2019)

4.3.7 Oxigênio Dissolvido (OD)

O oxigênio dissolvido é de grande importância, pois sua concentração reflete a perpetuação da vida aquática, que necessita desse elemento para sua sobrevivência. A Figura 31 descreve as concentrações de OD dos corpos hídricos em estudo.

Figura 31 - Variação espaço temporal da concentração de OD nos pontos amostrais.



Fonte: Autor (2019)

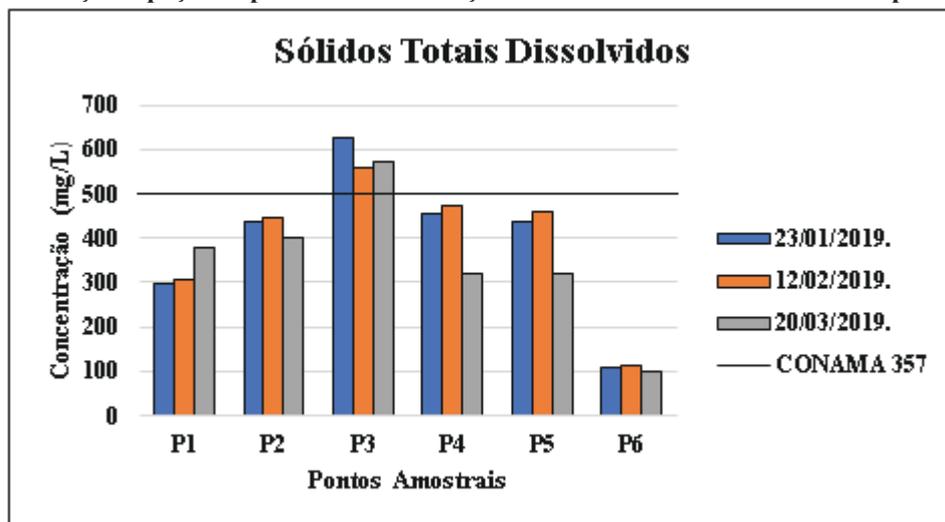
Segundo Von Sperling (1996), valores inferiores de OD são indicativos de presença de matéria orgânica, decorrentes do lançamento de esgotos. Assim, a média de concentração de OD em P5 e P6 foram superiores a 5 mg/L, sendo classificadas como classe 2, e os demais pontos apresentaram uma média abaixo de 4 mg/L e superior a 2mg/L sendo enquadradas na

Classe 4, segundo Resolução N°357 (CONAMA, 2005). É importante frisar o valor excêntrico na data 23/01/2019, principalmente para P4, P5 e P6 devido a incidência de chuvas nos dias anteriores e a baixa contribuição de esgotos domésticos nos mesmos.

4.3.8 Sólidos Totais Dissolvidos

Os Valores de sólidos totais das amostras variaram de 97,3 a 626 mg/L (Figura 32), e apresentaram uma média de 387 mg/L. Apenas P3 ultrapassou o limite estabelecido pela Resolução N°357 (CONAMA, 2005) de 500 mg/L para a classe 1, assim como para classe 3.

Figura 32 - Variação espaço temporal da concentração de Sólidos Totais Dissolvidos nos pontos amostrais.

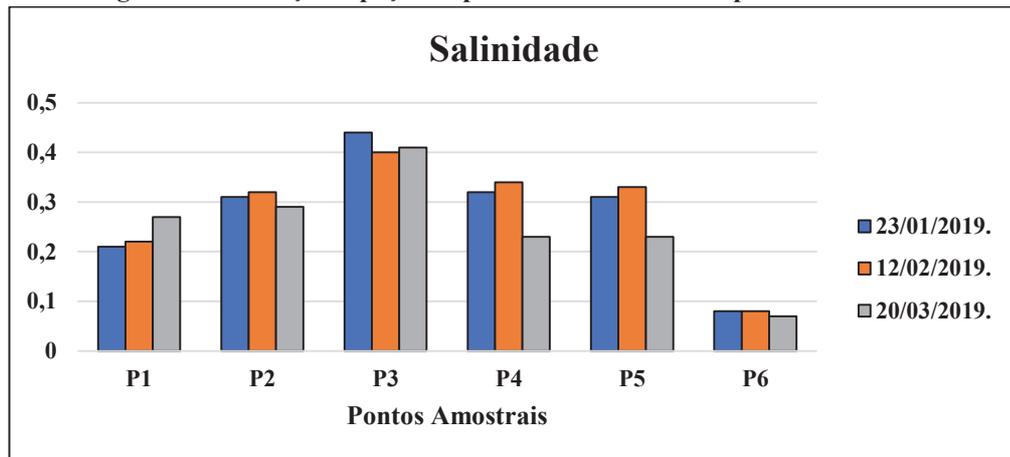


Fonte: Autor (2019)

4.3.9 Salinidade

Conforme a Resolução N°357 (CONAMA, 2005), a salinidade está associada à quantidade de sais dissolvidos na água. Como todas as amostras, como observado na Figura 33, apresentam valores inferiores a 0,50, sendo os corpos hídricos classificados como de água doce.

Figura 33 - Variação espaço temporal da salinidade nos pontos amostrais.

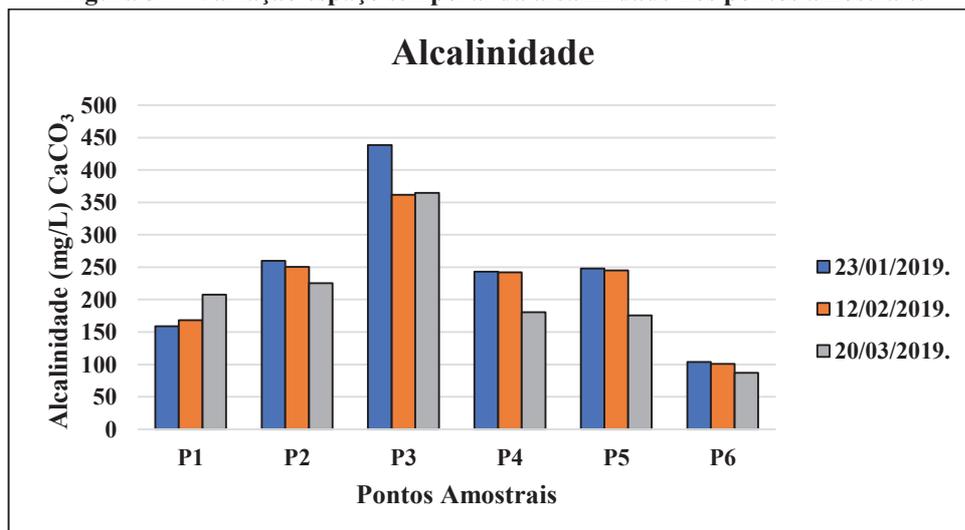


Fonte: Autor (2019)

4.3.10 Alcalinidade

A Resolução N°357 (CONAMA, 2005), não estabelece limites máximos para o parâmetro alcalinidade, assim pela Figura 34 observa-se uma variação na alcalinidade de 86,95 a 438,51 mg/L CaCO₃ e uma média de 225,65 mg/L CaCO₃. Esses valores indicam uma alta alcalinidade da água, provavelmente causado pela degradação da matéria orgânica resultante de esgotos não tratados.

Figura 34 - Variação espaço temporal da alcalinidade nos pontos amostrais.

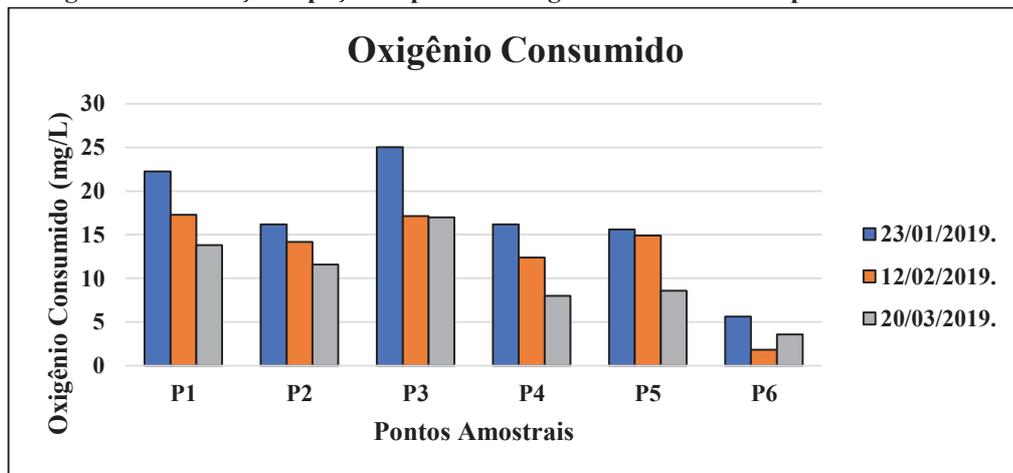


Fonte: Autor (2019)

4.3.11 Oxigênio Consumido (OC)

Apesar de não haver normatização quanto aos valores limites para o oxigênio consumido, através do seu comportamento (Figura 35) pode ser comprovada sua relação direta com a poluição do corpo d'água: os pontos P1, P2, P3 recebem altas contribuições de esgoto, apresentando valores de OC mais elevados quando comparados a P4 e P5, que recebem apenas efluentes de sua respectiva propriedade privada, e P6 que não recebe esse tipo de contaminante.

Figura 35 - Variação espaço temporal do oxigênio consumido nos pontos amostrais.

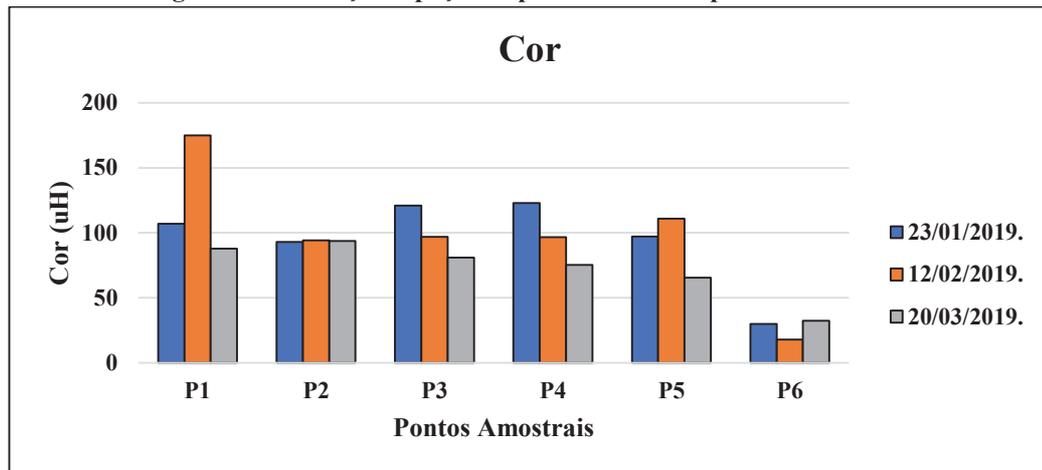


Fonte: Autor (2019)

4.3.12 Cor

Para que o fluido seja caracterizado com potável é necessário que apresente valor inferior à determinação da Portaria MS N° 2914, no valor de 15 uH. Dessa maneira pode ser observado que todos os pontos de coleta apresentaram valores superiores ao limite (Figura 36). Vale ressaltar que os valores elevados de P1 são resultantes do despejo de resíduos minerais realizado neste corpo hídrico, ressaltado pelos elevados valores de turbidez previamente apresentados.

Figura 36 - Variação espaço temporal da cor nos pontos amostrais.



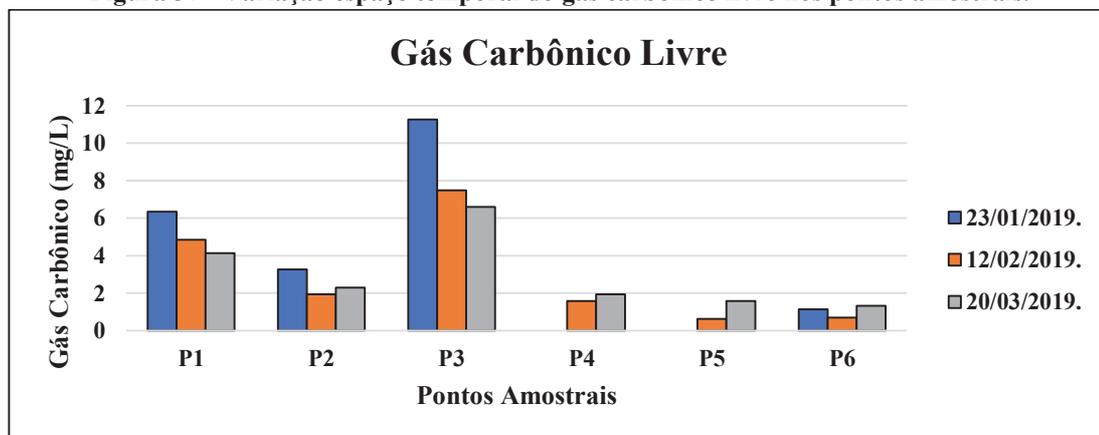
Fonte: Autor (2019)

4.3.13 Gás Carbônico (CO₂)

O gás carbônico livre apresentou valores que variaram de 0 a 11,26 mg/L, e uma média de 3,17 mg/L (Figura 37). Porém não há normatização que determine valores limites de gás carbônico presente na água,

Sabendo que a presença de CO₂ advém da decomposição da matéria orgânica, é possível correlaciona-la com o lançamento de efluentes: tem-se o seu maior valor no P3, caracterizado por receber um alto volume de esgoto doméstico, mesmo possuindo um dos menores volumes dentre os pontos escolhidos. Analogamente, tem-se menores concentrações para os pontos de domínio privado (P4, P5) e que não recebe efluentes (P6).

Figura 37 - Variação espaço temporal do gás carbônico livre nos pontos amostrais.



Fonte: Autor (2019)

4.3.14 Coliformes Totais e Fecais

Não foi possível utilizar a metodologia de classificação da Resolução CONAMA 357/2005, devido a necessidade de obtenção de amostras durante um período mínimo de um ano. Dessa forma, foi utilizada a Portaria N. ° 518/2004, que classifica esse parâmetro de maneira qualitativa a partir da presença ou ausência de coliformes totais e fecais para a potabilidade de água para consumo humano. Todos os corpos hídricos estudados tiveram a presença de coliformes totais e fecais, tornando-os assim inadequados para o consumo. Essa presença é proveniente da contaminação a partir de fezes de animais e/ou humanos, principalmente, decorrente dos esgotos domésticos.

5 CONCLUSÃO

O presente trabalho apresentou a avaliação de qualidade da água em seis corpos hídricos superficiais localizados na cidade de Cajazeiras-PB, através das análises da temperatura, cor, turbidez, pH, condutividade, sólidos totais dissolvidos, salinidade, oxigênio consumido, OD, gás carbônico livre, alcalinidade, cloretos, dureza, coliformes totais e fecais. A partir desse estudo foi possível observar a inadequabilidade desses recursos hídricos ao seu uso, ao comparar os resultados obtidos com as entidades normativas.

Todos os corpos hídricos superficiais estudados foram classificados como de Classe 4, conforme resolução do CONAMA 357/2005. Observando os resultados de P1, P2 e P3, corpos hídricos públicos, tem-se os piores valores de qualidade de água, principalmente quanto aos sólidos totais dissolvidos, oxigênio consumido e dissolvido, gás carbônico livre. Isso é reflexo de elevada poluição proveniente de ações antrópicas. Pode ser enfatizado o alto fluxo de esgoto doméstico, lançamento de resíduos sólidos, resíduos de mineração e alta densidade populacional em seu entorno. P4, P5 e P6, corpos hídricos privados, apresentaram índices melhores quando comparados aos demais, porém ainda insatisfatórios, principalmente quanto ao sólidos totais dissolvidos, oxigênio consumido e cor. Pode-se ressaltar que mesmo localizados em propriedades privadas, ainda há o lançamento de esgoto doméstico em P4 e P5, e que houve presença de coliformes totais e fecais em P6, mesmo sem lançamento direto de efluentes.

Essa má qualidade dos recursos hídricos reflete a dimensão dos impactos ambientais realizados pelo homem em corpos hídricos superficiais, associando a elevados graus de poluição às contribuições de esgoto, lançamento de resíduos sólidos pela população, uso e ocupação de seu entorno e mineração. Essa falta de preservação dos corpos hídricos se torna mais acentuada com a inserção de Cajazeiras na área do semiárido paraibano, que atualmente passa por uma crise hídrica.

O presente estudo, espera servir de base para futuros estudos e monitoramentos dos recursos hídricos de Cajazeiras, de maneira a futuramente propor intervenções que possam melhorar a qualidade desses corpos, melhorando a saúde da população que faz uso de suas águas e revitalizando seu uso, como a pesca e lazer.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS (AESAs). **Comitê de Bacias: Piranhas – Açú**. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/comite-de-bacias/piranhas-acu/>. Acesso em: 18 de fev. de 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Plano de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Piranhas-Açú**. Brasília: ANA, 2014.

_____. **Panorama da qualidade das águas superficiais do Brasil**. Brasília: ANA, 2012.

_____. **Água Superficial**. Disponível em: <http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/panorama-das-aguas/quantidade-da-agua/agua-superficial>. Acesso em: 28 de jan. de 2019.

ALBUQUERQUE, F. H. T. **Impactos ambientais na bacia de drenagem do açude São José I, município de São José de Piranhas – PB**. Trabalho de Conclusão de Curso de Licenciatura em Geografia – Unidade Acadêmica de Ciências Sociais. Universidade Federal de Campina Grande. Cajazeiras, 2014.

ALPHA, AWWA, WEF. **Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 22 th ed. Washington, D.C. 1999.

ALVES, W. S. dos; ANDRADE, R. D. A.; COSTA, L. M.; BELISÁRIO, C. M.; CEREIJO, T. L.; PORFIRO, C.A. **Avaliação da qualidade da água por meio de análises físico-químicas**. In: Congresso de Pesquisa e Pós-Graduação do Campus Rio Verde do IFGoiano. Goiânia, 2012.

ARAÚJO, L. E. de; SOUSA, F. de A. S. de; NETO, J. M. de M.; SOUTO, J. S.; REINALDO, L. R. L. R. Bacias hidrográficas e impactos ambientais. **Qualitas Revista Eletrônica**, v. 8, n. 1. 2009.

BECKER, H. **Above the Water Table**. In: *Groundwater*. Vol. 9 (6) p. 76-96. 2006.

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

_____. Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise de água**. 4. ed. Brasília: Funasa, 2013.

_____. **Lei N.º 9.433**, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21, p. 9433-97, 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm>. Acesso em: 8 de dez. 2018.

_____. Ministério da Saúde. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**. Secretaria de Vigilância em Saúde. Brasília: Ministério da Saúde, 2016.

_____. Ministério da Saúde. **Portaria Nº 2.914**, 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 União, 2011.

_____. Ministério da Saúde. **Portaria Nº 518**, de 25 de março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Brasília: Diário Oficial da União, 2004.

_____. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**. Brasília: Ministério da Saúde, 2006.

_____. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. **Agenda 21: Proteção da qualidade e do abastecimento dos recursos hídricos: aplicação de critérios integrados no desenvolvimento, manejo e uso dos recursos hídricos**. Água em Rev.: Suplemento das Águas, p.14-33. Brasília, 1996.

_____. **Resolução CONAMA nº 001**, de 23 de janeiro de 1986. Publicado no DOU de, v. 17, n. 2, p. 86, 2013. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>. Acesso em: 10 de dez. 2018.

_____. **Resolução CONAMA Nº 357**, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília: Diário Oficial da União.

_____. **Resolução CONAMA Nº 430**, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes. Brasília: Diário Oficial da União.

CETESB. **Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das águas e dos Sedimentos e Metodologias Analíticas de Amostragem**. In: Qualidade das Águas Doces no Estado de São Paulo. São Paulo, p. 44. 2009.

COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTOS DA PARAÍBA (CAGEPA). **Manual de análises laboratoriais**. 2016.

CPRM (Serviço Geológico do Brasil). **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Cajazeiras, estado da Paraíba**.

Organizado por: Mascarenhas, J. de C.; Beltrão, B. A.; Souza Junior, L. C. de; Moraes, F. de; Mendes, V. A.; Miranda, J. L. F. de. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005.

- CUNHA, D. G. F.; CALIJURI, M. do C.; LAMPARELLI, M. C.; MENEGON Jr, N. **Resolução CONAMA 357/2005: análise espacial e temporal de não conformidades em rios e reservatórios do estado de São Paulo de acordo com seus enquadramentos (2005–2009)**. In: Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, v.18, n.2. São Paulo, 2013.
- Drinking Water Interpretation Tool (DWIT). **The Drop on Water**. 2018.
- FREITAS, M. A. V. de; SANTOS, A. H. M. **Importância da Água e da Informação Hidrológica**. In: O Estado das Águas no Brasil. Brasília: ANEEL e ANA, 1999.
- GIAMPÁ, C. E. Q.; GONÇALES, V. G. G. **Orientações para a utilização de Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo**. São Paulo, 2005.
- GOMES, E. C. A. **Avaliação da qualidade da água em edificações multifamiliares na cidade de Campina Grande – PB**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande-PB, 2014.
- GOOGLE. **Google Earth website**. <http://earth.google.com/>, 2019.
- IBGE. **Censo Demográfico, 2010**. Brasil, 2010. Disponível em: < www.ibge.gov.br>. Acesso em 17 de fev. de 2018.
- JERÔNIMO, C. E. M.; FERNANDES, H. G.; MELO, H. N. S.; SOUSA, J. F. **Estudo Comparativo Entre Técnicas de Determinação da Matéria Orgânica em Efluentes Industriais de Composição Carbonácea**. 2012.
- LEVINO, N. A.; BORGES, B. M. C.; MORAIS, D. C.; **Propostas de medidas para redução da degradação ambiental nas bacias hidrográficas de Pernambuco**. Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP. São Carlos, 2010.
- MATTHIENSEN, A.; KLOCK; A. L. S.; BEDENDO, G. C.; MARTINI, R. **Monitoramento e Diagnóstico de Qualidade de Água Superficial**. In: Programa de Capacitação em Gestão da Água. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2014.
- NOGUEIRA, F. F.; COSTA, I. A.; PEREIRA, U. A. **Análise de parâmetros físico-químicos da água e do uso e ocupação do solo na sub-bacia do Córrego da Água Branca no município de Nerópolis – Goiás**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2015.
- PAZ, V. P. da S.; TEODORO, R. E. F.; MENDONÇA, F. C. **Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.4, n.3, p.465-473. Campina Grande – PB, 2000.

PEIXOTO, F. DA S.; STUDART, T. M. DE C.; CAMPOS, J. N. B. **Gestão das águas urbanas: questões e integração entre legislações pertinentes.** Porto Alegre, 2016.

SANTOS, D. M. **Educação ambiental empresarial: estudo de caso em uma siderúrgica.** Dissertação de Mestrado em Educação. Universidade Estácio de Sá. Rio de Janeiro, 2011.

SANTOS, V. S. **Impactos Ambientais.** Mundo Educação. 2015. Disponível em: <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/biologia/impactos-ambientais.htm>. Acesso em: 11 dez. 2018.

SILVA, R. F.; SANTOS, V. A.; GALDINO, S. M. G. **Análise dos impactos ambientais da Urbanização sobre os recursos hídricos na sub-bacia do Córrego Vargem Grande em Montes Claros-MG.** Programa de Pós-Graduação stricto sensu em Geografia. v.26, n.47. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Minas Gerais, 2016.

SOARES, A. C. F. **Avaliação da qualidade de água tratada distribuída em Campina Grande.** Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Estadual da Paraíba. Campina Grande – PB, 2016.

SOARES, V. DE O.; ALMEIDA, N. O. **O Bioma Caatinga sob a Percepção da Paisagem e a Dinâmica da Agricultura.** In: Revista Geográfica de América Central Número Especial EGAL. Costa Rica, 2011.

SUDENE. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado da Paraíba-I; Interpretação para uso agrícola dos solos do Estado da Paraíba.** MA/SUDENE, 1972.

VON SCHIRNDING. **Health in sustainable development planning: the role of indicators.** Geneva: World Health Organization, 2002.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e o tratamento de esgotos: princípios do tratamento biológico das águas residuárias.** 2. ed. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 1996.

WCED. **Our Common Future.** Oxford, UK: Oxford University Press, 20 p. 1987.

APÊNDICE A – RESULTADOS DAS COLETAS

PARÂMETRO	P1	P2	P3	P4	P5	P6	UNIDADE
COLETA 23/01/2019							
TEMPERATURA	25,3	26,1	26,5	26,6	26,8	26,2	°C
COR	107	93,1	121	123	97,1	30	u.H
TURBIDEZ	32,1	7,99	31,7	23,4	17,5	7,55	UNT
PH	6,7	7,3	7	8,2	8,2	7,5	-
CONDUTIVIDADE	442	641	908	664	637	165	µS/cm
STD	298	436	626	453	435	109	mg/L
SALINIDADE	0,21	0,31	0,44	0,32	0,31	0,08	ppt
O ₂ CONSUMIDO	22,26	16,19	25,04	16,19	15,6	5,65	mg/L
OD	3,1	4,6	3,3	6,3	11,3	10,8	mg/L
CO ₂	6,34	3,26	11,26	0	0	1,14	mg/L
ALCALINIDADE	158,95	259,93	438,51	243,1	247,77	103,78	mg/L
CLORETOS	73,5	113	143	130	126,5	12,5	mg/L
DUREZA	148	216	296	186	196	78	mg/L
CÁLCIO	92	134	202	88	58	48	mg/L
MAGNÉSIO	56	82	94	98	138	30	mg/L
COLIF.TOTAIS	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente	-
COLIF.FECAIS	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente	-
COLETA 12/02/2019							
TEMPERATURA	24,5	24,2	24,5	24,6	24,4	24,2	°C
COR	175	94,2	96,9	96,6	111	18	u.H
TURBIDEZ	50,3	11,4	34,4	18,3	19,7	1,7	UNT
PH	6,8	7,5	6,9	7,7	8,1	7,4	-
CONDUTIVIDADE	453	652	811	696	675	169	µS/cm
STD	305	445	557	475	461	112	mg/L

PARÂMETRO	P1	P2	P3	P4	P5	P6	UNIDADE
SALINIDADE	0,22	0,32	0,4	0,34	0,33	0,08	ppt
O ₂ CONSUMIDO	17,28	14,16	17,12	12,39	14,92	1,85	mg/L
OD	2	3,5	2	3,2	3,3	3,3	mg/L
CO ₂	4,84	1,94	7,48	1,58	0,62	0,7	mg/L
ALCALINIDADE	168,3	250,58	361,84	242,16	245,16	100,98	mg/L
CLORETOS	74,5	114	126	133,5	133	11	mg/L
DUREZA	164	236	254	214	218	82	mg/L
CÁLCIO	90	128	140	74	54	52	mg/L
MAGNÉSIO	74	108	114	140	164	30	mg/L
COLIF.TOTAIS	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente	-
COLIF.FECAIS	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente	-
COLETA 20/03/2019							
TEMPERATURA	28,3	28,6	28,5	28,5	28,5	28,6	°C
COR	87,9	93,8	80,9	75,4	65,5	32,3	u.H
TURBIDEZ	16,5	6,18	28,3	10,3	13,2	3,3	UNT
PH	6,7	7,2	6,9	6,9	6,9	6,9	-
CONDUTIVIDADE	556	593	835	475	474	147,2	μS/cm
STD	378	403	574	321	320	97,3	mg/L
SALINIDADE	0,27	0,29	0,41	0,23	0,23	0,07	ppt
ODOR A FRIO	O	O	O	NO	NO	NO	Não Objetável
OD	0,9	2,2	1,2	2,3	2,1	2,2	mg/L
CO ₂	4,14	2,29	6,6	1,94	1,58	1,32	mg/L
ALCALINIDADE	207,57	225,33	364,65	180,45	175,78	86,95	mg/L
CLORETOS	97,5	110	135,5	85,5	93,5	12	mg/L
DUREZA	170	192	320	162	150	76	mg/L
CÁLCIO	102	124	128	82	72	40	mg/L

