



**UNIVERSIDADE DA INTEGRAÇÃO INTERNACIONAL DA LUSOFONIA
AFRO-BRASILEIRA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA
CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA**

CARLOS LUCAS SOARES CORDEIRO

**ESTUDO DOS PARÂMETROS DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO PACOTI
COMO OBJETO DE APRENDIZAGEM NO ENSINO DE QUÍMICA**

REDENÇÃO

2019

CARLOS LUCAS SOARES CORDEIRO

ESTUDO DOS PARÂMETROS DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO PACOTI
COMO OBJETO DE APRENDIZAGEM NO ENSINO DE QUÍMICA

Monografia apresentada ao Curso de Licenciatura em Química do Instituto de Ciências Exatas e da Natureza - ICEN da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira como requisito parcial para obtenção do título de Graduado em Licenciatura em Química, sob orientação da Profa. Dra. Livia Paulia Dias Ribeiro.

REDENÇÃO
2019

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Sistema de Bibliotecas da UNILAB
Catalogação de Publicação na Fonte.

Cordeiro, Carlos Lucas Soares.

C818e

Estudo dos parâmetros da qualidade da água do Rio Pacoti como objeto de aprendizagem no ensino de Química / Carlos Lucas Soares Cordeiro. - Redenção, 2019.

53f: il.

Monografia - Curso de Química, Instituto De Ciências Exatas E Da Natureza, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Redenção, 2019.

Orientadora: Profa. Dra. Livia Paulia Dias Ribeiro.

1. Educação ambiental. 2. Rio Pacoti. 3. Qualidade da água.
4. Ensino de química. I. Ribeiro, Livia Paulia Dias. II. Título.

CE/UF/BSCA

CDD 363.7

UNIVERSIDADE DA INTEGRAÇÃO INTERNACIONAL DA LUSOFONIA AFRO-
BRASILEIRA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA
CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA

TÍTULO: ESTUDO DOS PARÂMETROS DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO
PACOTI COMO OBJETO DE APRENDIZAGEM NO ENSINO DE QUÍMICA.

Autor: Carlos Lucas Soares Cordeiro

Aprovado em: 02/09/2019

BANCA EXAMINADORA:

Livia Paulia Dias Ribeiro

Profa. Dra. Livia Paulia Dias Ribeiro (orientadora)
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-brasileira

Eveline de Abreu Menezes

Profa. Dra. Eveline de Abreu Menezes
(examinadora)
Universidade da Integração Internacional da
Lusofonia Afro-brasileira

José Berto Neto

Prof. Dr. José Berto Neto
(examinador)
Universidade da Integração Internacional da
Lusofonia Afro-brasileira

REDENÇÃO
2019

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por me permitir concluir mais essa etapa da minha vida e por ser meu sustento nas mais diversas circunstâncias dispostas a mim durante a graduação.

Agradeço aos meus pais, Eulália Soares Cordeiro e Carlos Alberto de Abreu Cordeiro por destinarem a mim tanto amor, confiança, apoio, incentivo e suporte, me provendo os recursos necessários para que fosse possível a concretização de mais essa conquista.

Aos meus amigos, que muito contribuíram para o meu crescimento e amadurecimento como pessoa e como profissional. Em especial, a minha grande parceira da graduação, Isamayra Germano de Sousa, por toda cumplicidade, companheirismo e por sempre estar disposta a me auxiliar e ajudar, seja na pesquisa, seja na vida. Muito obrigado!

Aos meus colegas Renato Sousa, Maria Eduarda, Vitor Hugo e minha grande amiga, Maria Daniele Ferreira Nobre por todo suporte e auxílio no desenvolvimento e construção deste trabalho.

Agradeço aos meus professores, em especial aos do curso de Licenciatura em Química da UNILAB, por todas as experiências, vivências e conhecimentos partilhados e compartilhados.

Ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) pela oportunidade de inserção a pesquisa, ao Programa Residência Pedagógica (PRP), por me proporcionar aproximação com a carreira docente e contribuir para a construção da minha identidade profissional e a Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) quanto órgãos de fomento.

Por fim, agradeço a minha orientadora, Profa. Dra. Lívia Paulia Dias Ribeiro, pela confiança, incentivo, exigência, comprometimento e por proporcionar a mim logo no início da graduação a oportunidade de inserir-me na pesquisa por meio da iniciação científica. Muito obrigado, professora!

RESUMO

Nas últimas três décadas muito se têm observado e comentado os resultados advindos a partir da íntima relação entre o homem e a natureza. O crescimento populacional nas grandes metrópoles, assim como em cidades mais afastadas tem contribuindo para uma crescente e desenfreada degradação de recursos naturais, em especial, a água, caracterizada pelo alarmante e crescente uso inconsciente da mesma disposta em nosso ecossistema. Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo a realização de um estudo a partir da caracterização do rio Pacoti na macrorregião do Maciço de Baturité pela determinação de parâmetros físico-químicos (temperatura, pH, condutividade, turbidez, STD, OD, dureza, DQO e fósforo total) e microbiológicos (coliformes totais e termotolerantes) para construção de um objeto de aprendizagem no ensino de química com ênfase em educação ambiental. A amostragem foi realizada em trechos do rio localizados antes da cidade de Redenção e após o município de Acarape. Seguente à obtenção dos resultados das análises realizadas nos anos de 2018 e 2019 entre os meses de abril e agosto. Os resultados foram comparados com dados fornecidos pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente a partir da sua resolução nº 357 de 2005, portaria nº 2914 de 2011 do Ministério da Saúde, como também com os dados dos mesmos parâmetros realizados no estuário do rio Pacoti na região metropolitana de Fortaleza nos anos de 2004 e 2005. A partir da análise dos parâmetros mencionados, observaram-se que estão de acordo com os padrões de qualidade previsto pela resolução nº 357 de 2005 do CONAMA e ao estudo referente ao estuário do rio Pacoti. Porém, os dados obtidos diferiram em relação, aos dois pontos de coleta, sob influência dos parâmetros condutividade, STD, dureza, OD, DQO, temperatura e fósforo total, apresentando valores maiores no ponto de amostragem em Acarape, destacando influência da ação antrópica pelo despejo de esgoto doméstico, tendo valores positivos para testes presuntivos quanto à presença de coliformes totais e termotolerantes nas duas localizações estudadas. Como produto do presente estudo, foi desenvolvida cartilha educativa contendo informações quanto às características do rio Pacoti nos anos de 2018 e 2019 como proposta de objeto de aprendizagem ao ensino de química com enfoque a educação ambiental. Por fim, destaca-se também a importância do material proposto por relacionar-se com os conteúdos de química do ensino médio.

Palavras-chaves: Rio Pacoti. Educação ambiental. Qualidade da água. Ensino de química

ABSTRACT

In the last three decades much has been observed and commented on the results from the close relationship between man and nature. Population growth in large cities, as well as in more remote cities, has contributed to a growing and unbridled degradation of natural resources, especially water, characterized by the alarming and growing unconscious use of it in our ecosystem. Thus, the present work aims to carry out a study from the characterization of the Pacoti river in the Baturité Massif macroregion by determining physical-chemical parameters (temperature, pH, conductivity, turbidity, STD, OD, hardness, COD and total phosphorus) and microbiological (total and thermotolerant coliforms). Sampling was performed in stretches of the river located before the city of Redenção and after the municipality of Acarape. Following the results of the analyzes carried out in the years 2018 and 2019 between April and August, these were compared with data provided by the National Environmental Council from its Resolution No. 357 of 2005, Ordinance No. 2914 of 2011 Ministry of Health, as well as data from the same parameters performed in the Pacoti River estuary in the metropolitan region of Fortaleza in 2004 and 2005. From the analysis of the mentioned parameters, it was observed that they are in accordance with the standards of predicted by CONAMA Resolution No. 357 of 2005 and the study of the Pacoti River estuary. However, the data differed in relation to the two collection points, under the influence of the conductivity, STD, hardness, OD, COD, temperature and total phosphorus parameters, showing higher values at the Acarape sampling point, highlighting the influence of anthropic action by domestic sewage, with positive values for presumptive tests for the presence of total and thermotolerant coliforms in both studied locations. As a product of the present study, an educational booklet containing information on the characteristics of the Pacoti River in 2018 and 2019 was developed as a methodological proposal for the teaching of chemistry focusing on environmental education. Finally, we also highlight the importance of the proposed material as it relates to the high school chemistry content.

Keywords: Pacoti River. Environmental Education. Water quality. Chemistry teaching

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização dos pontos de amostragem nas cidades de Redenção e Acarape (Fonte: Google Earth).....	21
Figura 2. Disposição de chuva nas cidades de Redenção e Acarape nos anos de 2018 e 2019. (Fonte: FUNCEME)	27
Figura 3. Curva de calibração para determinação das concentrações em mg L ⁻¹ de fósforo total.	30
Figura 4. Curva de calibração para determinação das concentrações em mg L ⁻¹ de O ₂ .31	
Figura 5. Análise da Componente Principal (PCA) para observação do comportamento das amostras de parâmetros comuns aos anos de 2018 e 2019.	33
Figura 6. Análise da Componente Principal (PCA) observando o comportamento do rio Pacoti no ano de 2019 em relação aos parâmetros analisados.	34
Figura 7. Amostras de Redenção e Acarape após inoculação por 24 horas sob ação do substrato de detecção – prova qualitativa e quantitativa para Coliformes Totais.	35
Figura 8. Amostras de Redenção e Acarape após inoculação por 24 horas sob ação do substrato de detecção – prova qualitativa e quantitativa para Escherichia coli.....	35
Figura 9. Localização do estuário do rio Pacoti na região metropolitana de Fortaleza (Fonte: Google Earth).....	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. CONAMA, resolução nº 357, de 17 de março de 2005 para classificação de água doce e suas destinações	15
Tabela 2. Metodologias para determinação de parâmetros físico-químicos de acordo com Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater e microbiológicos.	22
Tabela 3. Resultados das determinações de parâmetros físico-químicas de qualidade da água rio Pacoti nos anos de 2018 e 2019 nas cidade de Redenção e Acarape.	25
Tabela 4. Classificação da dureza da água (concentração expressa em mg L ⁻¹ CaCO ₃).	29
Tabela 5. Limites de Detecção e Quantificação para amostras de fósforo total.....	31
Tabela 6. Limites de Detecção e Quantificação para amostras de DQO.....	32
Tabela 7. Resultado de análises físico-químicas realizadas no estuário do rio Pacoti. .	40
Tabela 8. Informações contidas na cartilha desenvolvida em relação aos principais assuntos estudados no Ensino Médio.	42

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVOS.....	13
2.1. Objetivos gerais	13
2.2. Objetivos específicos	13
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
3.1. Qualidade da água.....	14
3.2. O rio Pacoti	16
3.3. A educação ambiental e o ensino de química	18
4. METODOLOGIA	20
4.1. Desinfecção e esterilização de materiais.....	20
4.2. Localização dos pontos de amostragem.....	20
4.3. Coleta de amostras	21
4.4. Materiais e métodos	22
4.4.1. Métodos de análise	22
4.4.2. Materiais e reagentes	23
4.5. Construção de cartilha educativa	24
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
5.1. Análises físico-químicas e microbiológicas	25
5.2. Comparação de dados do rio Pacoti.....	36
5.3. Cartilha proposta como ferramenta de ensino	40
6. CONCLUSÃO	43
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44
APENDICE A	47

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas três décadas muito se têm observado e comentado sobre as nuances e preocupações que caracterizam a íntima relação entre o homem e a natureza. O crescimento populacional nas grandes metrópoles, bem como em cidades mais afastadas tem contribuindo para uma crescente e desenfreada degradação de recursos naturais dispostos no meio ambiente.

Entre as muitas formas e manifestações que a degradação e o descuido com o meio ambiente se expressa, muitas das discussões voltadas para essa temática, trata-se do alarmante e crescente uso inconsciente dos recursos hídricos dispostos em nosso ecossistema. Essas preocupações são acrescidas pela visualização de um cenário em nossa sociedade onde há cada vez mais a necessidade da produção e acúmulo de bens com tempo de vida útil reduzido, contribuindo para um aumento na geração de resíduos sólidos, que são descartados inadequadamente, incluindo em corpos hídricos. Tais repercussões quanto a esse tema, ganham força uma vez que a água é um recurso essencial para a vida, a saúde, os alimentos, o desenvolvimento econômico e o meio ambiente sustentável (ALMEIDA, 2010).

Entende-se que a água, ainda que um bem amplamente disposto no nosso ambiente natural, encontra-se como foco das preocupações e atenções no que diz respeito a questão ambiental, uma vez que tal recurso destinado ao consumo humano é representado por uma mínima fração do todo existente. É a questão da água, ou seja, mais especificamente a falta de água, a falta de chuvas, a contaminação das fontes naturais e o desperdício, fatores preocupantes que estão comprometendo o abastecimento em diversos países (SANTOS, 2002).

Levando em consideração as problemáticas já mencionadas quanto a contaminação e alteração das propriedades naturais das águas provenientes de corpos hídricos pela ação antrópica, essa atenção é voltada para a qualidade da água de abastecimento público, ou seja, ao mesmo tempo em que o homem é responsável pela degradação da sua principal fonte de sobrevivência, é ele próprio quem sofre pela ausência e escassez de algo que é tão vital para a sua existência e manutenção em nosso planeta.

Em consonância ao que foi discutido anteriormente, está a macrorregião do Maciço de Baturité, região localizada na faixa interiorana do estado do Ceará e, onde

concentra treze municípios em sua amplitude: Acarape, Aracoiaba, Aratuba, Barreira, Baturité, Capistrano, Guaramiranga, Itapiúna, Mulungu, Ocara, Pacoti, Palmácia e Redenção. Nesta região encontra-se o rio Pacoti, que tem sua nascente no município de Guaramiranga, desaguando em Aquiraz, região Metropolitana de Fortaleza. Suas águas percorrem por municípios do Maciço de Baturité (Pacoti, Redenção e Acarape), perpassando por outras cidades, como: Pacajus, Guaiuba, Horizonte, Itaitinga, Fortaleza, Eusébio, tendo o seu destino final em Aquiraz, somando um percurso de aproximadamente 150 km (Área de Proteção Ambiental, 2010).

Um fator de grande relevância essa discussão no Maciço de Baturité, trata-se do crescimento populacional nas cidades de Redenção e Acarape, promovidas pela inserção semestral de estudantes brasileiros e internacionais à Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-brasileira (UNILAB). Para tanto, se faz necessário a utilização da ferramenta quimiométrica PCA (principal component analysis) para identificação da distinção da qualidade da água nas cidades de Redenção e Acarape.

Diante da problemática, observa-se as dificuldades que envolvem a criação e implementação de meios de divulgação que possibilitem a conscientização da importância do uso, armazenamento e cuidados com tais recursos, assim como o alerta quanto aos malefícios adquiridos a partir dessas práticas danosas para a população do Maciço de Baturité. Outra preocupação trata-se da articulação de abordagem dessa temática nas escolas da rede pública, uma vez que dessas vem à função, além de muitas outras, a de formar cidadãos protagonistas das suas próprias histórias, participativos e responsáveis pela manutenção e cuidados com o ambiente que é comum a todos.

Por fim, destaca-se que o presente trabalho, a partir de tudo que foi discutido e comentado anteriormente, objetiva o estudo e caracterização das águas do rio Pacoti, localizado na macrorregião do Maciço de Baturité, em dois pontos distintos, para que a partir dos dados obtidos sejam confeccionadas e divulgadas cartilhas educativas, que sirvam de suporte teórico e metodológico em aulas de educação ambiental no ensino de química, bem como para acesso a população pouco esclarecida da região estudada.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivos gerais

Determinar parâmetros físico-químicos e microbiológicos do rio Pacoti, no trecho de Redenção e Acarape, para produção de objeto de aprendizagem para ensino de química com ênfase em educação ambiental.

2.2. Objetivos específicos

- Caracterizar os parâmetros físico-químicos (temperatura, condutividade, turbidez, sólidos totais dissolvidos, pH, oxigênio dissolvido, dureza, Demanda Química de Oxigênio (DQO) e fósforo total) e microbiológicos (coliformes totais e Termotolerantes (*Escherichia coli*)) da qualidade da água em dois pontos distintos, nas cidades de Redenção e Acarape;
- Comparar dados dos parâmetros obtidos neste projeto de pesquisa com valores de referência do CONAMA resolução nº 357 de 2005, portaria nº 2914 de 2011 do Ministério da Saúde, dados de análises ambientais do estuário do rio Pacoti e dados de determinações físico-químicas do ano de 2018;
- Usar PCA (principal component analysis) para verificação de distinção da água nas cidades de Redenção e Acarape;
- Criação e confecção de cartilha educativa a partir dos dados das determinações dos parâmetros estudados, para que sirva de meio metodológico facilitador em aulas de educação ambiental no ensino de química.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1. Qualidade da água

O Ministério da Saúde, por meio da portaria nº 518 de 25 de março de 2004 caracteriza e define água potável, como aquela de destino próprio ao consumo humano, em que seus parâmetros físicos, química, radioativos e microbiológicos atendam ao padrão de potabilidade de forma a não oferecer riscos ou nocividades a saúde. Em contrapartida, o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), a partir da resolução nº 357, de 17 de março de 2005. As águas doces foram classificadas em cinco classes de qualidade, destacando-se neste estudo as águas doces de classe I, podendo ser destinadas aos seguintes usos conforme exposto na Tabela 1.

Se faz necessário o monitoramento contínuo para avaliação e garantia de qualidade dos parâmetros. Sob influência da ação antrópica, a água sofre alterações físicas, químicas e biológicas, sendo que variações podem ocorrer no tempo e no espaço de maneira elevada ou baixa (PEREIRA, 2013).

A determinação de testes físicos que compõem os padrões de qualidade da água define-se a partir da resolução do CONAMA 357 de março de 2005, estabelecendo limites individuais para cada classificação de enquadramento e cada substância analisada. Da mesma forma, análises químicas determinam de forma precisa as características, os constituintes e as propriedades de uma amostra de água. São importantes tanto sob uma perspectiva sanitária como econômica, permitindo avaliações de índices de poluição de uma fonte hídrica. A Resolução CONAMA 357/2005 considera que a água integra as preocupações do desenvolvimento sustentável, baseado nos princípios da função ecológica da propriedade, da prevenção, da precaução, do poluidor-pagador, do usuário-pagador e da integração (SILVA, 2015).

Tabela 1. CONAMA, resolução nº 357, de 17 de março de 2005 para classificação de água doce e suas destinações

Classificação	Destino
Classe especial	<ul style="list-style-type: none"> • Abastecimento para consumo humano, com desinfecção; • Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; • Preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.
Classe 1	<ul style="list-style-type: none"> • Abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; • Proteção das comunidades aquáticas; • Recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho; • Irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; • Proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.
Classe 2	<ul style="list-style-type: none"> • Abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; • Proteção das comunidades aquáticas; • Recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho; • Irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; • Aquicultura e a atividade de pesca.
Classe 3	<ul style="list-style-type: none"> • Abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; • Irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; • Pesca amadora; • Recreação de contato secundário; • Dessedentação de animais.
Classe 4	<ul style="list-style-type: none"> • Navegação; • Harmonia paisagística.

Fonte: CONAMA (2005)

O grupo de bactérias denominado coliformes é dividido em coliformes totais e coliformes termotolerantes, anteriormente denominados coliformes fecais; são os indicadores de contaminação mais usados para monitorar a qualidade microbiológica da água (MUNIZ, 2013; SCURACCHIO, 2010).

3.2.O rio Pacoti

A Área de Preservação Ambiental (APA) do rio Pacoti, criado sobre o decreto estadual nº 25.778 de 2000, delimita uma área de aproximadamente três mil hectares localizado na região metropolitana de Fortaleza (Aquiraz, Eusébio e municípios de Fortaleza). O seu trajeto se desenvolve desde a Serra de Baturité até a Costa Leste do Ceará percorrendo uma trajetória de aproximadamente 168 km, delimitado pelas coordenadas geográficas 30°53'15" e 30°55'00" S; 38°22'30" e 38°26'15" W (ÁVILA, 2005).

Embora o rio Pacoti exerça um importante papel no abastecimento de água potável à populações da região do Maciço de Baturité e municípios da região metropolitana de Fortaleza, Crispim (2011) comenta que é notória a poluição dos recursos hídricos ao longo do rio Pacoti e que principalmente atividades no meio urbano e rural não são acompanhadas pelo planejamento voltado para o gerencialmente desses recursos, sendo a existência de esgotos ao céu aberto a principal causa de poluição.

Partindo de uma perspectiva ampla, relata-se que o rio Pacoti é identificado como um dos principais recursos hídricos dispostos em nosso ecossistema e no nosso estado, responsável também pelo abastecimento de cidades da Região Metropolitana de Fortaleza e municípios instalados na macrorregião do Maciço de Baturité. O estuário do rio Pacoti também exerce um papel fundamental para a reprodução de espécies de peixes marinhos, funcionando como um berçário natural, além de ser uma fonte de nutrientes para produção da pesca artesanal e industrial (ÁVILA, 2005).

Ávila (2005) ainda acrescenta que a Área de Preservação Ambiental do rio Pacoti possui em sua amplitude, representantes vegetais remanescentes de mata atlântica, dunas e manguezal, além de ser detentora de uma biodiversidade faunística diversificada.

Durante anos o rio Pacoti foi a principal fonte de abastecimento da população que dele retirava o necessário para consumo próprio, irrigação de pequenas culturas e lazer. Não mais que duas décadas foram suficientes para que a situação fosse mudada (SILVA e NASCIMENTO, 2015).

Apesar de o referido rio ser a principal fonte de abastecimento da população que o circunda, observa-se que tal recurso transformou-se no destino final de quase todo

tipo de resíduo oriundo da atividade humana, contribuindo para o surgimento de doenças a partir da ingestão de água e consumo de caças da pesca do rio. Essas atividades tidas como comuns nessas localidades de proximidade com o rio. As principais atividades que impactam negativamente para a poluição e contaminação do rio Pacoti são: desmatamento e queimadas, descarte inadequado de resíduos sólidos e efluentes nos corpos hídricos, turismo, uso de agrotóxicos no cultivo de frutos e legumes, bem como a falta de saneamento básico recorrente e a especulação imobiliária. Sob essa perspectiva, Magalhães (2006) sustenta que os impactos ambientais em corpos hídricos estão relacionados a quantidade de materiais contaminantes contidos, como sólidos dissolvidos e suspensos, matéria orgânica e inorgânica, microrganismos patogênicos, entre outros.

Entende-se a partir disso, que as principais fontes de contaminação dos recursos hídricos dispostos no nosso ecossistema, esteja muito relacionado as atividades do cotidiano do homem. A precariedade e a falta de assistência em algumas comunidades também é um fator colaborativo para que essas causas se intensifiquem, por exemplo, a inexistência de saneamento básico.

O interesse por parte de pesquisadores quanto ao estudo e caracterização do rio Pacoti em sua Área de Preservação Ambiental, pode ser atribuído a sua competência e importância quando ao seu contributo para o abastecimento de cidades as quais este percorre; bem como sua rica e diversificada fauna e flora. Porém, existem poucos trabalhos encontrados na literatura sobre o rio Pacoti. A maioria dos trabalhos abordam apenas estudos sobre o estuário do rio, que fica localizado entre as cidades de Fortaleza, Eusébio e Aquiraz (localizado 30°53'15" e 30°55'00" S; 38°22'30" e 38°26'15" W) (SOUSA E SILVA, 2016).

Sousa & Silva (2016) destacam em seu estudo da avaliação geoquímica e ecotoxicológica de uma seção estuarina do sedimento do rio Pacoti, alteração moderada da qualidade dos sedimentos do baixo Pacoti sugerindo a influência de diferentes fontes contaminantes, levantando também a possibilidade de metais analisados terem influenciado na degradação da qualidade do sedimento nas áreas estudadas.

Em outro estudo, Silva e Nascimento (2015) pretendem caracterizar a situação do rio Pacoti nas cidades de Redenção e Pacoti, em comparativo com dados da FUNCEME, IBGE e COGERH quanto ao abastecimento e distribuição desse recurso,

assumindo o estado de precariedade do rio sofrido pela ausência de saneamento básico nas cidades estudadas, ou ainda pelo despejo inadequado de resíduos sólidos.

3.3.A educação ambiental e o ensino de química

Notoriamente, identificam-se traços marcantes de uma crise socioambiental promovida a partir de acontecimentos de grande importância na história do nosso planeta. Mais precisamente a partir da segunda metade do século XX, tornou-se evidente e generalizada o surgimento da crise, que se expressa de diversas formas, assumindo proporções imensuráveis que assola os vários continentes do planeta Terra.

Para Lima (2011), inserindo nesse contexto, populações de conjuntura periféricas, submetem-se a uma situação de “duplo risco”, uma vez que esses têm pouco esclarecimento das nocividades de estarem inseridos a um ambiente degradado, mas que se veem obrigados a conviverem com a problemática unicamente por um fator de sobrevivência. Sendo o caso de moradores ribeirinhos, ou de áreas contaminadas, manuseio de agrotóxicos por parte dos pequenos agricultores, moradores e coletores dos grandes lixões, ou ainda os operários que se submetem a ambientes insalubres das grandes indústrias, entre outros.

Diante da emergência em tratar e estimular soluções para sejam eficazes para sobrepujar tais problemáticas promovidas pela ação humana e que impactam fortemente no nosso cotidiano, busca-se em consonância, a promoção de uma cidadania planetária voltada para a questão ambiental que confronte o desafio de superar fatores que ameaçam nossa existência na Terra, bem como apoiando ações criativas e inovadoras, despertando nas populações de cada continente a noção de pertencimento e cuidado com o ambiente. Uma alternativa se pronuncia a partir de processos de conscientização dos conflitos constitutivos da crise ambiental e a possibilidade de tratar a educação como um instrumento de construção da cidadania ambiental e de uma cultura democrática participativa (LIMA, 2011).

Quanto à inserção dos indivíduos que constituem a nossa sociedade como parte da construção da cidadania ambiental, Giddens (1999) reforça que a tomada dessas decisões não deva ser deixada somente aos especialistas, mas que seja um exercício que inclua políticos e cidadãos, uma vez que esses não detém conhecimentos

inquestionáveis e que sejam comuns a todos, salientando que a ciência e a tecnologia não fiquem alheios a esses processos democráticos.

Reforçando o compromisso da construção da cidadania ambiental na formação dos indivíduos, infere-se a importância de tal discussão no ambiente escolar, Rúa e Souza (2010) destacam que, a Educação Ambiental como eixo transversal no projeto político-pedagógico é colaborativo para a promoção de ações em coletividade que tenham como resultado a elaboração de propostas interdisciplinares entre distintas disciplinas escolares, imprimindo reflexões a partir de diferentes perspectivas para discussões que tratem da Educação Ambiental e química.

O Ministério da Educação (MEC) elaborou os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) de forma que a temática Meio Ambiente perpassasse por todo o currículo de maneira ordenada e articulada a partir da visão das diversas áreas do conhecimento fornecidos pela educação básica, contribuindo para a construção de noção abrangente acerca da questão ambiental. Sendo assim, o processo de ensino-aprendizagem dinâmico, interdisciplinar e contextualizado pode ser um modo de o professor despertar nos alunos a consciência da importância da química e levá-los a construir conceitos significativos para a melhoria de sua qualidade de vida (RUA e LIMA 2010).

4. METODOLOGIA

4.1. Desinfecção e esterilização de materiais

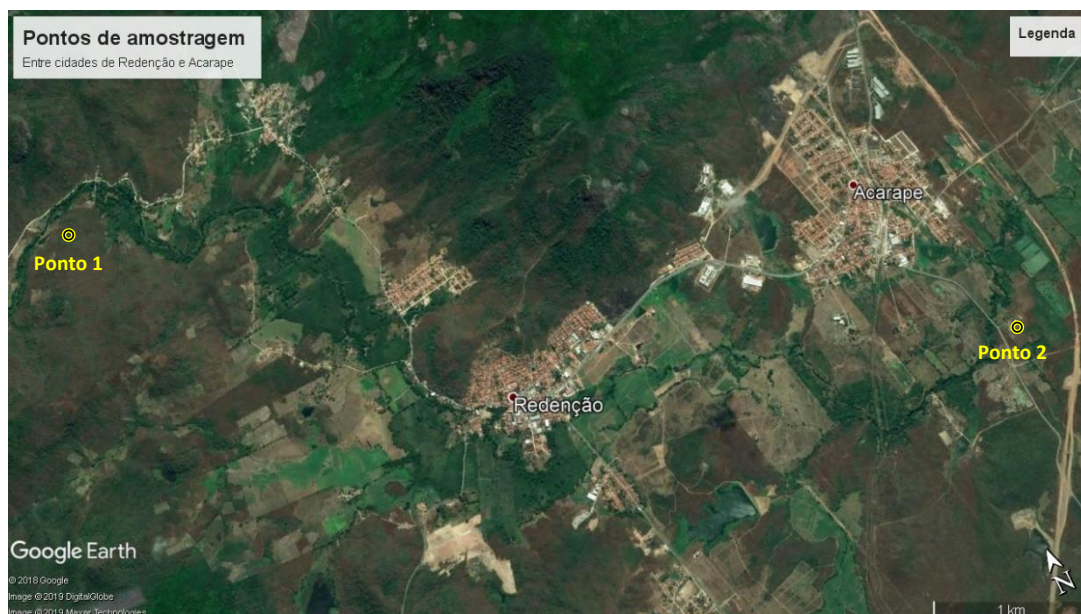
A etapa de amostragem inicia-se pela descontaminação dos frascos destinados a armazenamento de soluções, reagentes e coleta de amostras. Este procedimento constitui na lavagem prévia com detergente neutro (exceto os utilizados nas análises de Fósforo), solução de Ácido Nítrico 10% e finalmente com água destilada.

Todo o material e frascos destinados às análises e determinações de coliformes totais e termotolerantes (*escherichia coli*), após o processo de limpeza descrito anteriormente, foram submetidos a etapas de embalagem, autoclavagem e secagem em estufa, desembalando-os somente no ato da análise. A esterilização do material mencionado ocorreu anteriormente a cada coleta, bem como a lavagem dos frascos de polietileno de amostragem com solução de Ácido Nítrico 10% por 2 horas.

4.2. Localização dos pontos de amostragem

As coletas das amostras de água para estudo foram realizadas em dois pontos distintos de passagem do rio Pacoti, antes da cidade de Redenção e após Acarape. Os pontos de amostragem mencionados anteriormente estão delimitados pelas coordenadas geográficas 4°12'56''S 38°45'09''W (ponto de coleta em Redenção) e 4°13'56'' S 38°42'05'' W (ponto de coleta em Acarape), como mostra a Figura 1 que segue:

Figura 1. Localização dos pontos de amostragem nas cidades de Redenção e Acarape (Fonte: Google Earth)



4.3. Coleta de amostras

A etapa de amostragem se deu pela aquisição em triplicata de amostras de água em dois pontos nas cidades de Redenção e Acarape, resultando um total de dezoito amostras. As coletas foram realizadas nos meses de abril a agosto de 2018 e abril, junho e julho do ano de 2019, observando períodos do ano entre chuvoso e seco.

Os frascos empregados para coleta das amostras, foram previamente lavados com solução de Ácido Nítrico a 10% e armazenados em caixa térmica de isopor para preservação e abrigo da luz solar. Porém, independente da natureza da amostra de água que se deseja estudar (residual, subterrânea, superficial ou industrial) outros cuidados foram tomados para que não houvesse contaminação do material de estudo, como: ambientar os fracos coletores com a amostra por pelo menos três vezes; aquisição de amostras quem não contenham grandes partículas (pedras, folhas, galhos), exceto sedimentos que as caracterizem; utilização de luvas de látex para não contaminação dos frascos de polietileno e tampas; etiquetagem das garrafas para identificação das amostras; coletar volume de água necessário (5 aproximadamente 500 mL) para determinação de todos os parâmetros e eventuais repetições.

As análises de OD (oxigênio dissolvido) e temperatura se deram em campo pela utilização do Medidor Portátil de Oxigênio Dissolvido DO – 5519 da marca LUTRON, pela imersão do eletrodo direto ao rio nos referidos pontos de amostragem.

As amostras foram identificadas com a primeira letra em maiúsculo do ponto de amostragem (R para Redenção e A para Acarape), seguido de numeração crescente de 1 a 8 (ordem de amostragem), mês de coleta em parêntese e ano de realização.

4.4. Materiais e métodos

4.4.1. Métodos de análise

As metodologias de análise empregadas para as determinações dos parâmetros físicos e químicos propostos no presente trabalho, basearam-se no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Determinações de parâmetros microbiológicos foram aplicadas a partir do desenvolvimento de método presuntivo ONPG/MUG (Ref. 510118) da marca Aquateste Coli como é mostrado na Tabela 2 abaixo:

Tabela 2. Metodologias para determinação de parâmetros físico-químicos de acordo com Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater e microbiológicos.

Parâmetro	Metodologia/Equipamento
Temperatura	Medidor Portátil Oxigênio Dissolvido DO - 5519 (LUTRON)
Condutividade	Potenciometria (2510 B: Standard Methods)
Turbidez	Nefelometria (2130 B: Standard Methods)
Sólidos Totais Dissolvidos (STD)	Potenciometria (2540 C: Standard Methods)
Padrão Hidrogeniônico (pH)	Potenciometria (4500 B: Standard Methods)
Oxigênio Dissolvido (OD)	Medidor Portátil Oxigênio Dissolvido DO - 5519 (LUTRON)
Dureza total	Titulometria EDTA (2340 C: Standard Methods)
Fósforo total	Colorimetria (4500-P E: Standard Methods)
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	Colorimetria (520 D: Standard Methods)

Coliformes totais	AQUATESTES COLI (ONPG/MUG) (Ref. 510118)
Coliformes termotolerantes (<i>Escherichia coli</i>)	AQUATESTES COLI (ONPG/MUG) (Ref. 510118)

Fonte: Autor (2019)

4.4.2. Materiais e reagentes

- Caixa térmica de isopor;
- Garrafas de coleta de 500 mL (polietileno);
- pHmetro/Condutivímetro de Bancada (pH/mV/ORP/COND/TDS/SAL/TEMP) MOD 8650 (marca AZ);
- Espectrofotômetro UV-VIS - 190 A 1100NM (marca Novainstruments);
- Turbidímetro Portátil 0-50.00/50-1000 FTU (marca Hanna);
- Medidor Portátil Oxigênio Dissolvido DO - 5519 (marca LUTRON);
- Balança Analítica de Laboratório Eletrônico FA2204B (marca Jugo);
- Autoclave automática (marca Stermax);
- Estufa bacteriológica (marca Caltech);
- Cabine de Segurança Biológica Classe II Tipo A1. Modelo Bioseg 9 (marca Veco);
- Solução de Ácido Nítrico 10%;
- Solução de Ácido Etilenodiamino Tetra-acético (EDTA) 0,1 mol L⁻¹;
- Preto de Eriocromo T;
- Solução tampão pH 10;
- KCN;
- Solução Digestora (K₂Cr₂O₇ grau padrão primário; H₂SO₄; HgSO₄);
- Solução Catalítica (Ag₂SO₄; H₂SO₄);
- Solução Padrão de Biftalato de Potássio (a solução de KHP tem um valor teórico de DQO de 1000 mg O₂/L);
- Solução de Molibdato de Amônio;
- Solução de Ácido Sulfúrico 2,5 mol L⁻¹;
- Solução de Antimônio Tartarato de Potássio;
- Solução de Ácido Ascórbico;
- Solução estoque de Fosfato (cada mL desta solução contém 50 µg P-PO₄³⁻ = 0,05 mg P-PO₄³⁻);

- Aquatest coli – ONPG/MUG (marca Laborclin).

4.5. Construção de cartilha educativa

Como explicitado nos objetivos do presente trabalho, os dados apresentados após análise dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos, serviriam de base para a construção de material que pudesse ser aplicado em aulas de química trazendo uma abordagem para a questão ambiental, de forma que os assuntos discutidos relacionassem com os conteúdos trabalhados no ensino médio, para que as características definidas do rio Pacoti sejam de acesso à comunidade das cidades estudadas e estudantes da rede pública de ensino.

Dessa forma, foi construída uma cartilha educativa intitulada “Qualidade da água: conhecendo o rio Pacoti a fundo”, onde são apresentadas as definições de cada parâmetro estudado, e gráficos que apresentam os dados obtidos e seus comportamentos ao longo dos anos de 2018 e 2019.

Para confecção do material, foram empregadas ferramentas básicas do software Photoshop CC 2016 e Office Excel 2016 para construção dos gráficos apresentados na cartilha. O material é composto por capa, texto de apresentação, apresentação dos pontos de amostragem, seguido da explanação dos parâmetros estudados, resultados obtidos e referências, constituindo 14 páginas.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Análises físico-químicas e microbiológicas

Tabela 3. Resultados das determinações de parâmetros físico-químicas de qualidade da água rio Pacoti nos anos de 2018 e 2019 nas cidade de Redenção e Acarape.

Amostra	Temp. (°C)	pH	Condutividade ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	Turbidez (FTU)	STD (mg L^{-1})	OD (mg L^{-1})	Dureza (mg L^{-1})	DQO (mg L^{-1})	Fosforo T. (mg L^{-1})
R1(04)2018	-	$7,3 \pm 0,1$	$307,0 \pm 13,5$	$28,5 \pm 0,6$	$153,70 \pm 7,02$	$9,7 \pm 0,7$	$67,3 \pm 5,0$	-	-
R2(05)2018	-	$6,25 \pm 0,06$	$260,7 \pm 0,5$	$15,4 \pm 0,2$	$130,7 \pm 0,5$	$8,7 \pm 0,8$	$59,3 \pm 2,3$	-	-
R3(06)2018	-	$7,0 \pm 0,02$	$346,7 \pm 1,5$	$0,9 \pm 0,1$	$173,3 \pm 1,1$	$8,7 \pm 0,8$	$83,3 \pm 5,7$	-	-
R4(07)2018	-	$6,980 \pm 0,005$	$404,0 \pm 2,6$	$1,8 \pm 0,7$	$202,3 \pm 1,5$	$6,1 \pm 0,4$	$87,3 \pm 3,0$	-	-
R5(08)2018	-	$7,39 \pm 0,01$	$451,7 \pm 2,5$	$1,7 \pm 0,2$	$226,0 \pm 1,0$	$11,5 \pm 0,3$	$90,0 \pm 2,8$	-	-
R6(04)2019	27,6	$6,3 \pm 0,04$	$236,0 \pm 2,0$	$41,1 \pm 0,8$	$118,0 \pm 1,0$	$14,7 \pm 0,7$	$45,3 \pm 1,1$	$165,40 \pm 13,49$	$0,0067 \pm 0,0004$
R7(06)2019	27,3	$7,3 \pm 0,3$	$451,7 \pm 2,8$	$3,5 \pm 0,5$	$223,7 \pm 1,4$	$14,6 \pm 0,5$	$71,3 \pm 4,1$	$156,2 \pm 0,4$	$0,0036 \pm 0,0001$
R8(07)2019	27,3	$6,7 \pm 0,3$	$420,30 \pm 1,15$	$6,3 \pm 0,3$	$218,0 \pm 10,3$	$11,4 \pm 0,3$	$84,0 \pm 4,0$	$130,30 \pm 57,02$	$0,0043 \pm 0,0001$
A1(04)2018	-	$7,4 \pm 0,01$	$380,3 \pm 2,5$	$42,5 \pm 0,2$	$190,0 \pm 2,0$	$20,50 \pm 1,15$	$94,0 \pm 6,9$	-	-
A2(05)2018	-	$7,0 \pm 0,15$	$407,0 \pm 3,6$	$12,7 \pm 0,1$	$203,30 \pm 2,08$	$20,2 \pm 0,8$	$108,7 \pm 5,7$	-	-
A3(06)2018	-	$6,5 \pm 0,2$	651 ± 11	$0,6 \pm 0,4$	$326,0 \pm 5,5$	$20,2 \pm 0,8$	$150,0 \pm 2,0$	-	-
A4(07)2018	-	$6,99 \pm 0,04$	$712,7 \pm 0,5$	$4,7 \pm 1,6$	$356,7 \pm 0,5$	$6,0 \pm 0,7$	$150,0 \pm 2,0$	-	-
A5(08)2018	-	$7,28 \pm 0,03$	773 ± 3	$1,8 \pm 0,6$	$387,0 \pm 1,0$	$13,7 \pm 0,4$	$177,0 \pm 1,4$	-	-
A6(04)2019	28,1	$6,16 \pm 0,04$	381 ± 3	$32,0 \pm 0,2$	$190,7 \pm 1,5$	$18,5 \pm 0,2$	78 ± 0	$166,6 \pm 1,7$	$0,01000 \pm 0,0004$
A7(06)2019	28,1	$6,39 \pm 0,03$	$267,3 \pm 1,4$	$3,8 \pm 0,4$	$200,0 \pm 1,0$	$15,4 \pm 0,5$	94 ± 0	$170,1 \pm 12,8$	$0,0064 \pm 0,0005$
A8(07)2019	28,2	$6,63 \pm 0,16$	567 ± 2	$1,9 \pm 0,3$	$284,3 \pm 1,5$	$9,7 \pm 0,2$	115 ± 1	$133,7 \pm 5,2$	$0,0070 \pm 0,0002$
VMP		6,0 a 9,0	até 1000	Até 40	até 500	$\geq 6,0$			Ambiente lótico: até 0,1

Fonte: Autor (2019)

A Tabela 3 anterior fornece valores médios juntamente aos desvios padrões das determinações dos parâmetros físicos e químicos de quantificação da temperatura, condutividade, turbidez, sólidos totais dissolvidos (STD), pH, oxigênio dissolvido (OD), dureza, demanda química de oxigênio (DQO) e fósforo total, realizados a partir de coletas mensais (de abril a agosto) do rio Pacoti na macrorregião no Maciço de Baturité nos anos de 2018 e 2019. Porém, a análise da temperatura, demanda química de oxigênio (DQO) e fósforo total se deram unicamente nos meses que referem-se ao ano de 2019. A primeira coluna apresenta um código de identificação das amostras referindo-se ao ponto de amostragem (R para Redenção e A para Acarape), mês e ano de realização da coleta.

A justificativa para seleção dos pontos de amostragem se deu pela disposição dos locais de passagem do rio anterior e após as cidades de Redenção e Acarape para que fossem avaliados os impactos ocasionados pelo crescimento populacional, e crescente especulação imobiliária, dada em sua maioria pela inserção semestral de discentes à Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-brasileira. Outra colocação que se faz quanto a definição dos pontos de coleta, é dado pelo isolamento do ponto de Redenção do centro da cidade, sendo próximo a pequenas comunidades de agricultores, onde há predominância do plantio de hortaliças principalmente às margens do ponto de amostragem. Porém, infere-se a existência de possíveis substâncias e patógenos, uma vez que o rio Pacoti desenvolve-se a partir do município de Pacoti, antes das cidades estudadas.

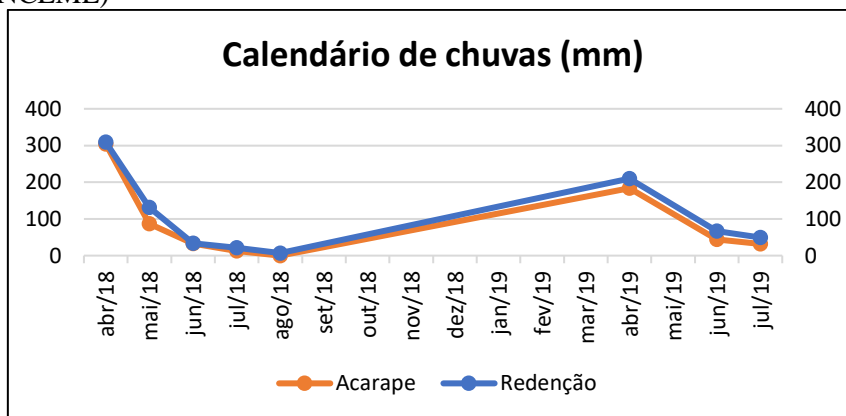
Constatou-se a partir da observação dos dados apresentados, o comportamento e as variações desses valores em decorrência dos meses e dos anos, podendo relacioná-los com períodos secos e de chuva que podem interferir nas características do rio.

Dessa forma, verifica-se inicialmente que a temperatura pouco se altera em relação aos períodos estudados, diferindo somente entre as localizações de coleta. Essa característica pode ser atribuída ao clima dos pontos selecionados de proximidade ou não de serras. Elevações de temperatura aumentam a taxa das reações físicas, químicas e biológicas (na faixa usual de temperatura), diminuem a solubilidade de gases (Ex: oxigênio dissolvido) e também aumentam a taxa de transferência de gases (o que pode gerar mau cheiro, no caso da libertação de gases com odores desagradáveis) (SPERLING, 2005). Sendo assim, infere-se que a temperatura quanto a um parâmetro físico, relaciona-se com outros parâmetros parte deste estudo.

Por outro lado, observando os resultados apontados nas determinações do pH dessas amostras, constata-se que esses não sofrem tantas alterações em decorrência dos períodos estudados ou ainda das localizações de retirada de amostras, estando esses valores entre 6,16 a 7,39, ou seja, de pouco ácido a neutro. Pereira (2013) destaca que a influência desse parâmetro em ecossistemas aquáticos refere-se a efeitos causados a fisiologia das espécies, e sob determinadas condições de pH, pode haver a precipitação de elementos químicos tóxicos, como metais pesados, por exemplo, bem como efeitos relativos a solubilidade de nutrientes. Para a adequada manutenção da vida aquática, o pH deve situar-se geralmente na faixa de 6 a 9 (GASPAROTTO, 2011).

A Figura 2 que segue, fornecem dados acerca das concentrações de chuva nos períodos de amostragem e análise. Tais valores podem ser relacionado com a maneira com a qual o rio Pacoti comporta-se ao decorrer dos meses do ano sob influência de períodos chuvosos e secos. Observa-se que os meses iniciais dos dois anos apresentam maiores valores em mm, reduzindo-se a concentrações mais baixas em meses como julho e agosto, definidos pela escassez de chuva nesses períodos do ano nas regiões estudadas. Demonstra-se também, que à cidade de Redenção é atribuído maiores volumes nos anos de 2018 e 2019.

Figura 2. Disposição de chuva nas cidades de Redenção e Acarape nos anos de 2018 e 2019. (Fonte: FUNCEME)



Dados referentes aos parâmetros turbidez, condutividade, STD e dureza acompanham quase que linearmente o comportamento do rio Pacoti em decorrência da presença ou ausência de chuva nos meses de abril a agosto dos dois anos.

No ano de 2018, os valores referentes à turbidez da cidade de Redenção variaram de 28,49 a 0,89 FTU. Em 2019 os valores para esse mesmo parâmetro e

mesmo ponto, sofreram variação de 41,14 a 3,48 FTU. Para a cidade de Acarape, no primeiro ano resultados para as análises de turbidez foram de 42,53 a 0,59 FTU, no ano seguinte esse parâmetro apresentou uma faixa de 32,04 a 1,95 FTU. Dessa forma, é correto afirmar que a turbidez de uma amostra de água é o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessá-la devido presença de sólidos em suspensão como argila, areia e silte e também partículas orgânicas como plâncton, algas e bactérias (BORTOLI, 2016).

Sendo assim, o grau de atenuação é atribuído a maior ou menor presença de sólidos em suspensão, como comentado anteriormente. Por sua vez, a presença desses sólidos suspensos é acrescida em decorrência aumento do volume do rio e intenso em períodos de mais chuvosos. Dessa forma, infere-se que ambientes lóticos são mais oportunos para elevação de valores referente a esse parâmetro, justificado perturbação de barragens, carregando consigo, a partir desta ação, areia, argila, bem como partículas orgânicas que constituem essas localizações.

Por outro lado, resultados recorrentes a outras variáveis como a condutividade, STD e a dureza, que são parâmetros que se complementam, justificado pela relação com a concentração de íons inorgânicos dissolvidos. Observa-se que esses parâmetros têm seus valores acrescidos ao decorrer dos meses estudados e comportam-se, semelhantemente, nos dois anos, havendo elevação em relação aos dois pontos de amostragem.

A condutividade apresentou para a cidade de Redenção valores que vão de 260,67 a 451,67 $\mu\text{S cm}^{-1}$ e 236 a 541,67 $\mu\text{S cm}^{-1}$ nos anos de 2018 e 2019, respectivamente. Em Acarape, esses números elevam-se da mesma maneira, porém, sendo superiores nesse ponto. Em 2018 esses valores vão de 380,33 a 773,33 $\mu\text{S cm}^{-1}$ e 267,33 a 566,67 $\mu\text{S cm}^{-1}$ em 2019.

À medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados, a condutividade da água se eleva, valores altos podem indicar características corrosivas da água (ALVES, 2010).

A água da chuva, de certa forma, retrata as características da massa de ar, no que diz respeito ao conteúdo de partículas e gases solúveis em água, através da qual atravessam as gotas de chuva durante a precipitação (SOUZA; MELLO; MALDONADO, 2006). Dessa forma, é correto afirmar que além da composição química que constituem as gotículas que formam as nuvens, ao precipitarem são

incorporadas a essas, substâncias presentes na atmosfera, que por sua vez são adicionados aos corpos hídricos, elevando suas concentrações em períodos mais secos justamente pelo baixo volume desses rios.

Da mesma forma, o mesmo comportamento é observado aos valores referentes aos sólidos totais dissolvidos e a dureza que também são indicativos da presença de íons dissolvidos. Entende-se que a dureza total está relacionada à somatória dos cátions bivalentes presentes em sua totalidade, expressos em quantidade equivalente de CaCO_3 , especialmente, os cátions cálcio e magnésio. Enquanto que em águas naturais os sólidos dissolvidos estão constituídos, principalmente, por carbonatos, bicarbonatos, cloretos, sulfatos, fosfatos, nitratos de cálcio, magnésio e potássio (GASPAROTTO, 2011), sendo sua concentração expressa em mg L^{-1} .

Quanto aos sólidos totais dissolvidos, valores resultados das determinações crescem de abril a agosto, tendo resultados superiores nas amostras da cidade de Acarape em relação as da cidade de Redenção.

O mesmo é observado aos números referentes as determinações da dureza total, onde no ano de 2018 esses valores vão de 59,33 a 90 mg L^{-1} e em 2019 variou de 45,33 a 84 mg L^{-1} no ponto de amostragem de Redenção. Para a localização de Acarape, essa variável apresentou uma faixa que vai de 94 a 177 mg L^{-1} em 2018 e 78 a 115,33 mg L^{-1} em 2019. A partir disso, é possível inferir que as amostras analisadas na cidade de Redenção caracterizam-se como **mole a moderada**, enquanto que em Acarape pode ser caracterizado como **moderada a dura**, como classifica Wilson (2010) na Tabela 4 que segue:

Tabela 4. Classificação da dureza da água (concentração expressa em $\text{mg L}^{-1} \text{CaCO}_3$).

Classificação	CaCO_3 equivalente em mg L^{-1}
Mole	< 75 $\text{mg L}^{-1} \text{CaCO}_3$
Moderada	Entre 75 e 150 $\text{mg L}^{-1} \text{CaCO}_3$
Dura	Entre 150 e 300 $\text{mg L}^{-1} \text{CaCO}_3$
Muito dura	> 300 $\text{mg L}^{-1} \text{CaCO}_3$

Fonte: Wilson (2010).

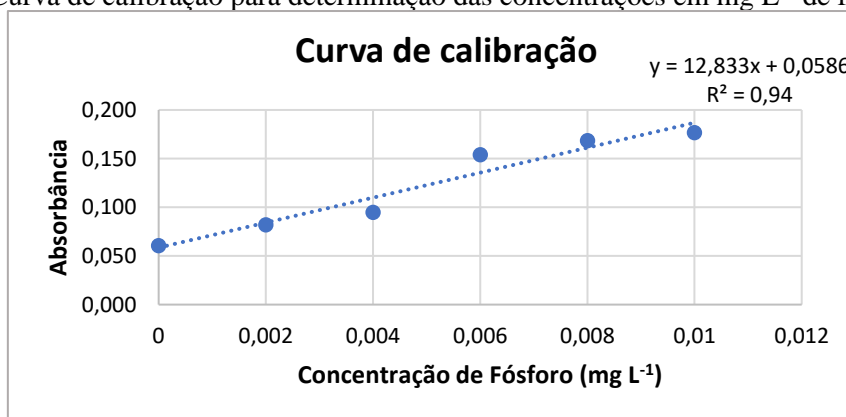
A análise do oxigênio dissolvido nos referidos pontos de amostragem revelaram crescimento de seus valores de abril a agosto em Redenção e decréscimo na cidade de Acarape em comparação aos mesmos períodos do ano.

O oxigênio dissolvido representa a concentração de oxigênio molecular (O_2) dissolvido em água. Sperling (2005) sustenta que baixas quantidades desse parâmetro pode indicar o descarte de efluentes em corpos hídricos, uma vez que águas contaminadas possuem baixos valores para OD, que se justifica pela decomposição do oxigênio molecular dissolvido devido a presença de matéria orgânica.

A temperatura e o oxigênio dissolvido possuem relação direta, pois quando ocorre aumento da temperatura do corpo hídrico, seja por lançamento de efluentes industriais ou outras fontes, a concentração de OD diminui (LIBÂNIO, 2008).

Para determinação do fósforo total em água, executou-se técnica colorimétrica (4500-P E: Standard Methods) com comprimento de onda 880 nm em espectrofotômetro UV-Vis (Novainstruments). A construção da curva de calibração se deu pela utilização do software Office Excel 2016, gerando uma equação de primeiro grau da absorbância (eixo Y) em função da concentração (eixo X). A equação obtida permitiu o cálculo da concentração do fósforo total em $mg L^{-1}$, como é apresentado na Tabela 3, anteriormente. A curva de calibração é apresentada na Figura 3 que segue:

Figura 3. Curva de calibração para determinação das concentrações em $mg L^{-1}$ de fósforo total.



Diferente das demais variáveis, as concentrações de fósforo total não se alteraram em decorrência das condições climáticas ou disposição de chuva nos períodos estudados. Porém, observa-se que valores dessas concentrações nas amostragens realizadas na cidade de Acarape foram maiores em relação aos da cidade vizinha. A partir disso, é coerente afirmar que possivelmente esses valores se alteram em decorrência de ações antrópica das populações dos dois municípios. As fontes artificiais de fosfato mais importantes são; esgotos domésticos e industriais, provenientes principalmente de detergentes (DELLAGIUSTINA, 2000).

O cálculo dos limite de detecção (LD) e limite de quantificação (LQ) resultou nos valores que são apresentados na Tabela 5 a seguir:

Tabela 5. Limites de Detecção e Quantificação para amostras de fósforo total.

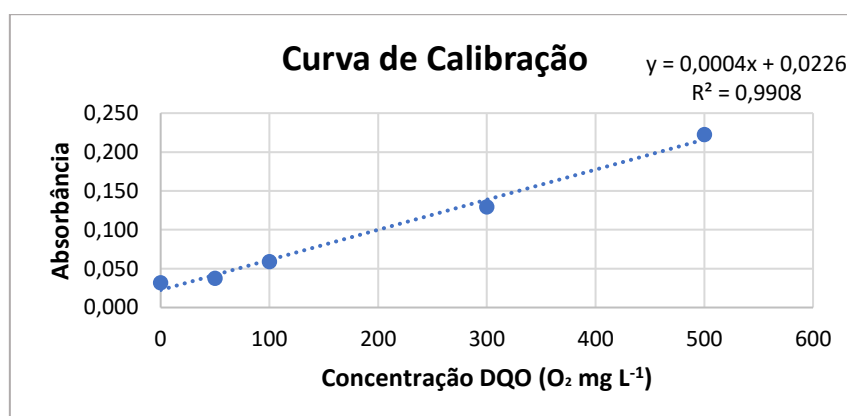
Limite de Detecção	0,00013 mg L ⁻¹
Limite de Quantificação	0,00045 mg L ⁻¹

Fonte: Autor (2019)

Define-se o limite de detecção como a menor quantidade do analito presente em uma amostra que pode ser detectado. Porém, não necessariamente quantificado, confiáveis condições experimentais. Por outro lado, o limite de quantificação representa a mais baixa concentração que pode ser identificada e quantificada em determinada matriz com certo limite de confiabilidade, geralmente entre 95 e 99% (PENHA, 2017). A partir da determinação dos limites é possível afirmar que foi possível detectar e quantificar as amostras analisadas, por essas terem seus valores acima desses limites.

A análise da demanda química de oxigênio (DQO) foi realizada a partir da técnica colorimétrica (520 D: Standard Methods) com aplicação de comprimento de onda de 600 nm num espectrofotômetro UV-Vis (Novainstruments). Como no caso anterior, a construção do gráfico da curva de calibração se deu pela utilização do software Office Excel 2016, também gerando a equação da reta, onde a absorbância está em função da concentração. Dessa forma, a partir da obtenção da equação da DQO em mg L⁻¹ de O₂, como também é evidenciado na Tabela 3, anteriormente. A curva de calibração empregada na determinação da DQO é mostrada na Figura 4 a seguir:

Figura 4. Curva de calibração para determinação das concentrações em mg L⁻¹ de O₂.



Assim como os valores apresentados para as determinações de fósforo total, os resultados obtidos para as análises da DQO não se alteram por influência dos períodos e

condições observadas, mas diferiram em relação aos pontos de amostragem, demonstrando valores mais altos nas amostras de Acarape em relação a cidade de Redenção. Sendo a DQO indicativo do índice de poluição urbana, enfatiza-se que embora não haja discrepâncias em relação aos pontos avaliados, é correto afirmar que há uma distinção entre as duas localizações, assumindo possível influência da ação humana. A importância de determinar a DQO é a possibilidade de indicar o teor de matéria orgânica no corpo d'água, o que caracteriza o grau de poluição desse meio (SPERLING, 2005).

Para esse parâmetro, realizou-se também os cálculos do limite de detecção (LD) e limite de quantificação (LQ) resultou nos valores que são dispostos na Tabela 6 que segue:

Tabela 6. Limites de Detecção e Quantificação para amostras de DQO.

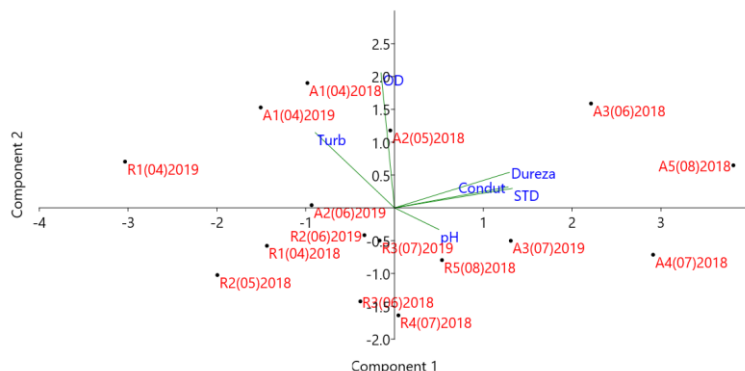
Limite de Detecção	31,81 mg L ⁻¹
Limite de Quantificação	106,06 mg L ⁻¹

Fonte: Autor (2019)

A partir da observação dos limites de detecção e quantificação onde seus valores são explícitos na tabela anterior, pode-se concluir que foi possível detectar e quantificar as amostras destinadas as determinações do parâmetro DTQ, uma vez que esses estiverem acima dos limites mencionados.

As Figuras 5 e 6 apresentados abaixo referem-se a Análise da Componente Principal (PCA), revelando a forma como as amostras comportam-se em decorrência distinção de grupos sob influência de seus parâmetros, afim de validar estatisticamente os dados obtidos por esta pesquisa. Para a Figura 5 foi aplicado o PCA relacionando os parâmetros comuns aos anos de 2018 e 2019, como é mostrado abaixo:

Figura 5. Análise da Componente Principal (PCA) para observação do comportamento das amostras de parâmetros comuns aos anos de 2018 e 2019.



Observando a figura acima, observa-se no eixo da componente 1 maior influência dos parâmetros condutividade, STD e dureza, contribuindo para maior agrupamento de valores referentes aos da cidade de Acarape, onde foram maiores nessa localização de amostragem. Analogamente, observa-se que no eixo da componente 2 o parâmetro de maior saliência é o OD, relevando valores mais altos para essa variável também na localização de passagem do rio Pacoti pelas duas cidades estudadas.

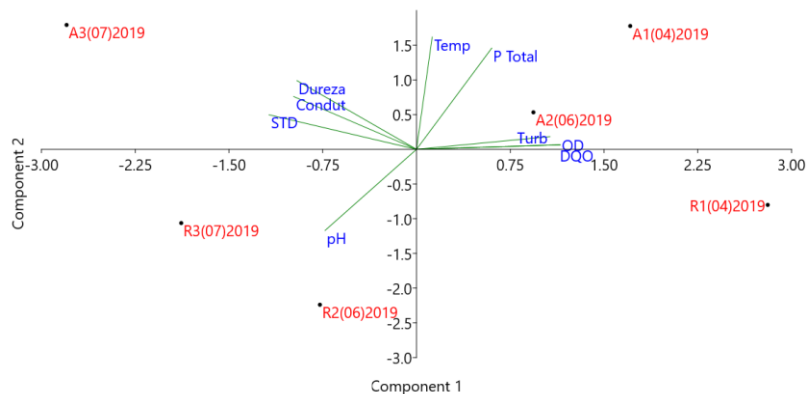
Outra colocação que se faz, refere-se a projeção das amostras de Redenção no sentido da componente 1, ou seja, da esquerda para a direita, podendo afirmar que ao longo dos meses dos dois anos, essas amostras também diferiram em relação aos parâmetros condutividade, STD e dureza, tendo valores superiores no segundo semestre de cada ano. O mesmo comportamento é observado quando avaliadas amostras da cidade de Acarape, onde é possível identificar maior influência dessas variáveis.

Observa-se na Figura 5 ainda, que no primeiro quadrante, localizam-se amostras de Acarape e uma amostra de Redenção do mês de abril, assumindo que esses têm maior influência de parâmetros da turbidez e do OD, ocasionado pelo efeito de chuva de maior incidência nos meses iniciais de cada ano.

No quadrante ao lado, observa-se a predominância de amostras da localização de Acarape também, que justifica-se pela elevação de valores em variáveis como a condutividade, STD e dureza nesse ponto.

As amostras da cidade de Redenção se opõem ao sentido de projeção dos mencionados parâmetros no gráfico, uma vez que esses apresentaram valores inferiores aos obtidos no município de Acarape para os mesmos parâmetros.

Figura 6. Análise da Componente Principal (PCA) observando o comportamento do rio Pacoti no ano de 2019 em relação aos parâmetros analisados.



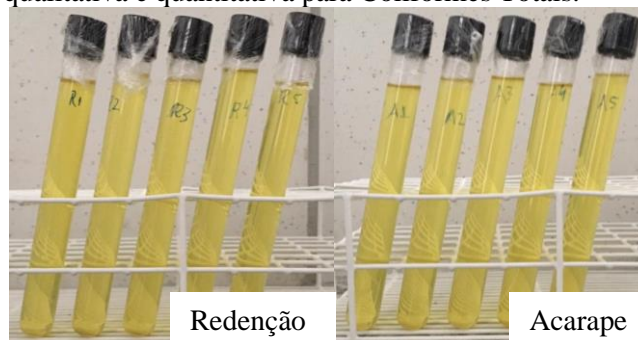
Se observado comportamento somente do ano de 2019 com relação aos 9 parâmetros estudados nas duas cidades, identifica-se no eixo da componente 1 maior efeito dos parâmetros turbidez, OD e DQO, sendo colaborativo para o distanciamento de amostras da cidade de Acarape em relação ao gráfico dos scores. É identificado também, a influência dos parâmetros temperatura e fósforo total no eixo da componente 2 que também contribuíram para distinção de amostras do município de Acarape, justificado pelo aumento desses dados experimentais.

A localização da amostra denominada A3(07)2019 no primeiro quadrante, justifica-se pela baixa incidência de chuva no mês de julho, contribuindo para elevação de em valores de parâmetros como condutividade, STD e dureza. Por outro lado, as amostras A1(04)2019 e A2(06)2019 se dispõem no quadrante ao lado, assumindo que estes tiveram acréscimo nos seus valores nos parâmetros temperatura, fósforo total, turbidez, OD e DQO. A amostra R1(04)2019 é observado também tem valores acrescidos em relação a turbidez e OD, justificado pela maior concentração de chuva no mês de abril no município de Redenção, sendo esse fator indicativo para elevação de valores para essas variáveis.

Para determinação de parâmetros microbiológicos quanto à presença de patógenos do grupo Coliformes aplicou-se método presuntivo ONPG/MUG (Ref. 510118) da marca Aquateste Coli. A confirmação da presença de microrganismos do tipo coliformes totais ocorre através da atividade da enzima β -galactosidase, envolvida no metabolismo fermentativo da lactose. Esta enzima degrada o substrato ONPG (orto-nitrofenilgalactopiranosídeo), presente no Aquateste coli, resultando em

desenvolvimento de coloração amarelada nas amostras estudadas como é mostrado na Figura 7 que segue:

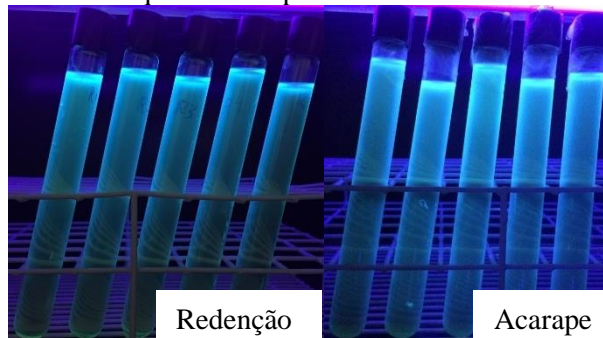
Figura 7. Amostras de Redenção e Acarape após inoculação por 24 horas sob ação do substrato de detecção – prova qualitativa e quantitativa para Coliformes Totais.



Dessa forma, confirma-se qualitativamente a presença de patógenos do tipo Coliformes Totais pelo surgimento de cor amarelada após inoculação das amostras em estufa bacteriológica por 24 horas. Por outro lado, a análise quantitativa é dada pela quantidade de tubos positivos detectados com valores em NMP/100 mL. Após contagem, é correto afirmar que para esse parâmetro, ambas as cidades obtiveram valores máximo > 8 NMP/100mL, referente aos tubos positivos em cada município como é mostrado anteriormente.

O grupo dos coliformes termotolerantes (*Escherichia coli*) diferencia-se dos demais de seu grupo pela capacidade de produzir β -glicuronidase, esta enzima degrada o substrato MUG (4-methyl-umbeliferil-b-D-glucuronide), presente no Aquateste coli, resultando no produto 4-metilumbeliferona, o qual apresenta fluorescência quando em exposição à luz ultravioleta (COLI, 2018). A Figura 8 mostra fluorescência em amostras dos dois municípios, confirmando de forma qualitativa a presença de patógenos do tipo *Escherichia coli*.

Figura 8. Amostras de Redenção e Acarape após inoculação por 24 horas sob ação do substrato de detecção – prova qualitativa e quantitativa para *Escherichia coli*



Constata-se qualitativamente a presença de coliformes termotolerantes pelo aparecimento de fluorescência das amostras quando expostas à luz ultravioleta em câmara escura após inoculação em estufa bacteriológica por 24 horas. Do mesmo modo, a análise quantitativa se dá pela contagem de tubos positivos detectados com valores em NMP/100 mL. Dessa forma, observa-se contagem de 5 tubos fluorescentes em ambas as cidades estudadas, assumindo um valor máximo superior a 8 NMP/100 mL, como mostra a figura acima.

Partindo de tais constatações, verificou-se que a qualidade do trecho estudado do rio Pacoti no ponto antes de chegar na cidade de Redenção é diferente da qualidade do rio Pacoti após passagem na cidade de Acarape. Isso possibilita afirmar que o rio altera sua característica após receber efluentes das duas cidades Redenção e Acarape.

5.2. Comparação de dados do rio Pacoti

Após a realização das coletas dos pontos selecionados, análises dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos e tratamento dos dados a partir da análise da componente principal, o presente trabalho destinou-se a comparação com valores de referência fornecidos pela resolução nº 357 de 2005 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) para águas doces de classe I quanto aos parâmetros físico-químicos, assim como com a portaria nº 2914 de 2011 do Ministério da Saúde em relação a parâmetros de potabilidade da água em relação às análises microbiológicas avaliando a presença de microrganismos dos grupos coliformes totais e termotolerantes.

Como mencionado anteriormente, os valores apresentados para o pH nos dois anos na cidade de Redenção, vão de 6,25 a 7,39 nos anos de 2018 e 2019, enquanto que a referida resolução prevê para essa variável valores entre 6 e 9. Dessa forma, denota-se que em relação ao pH, as amostras estudadas nos distintos anos apresentaram conformidades ao valor máximo permitido para sua classificação.

Pela legislação prevista na resolução nº 396 de 2008 do CONAMA, o valor máximo permitido de sólidos totais dissolvidos (STD) para amostras de classe 1, é 500 mg L⁻¹, ou seja, o máximo permitido em CE trata-se de 1000 µS cm⁻¹.

Dessa forma, conforme mostrado anteriormente, observa-se que na cidade de Redenção os valores estão na faixa de 236 – 451,670 µS cm⁻¹ nos anos de 2018 e 2019.

Em Acarape, os dados para o mesmo parâmetro, vão de 380 – 773 $\mu\text{S cm}^{-1}$ nos mesmos períodos estudados.

Concordando com o que foi discutido antes, observa-se que resultados destinados as análises dos sólidos totais dissolvidos (STD) em ambos os municípios estiveram abaixo do valor máximo permitido para este parâmetro, ou seja, seus valores estiveram abaixo de 500 mg L^{-1} . Em Redenção, esses valores estiveram em uma faixa de 118 a 226 mg L^{-1} nos dois anos de acompanhamento. Enquanto que na cidade vizinha, esses resultados estiveram entre 190 a 387 mg L^{-1} nos mesmos anos.

Para as determinações do oxigênio dissolvido, observa-se bons resultados quando comparado a mesma resolução. O CONAMA determina para esse parâmetro, valores iguais ou superiores a 6 mg L^{-1} de O_2 dissolvido em águas doces de classe I. Analisando os dados dispostos na Tabela 3 observa-se que esses valores estiveram superiores a 6 mg L^{-1} na cidade de Redenção nos anos de 2018 e 2019, com uma faixa de 6,1 a 14,72 mg L^{-1} . Em Acarape destaca-se a existência de um valor inferior ao que é sugerido no mês de abril do ano de 2018. Porém, observa-se que no mesmo mês do ano seguinte, esse valor sofreu um acréscimo. Sendo assim, no município de Acarape, valores quanto à concentração de O_2 dissolvido vão de 5,97 a 20,53 nos dois anos estudados.

Fortes chuvas também resultam em valores acentuados desse parâmetro, uma vez que a enxurrada carrega consigo sedimentos das margens. Como observado nos dados apresentados acima, os maiores valores em FTU dão conta das primeiras análises, datadas nos meses de abril a junho, que é período chuvoso na região estudada, justificando tal comportamento nos resultados.

A partir dos resultados obtidos para a turbidez nos dois anos e nas duas cidades estudadas, observa-se que a faixa de valores para esse parâmetro na cidade de Redenção vai de 0,9 – 41,15 FTU, enquanto que na cidade vizinha, Acarape, os valores foram mais deslocados, que vai de 0,59 – 42,5 FTU. Entende-se que intensas chuvas acentuam valores para esse parâmetro, uma vez que a enxurrada carrega consigo sedimentos das margens. Como observado nos dados apresentados acima, os maiores valores em FTU dão conta das análises realizadas no meses iniciais de cada ano, que é período chuvoso na região estudada, justificando tal comportamento nos resultados.

A resolução do CONAMA nº 357 de 2005, prevê para esse parâmetro até 40 unidades nefelométrica de turbidez (UNT) que corresponde aos mesmos valores em FTU. Portanto, classifica-se que as amostras estudadas se encontram em conformidade com o que descreve a legislação para águas de classe 1.

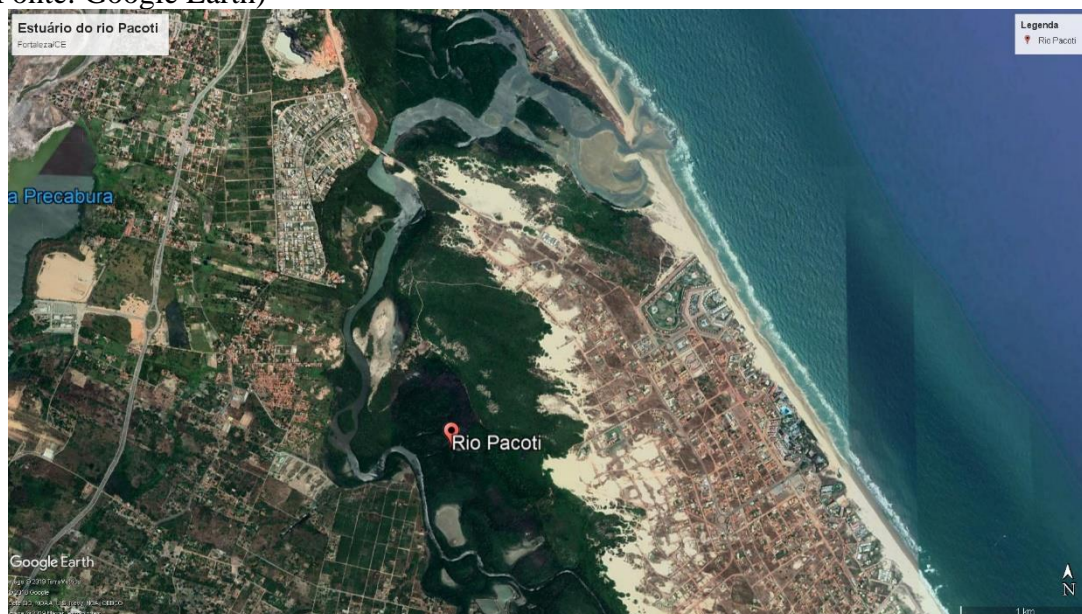
Em relação as concentrações de fósforo total, a referida resolução descreve que para águas doces de classe I em ambientes lóticos, ou seja, localizações de intenso movimento em curso da água, quantidades que não excedam $0,1 \text{ mg L}^{-1} \text{ P}$.

Dessa forma, observa-se no ano de 2019 valores que apresentam uma faixa de $0,0036$ a $0,0067 \text{ mg L}^{-1} \text{ P}$ na cidade de Redenção e $0,0064$ a $0,01 \text{ mg L}^{-1}$ em Acarape, sendo correto mencionar que em relação a legislação que rege teores de fósforo para tal classificação de água doce, o rio Pacoti encontra-se em conformidade quanto a tais concentrações.

A portaria nº 2914 de 2011 do Ministério da Saúde, em seu artigo 27 descreve que água considerável potável deve estar em conformidade com padrões microbiológicos. Ou seja, deve estar ausente de qualquer proporção desses microrganismos em 100 mL de amostra em métodos presuntivos. A partir disso, salienta-se que apresentando valores máximos para a presença de patógenos do grupo coliformes totais e termotolerantes em ambas as cidades, esses valores são indicativos de contaminação urbana de origem fecal, possivelmente, pelo despejo de efluentes oriundos do esgoto doméstico da população das duas cidades estudadas.

Outro estudo comparativo estabelece relação entre valores observados experimentalmente nas duas cidades que compõem a macrorregião do Maciço de Baturité e uma pesquisa realizada no estuário do rio Pacoti na região metropolitana de Fortaleza, próximo a capital do estado do Ceará, sendo o destino final de percurso do rio.

Figura 9. Localização do estuário do rio Pacoti na região metropolitana de Fortaleza (Fonte: Google Earth)



O estudo mencionado intitula-se “Análise ambiental do estado de conservação do baixo curso do rio Pacoti – Ceará” (FIUZA; LEHUGEUR; QUEIROZ, 2010) em que avalia parâmetros físicos, químicos e a presença de coliformes termotolerantes. As análises foram realizadas em maio de 2004 e abril de 2005 a partir da aquisição de amostras em três pontos distintos.

Vale ressaltar a importância de comparar os dados obtidos na macrorregião do Maciço de Baturité com os que são apresentados na Tabela 5 abaixo. Primeiro pela representação do mesmo objeto de estudo desta pesquisa, além do que, os valores obtidos no estuário do rio Pacoti caracterizar o estado do mesmo ao final do seu percurso, após sua passagem pelas cidades que compõem o Maciço de Baturité e região metropolitana de Fortaleza.

Dessa forma, a Tabela 5, apresenta resultados de análises físico-químicas realizadas nos anos de 2004 e 2005 que são comuns aos anos de 2018 e 2019, como é mostrado abaixo:

Tabela 7. Resultado de análises físico-químicas realizadas no estuário do rio Pacoti.

Parâmetros	1ª coleta (Maio/2004)			2ª coleta (Abril/2005)		
	P1	P2	P3	P1	P2	P3
Fósforo (mg L ⁻¹)	ND	0,006	0,697	ND	ND	1,78
pH	8,27	7,84	9,38	8,64	8,69	9,76
Dureza (mg L ⁻¹)	3704	380	308	7650	2150	140
Condutividade (µS cm ⁻¹)	30700	278	149	53,6	18,3	1,8
DQO (mg L ⁻¹)	49	30,25	24	1350	260	87
OD (mg L ⁻¹)	0,840	0,307	0,481	5,4	7,4	7,6
Turbidez (NTU)	17	45	28	7,9	34	29
C. Termotolerantes (NMP)	6950	22470	75550	2310	155307	8130

Fonte: FIUZA; LEHUGEUR; QUEIROZ (2010)

Pelos dados da tabela acima, infere-se que alguns dos parâmetros que se destacaram em relação aos dados obtidos nas análises realizadas nas cidades de Redenção e Acarape nos anos de 2018 e 2019. Alguns desses são: fósforo total, pH, dureza, e OD. Em alguns pontos, valores para DQO e condutividade mostram-se superiores aos resultados obtidos nesta pesquisa.

Dessa forma, é correto afirmar que embora haja certa diferenciação quando comparado os pontos de amostragens das cidades de Redenção e Acarape, essas apresentam resultados importantes quanto a qualidade das águas que percorrem os dois municípios, havendo influência das principais atividades promovidas pelas suas populações, em especial caso, o despejo de esgoto doméstico, justificado principalmente pela não existência ou ineficiência de saneamento básico. Sendo assim, constata-se que a partir do estudo dos parâmetros propostos, as amostras analisadas tiveram bons resultados quando comparado com dados de 2004 e 2005 do estuário do rio Pacoti.

5.3. Cartilha proposta como ferramenta de ensino

A partir dos dados obtidos em análises de parâmetros físico-químicos e microbiológicos de qualidade das águas do rio Pacoti na macrorregião do Maciço de Baturité compreendendo trechos antes de sua passagem na cidade de Redenção e após o município de Acarape, foi desenvolvido uma cartilha educativa como ferramenta de ensino, para que sirva de aporte teórico em aulas de químicas dando enfoque a educação ambiental.

A intenção de desenvolver o referido material, parte da necessidade de acrescentar ao cotidiano das escolas localizadas no Maciço de Baturité, informações e dados que tenham proximidade com as vivências de seus alunos, bem como a promoção e divulgação das atuais características do rio Pacoti quando aos valores que apontem sua qualidade, uma vez que tal recurso é a principal fonte de abastecimento das comunidades a compõem a macrorregião.

Dessa forma, compreende-se a importância da contextualização de conteúdos que são desenvolvidos e abordados em sala de aula, como parte do processo de construção de ensino-aprendizagem e sua eficiência. Defende-se uma escola, um ensino e uma aprendizagem centrados em saberes contextualizados, alternativos aos conhecimentos acadêmicos que se apresentavam como os principais objetivos da escola tradicional (FESTAS, 2015).

O material desenvolvido conta com capa, página de exposição da temática, página de apresentação das localizações dos pontos de amostragem, seguido da exploração dos parâmetros de análise quanto às suas respectivas definições e valores observados ao longo dos dois anos de estudo nas cidades de Redenção e Acarape. A cartilha intitulada “Qualidade da água: conhecendo o rio Pacoti a fundo” é mostrada no Apêndice A.

Partindo da premissa de que as informações contidas na cartilha relacionassem com os conteúdos de química do ensino médio, analisou-se o três volumes do livro didático de maior uso em escolas das cidades de Redenção e Acarape a fim de estabelecer relações entre os parâmetros físico-químicos com as temáticas abordadas nas três séries. Observou-se predominância de abordagem das variáveis estudadas nesta pesquisa nos volumes destinados aos 1º e 2º anos do ensino médio, uma vez que aos 3º anos é proposto o estudo da química do carbono, ou seja, a química orgânica, seus compostos, estruturas e principais reações.

A Tabela 6 apresenta relações entre as informações contidas na cartilha e os principais conteúdos a serem trabalhados em sala de aula, observados, segundo os três volumes livro didático de química da coleção Ser Protagonista da editora SM, 3ª ed.

Tabela 8. Informações contidas na cartilha desenvolvida em relação aos principais assuntos estudados no Ensino Médio.

Informação contida na Cartilha	Assunto do livro didático
Temperatura	Volume 1: Cap. 2 Unidades de medida e propriedades da matéria; Volume 2: Cap. 5 Fatores que afetam a rapidez das transformações químicas.
Condutividade	Volume 2: Cap. 12 Eletrólise: energia elétrica gerando transformações químicas
Turbidez	Volume 2: Cap. 1 Dispersões: coloides, suspensões e soluções.
Sólidos Totais Dissolvidos (STD)	Volume 2: Cap. 1 Dispersões: coloides, suspensões e soluções.
pH	Volume 2: Cap. 7 Equilíbrio em sistemas aquosos e o pH de soluções; Cap. 8 A força dos ácidos e das bases e a hidrólise dos sais.
Dureza	Volume 1: Funções da química inorgânica.
Oxigênio Dissolvido (OD)	Volume 2: Cap. 10 Oxidação em metais: produção de energia e corrosão.
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	Volume 1: Cap. 10 Reações Químicas; Volume 2: Cap. 10 Oxidação em metais: produção de energia e corrosão.
Fósforo Total	Volume 1: Cap. 10 Reações Químicas.

Fonte: Autor (2019)

Como já apontado, o presente estudo atentou também para a descrição de informações de composição do material desenvolvido com as principais temáticas trabalhadas nos três anos do ensino médio. A partir da observação da Tabela 6, é correto afirmar maior concentração desses assuntos nas duas primeiras séries. Dessa forma, destaca-se a aproximação da cartilha proposta com assuntos recorrentes e ao cotidiano escolar, podendo essa ser utilizada como instrumento facilitador para o ensino de química dedicando uma abordagem à Educação Ambiental a partir do estudo da qualidade das águas do rio Pacoti.

6. CONCLUSÃO

A partir de tudo que foi discutido anteriormente, conclui-se que após realização das análises dos parâmetros físico-químicos do rio Pacoti, comparando os anos de 2018 e 2019 em duas localizações de amostragem, nas cidades de Redenção e Acarape, os valores obtidos demonstraram-se em conformidade quanto ao que prevê a resolução nº 357 de 2005 do CONAMA e dados referentes a estudos realizados no estuário do rio Pacoti na região metropolitana de Fortaleza, apresentando números menores em relação à referente pesquisa.

Por outro lado, quando aplicado o PCA como diagnóstico e tratamento dos dados obtidos, observa forte influência de parâmetros como condutividade, STD, dureza, OD, DQO, temperatura e fósforo total, tendo valores superiores na localização de amostragem no município de Acarape, assumindo efeitos da ação antrópica das populações das duas cidades contribuindo para tal caracterização do rio Pacoti. Outra colocação que se faz, refere-se aos resultados do teste presuntivo quanto à presença de microrganismos do grupo coliformes totais e termotolerantes, onde esses apresentaram valores máximos em amostras de estudo, uma vez que a portaria nº 2914 de 2011 do Ministério da Saúde induz como água não potável aquela que apresentar qualquer proporção desse grupo de microrganismos em 100 mL de amostra.

Por fim, destaca-se a eficiência em propor uma metodologia que seja aplicada ao ensino de química com enfoque na educação ambiental a partir do estudo dos referidos parâmetros, podendo esses ser relacionados com conteúdos abordados em sala de aula e que compõem o cotidiano escolar a partir de informações e dados descritos na cartilha educativa desenvolvida intitulada como “Qualidade da água: conhecendo o rio Pacoti a fundo”.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, O. Á. D.; **Qualidade da água de irrigação**. – Dados eletrônicos. – Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010.

ALPHA (1998). **Standard Methods for the examination of water and wastewater**. American Republic Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation, 20th ed. Washington.

ALVES, Célia. **Tratamento de águas de abastecimento**. 3. ed. Porto: Publindústria, 2010.

ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL. DECRETO Nº 25.778, de 15 de fevereiro de 2000. Disponível em: <<https://www.semace.ce.gov.br/2010/12/08/area-de-protecao-ambiental-do-rio-pacoti/>>. Data de acesso: 22/04/2019.

ÁVILA, Francisco José Capibaribe. **Modelo de conservação da Área de Proteção Ambiental do baixo rio Pacoti, Ceará**. 2005. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente - PORDEMA) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2005.

BETTEGA, Janine Maria Pereira Ramos et al. **Métodos analíticos no controle microbiológico da água para consumo humano**. Ciência e Agrotecnologia, [S. l.], 2006. 30(5): 950-4.

BORTOLI, Jaqueline De. **Qualidade físico-química e microbiológica da água utilizada para consumo humano e dessedentação animal em propriedades rurais produtoras de leite na região do Vale do Taquari/RS**. 2016. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Desenvolvimento) - Centro Universitário UNIVATES, Lajeado, 2016.

CRISPIM, Andrea Bezerra. **Sistemas ambientais e vulnerabilidades ao uso da terra no vale do rio Pacoti - CE: subsídios ao ordenamento territorial**. 2011. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Geografia) - Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2011.

COLI: Aquateste. Elisa Hizuru Uemura. Pinhais/PR: Laborclin Produtos para Laboratórios LTDA (2018).

CONAMA. RESOLUÇÃO Nº 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005, Publicada no DOU nº 053, de 18/03/2005, págs. 58-63. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

DELLAGIUSTÍNA, Antônio. **Determinação das concentrações de nitrogênio e fósforo dissolvidos em diferentes locais do rio Itajaí-Açu**. 2000. Dissertação (Mestrado em Química Analítica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

FESTAS, Maria Isabel Ferraz. **A aprendizagem contextualizada: análise dos seus fundamentos e práticas pedagógicas**. Educ. Pesqui., São Paulo, 7 set. 2015.

FIUZA, Ana Beatriz Jucá de Queiroz; LEHUGEUR, Loreci Gislaine de Oliveira; QUEIROZ, Bruno Jucá. **Análise ambiental do estado de conservação do baixo curso do rio Pacoti – Ceará**. Arquivos de Ciências do Mar, Fortaleza, 2010.

- GASPAROTTO, F. A. **Avaliação Ecotoxicológica e Microbiológica da água de nascentes urbanas no município de Piracicaba-SP.** Universidade de São Paulo. Piracicaba, p. 90. 2011.
- GONÇALVES, E. M. **Avaliação da Qualidade da água do Rio Uberabinha Uberlândia – MG.** 2009. 159 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2009.
- GIDDENS, M. **A terceira via: reflexões sobre o impasse político atual e o futuro da social-democracia.** Rio de Janeiro: Record, 1999.
- LENZI, Ervim; FAVERO, Luzia Otilia Bortotti; LUCHESE, Eduardo Bernardi. **Introdução à Química da Atmosfera - Ciência, Vida e Sobrevivência.** [S. l.]: Grupo GEN, 2008.
- LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água.** Campinas: Átomo, 2008.
- LIMA, Gustavo Ferreira da Costa. **Educação ambiental: repensando o espaço da cidadania.** 5 ed. – São Paulo: Cortez, 2011.
- LOUREIRO, Carlos Frederico Bernardo; LAYRARGUES, Philippe Pomier; CASTRO, Ronaldo Souza (Org). **Educação ambiental: repensando o espaço da cidadania.** 5 ed. – São Paulo: Cortez, 2011.
- MAGALHÃES, A. O. **Análise Ambiental do Alto Curso da Microbacia do Rio Batateira no Município de Crato/CE:** Subsídios ao Zoneamento Ecológico-Econômico. (Dissertação de Mestrado). UFC, 2006.
- MICHELINA, A.F; BRONHAROA, T.M; DARÉB; F; PONSANOC, E. H. G. **Qualidade microbiológica de águas de sistemas de abastecimento público da região de Araçatuba, SP.** Revista Higiene Alimentar 2006; 20(147): 90-95.
- 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.
- MUNIZ, J.M. **Avaliação microbiológica, física e química da água de escolas públicas municipais de Uberaba-MG.** Uberaba, 2013. 141 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro.
- PENHA, João Gualberto. **Determinação dos limites de detecção e de quantificação para análise de elementos-traço em amostras ambientais por espectrofotometria de absorção atômica.** 2017. 109 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação do Mestrado Profissional em Tecnologias e Inovações Ambientais) - Universidade Federal de Lavras, LAVRAS – MG, 2017.
- PEREIRA, Flávio José. **Qualidade físico-química da água do rio Mathias Almada na cidade de Foz do Iguaçu após estação de tratamento de esgoto – ETE 8.** 2013. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental em Municípios) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2013.
- PIVELI, P. D. R. P. Aula 10 - **Oxigênio Dissolvido e Matéria Orgânico em Águas.** [S.l.], p. 12. 2010.

RUA, Emílio R; SOUZA, Paulo Sergio Alves. **Educação ambiental em uma abordagem interdisciplinar e contextualizada por meio das disciplinas química e estudos regionais.** Química nova nas escolas. Vol. 32, N° 2 , maio de 2010.

RUSCHEINSKY, Aloísio (Org.). **Educação ambiental: abordagens múltiplas.** 2 ed., rev. e ampl. – Porto Alegre: Penso Editora Ltda., 2012.

SANTOS, F.A.A., Água: questão de sobrevivência, in: Economia Rural jan/mar, Viçosa –Minas Gerais, 2002.

SANTOS, J. A; SILVA, J. X; REZENDE, A. J. **Avaliação Microbiológica de Coliformes Totais e Termotolerantes em Água e Bebedouros de Uma Escola Pública no Gama - Distrito Federal.** REVISIA. 2014. (1):11-8

SCURACCHIO, P.A. **Qualidade da água utilizada para consumo em escolas no município de São Carlos-SP.** Araraquara, 2010. 59 f. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

SECO, B. M. S; BURGOS, T.N; PELAYO, J. S. **Avaliação bacteriológica das águas de bebedouros do campus da Universidade Estadual de Londrina –PR.** Semina cienc. biol. saúde. 2012; 33(2):193-200

SILVA, F. V. A; NASCIMENTO, L. W. D. S. **Poluição das águas: Caso do rio Pacoti.** Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia. Fortaleza, 2015.

SILVA, Juliana Batista. **Estudo da situação atual da qualidade da água do açude de São Gonçalo – PB.** Orientador: Prof. Dr. Luciano Leal De Moraes Sales. 2015. 58 f. Monografia (Licenciatura em Geografia) - Universidade Federal de Campina Grande, CAJAZEIRAS – PB, 2015.

SOUZA, Patricia Alexandre; MELLO, William Zamboni; MALDONADO, Juan. **Composição química da chuva e aporte atmosférico na Ilha Grande.** Quim. Nova, RJ, ano 2006, v. 29, n. 3, p. 471-476, 16 fev. 2006.

SOUZA, I.S.; SILVA, P.A. **Geochemical and ecotoxicological evaluation of an estuarine sediment section at Pacoti river/CE, Brazil.** Holos, 32 (7), 151 – 170, 2016.

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

WILSON, P. C. Water Quality Notes: *Alkalinity and Hardness.* University of Florida. EUA, 2010

APENDICE A



OLÁ, LEITOR!

Você já parou para pensar no quanto as atividades exercidas no nosso cotidiano impactam diretamente no funcionamento e características do nosso planeta? E se toda a água destinado ao consumo humano acabasse? E se o solo tornasse tão infértil de forma a não haver mais produção de alimentos que possam chegar a nossa mesa?

O crescimento populacional nas grandes metrópoles, bem como em cidades mais afastadas, tem contribuindo para uma crescente e desenfreada degradação de recursos naturais dispostos no meio ambiente. A água, por exemplo, ainda que um bem amplamente disposto no nosso ambiente natural, encontra-se como foco das preocupações e atenções ao que diz respeito à questão ambiental, uma vez que tal recurso destinado ao consumo humano é representado por uma mínima fração do todo existente.

Dessa forma, o objetivo desta cartilha é apresentar e divulgar dados de caracterização do rio Pacoti na macrorregião do Maciço de Baturite/CE a partir de parâmetros físico-químicos e microbiológicos, comparando com valores de referência do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), envolvendo essa temática em sala de aula em disciplinas de Educação Ambiental e Química.

Boa leitura!





PONTOS DE AMOSTRAGEM

A coleta da água analisada se deu em dois pontos distintos: um primeiro antes da passagem do rio na cidade de Redenção e outro após sua passagem na cidade de Acarape. Realizadas nos anos de 2018 e 2019, foi observado também o comportamento do rio Pacoti em período chuvoso e período seco.

Parâmetros de análise da qualidade da água do rio Pacoti

Parâmetros físicos

1. Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)
2. Condutividade ($\mu\text{s cm}^{-1}$)
3. Turbidez (FTU)
4. Sólidos Totais Dissolvidos - STD (mg L^{-1})

Parâmetros químicos

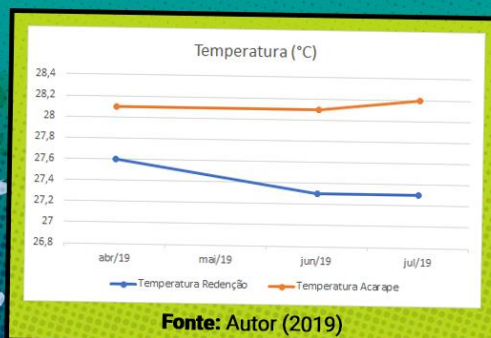
1. pH
2. Oxigênio Dissolvido (mg L^{-1})
3. Demanda Química de Oxigênio (mg L^{-1})
4. Fósforo Total (mg L^{-1})

Parâmetros microbiológicos

1. Coliformes totais
2. *Escherichia coli*

TEMPERATURA

A temperatura, quanto a um parâmetro físico, é definida como a medida da intensidade de calor, podendo ser determinada em grau Celsius ($^{\circ}\text{C}$), por exemplo. Elevações da temperatura aumentam a taxa das reações físicas, químicas e biológicas (na faixa usual de temperatura), diminuem a solubilidade de gases (Ex: oxigênio dissolvido) e também aumentam a taxa de transferência de gases (o que pode gerar mau cheiro, no caso da liberação de gases com odores desagradáveis) (SPERLING, 2005).



A resolução nº 357 de 2005 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) não prevê dados de referência para esse parâmetro. Porém, devido a sua influência para a ocorrência de reações físicas, químicas e biológicas, entende-se que valores para temperatura não excedam 40°C .

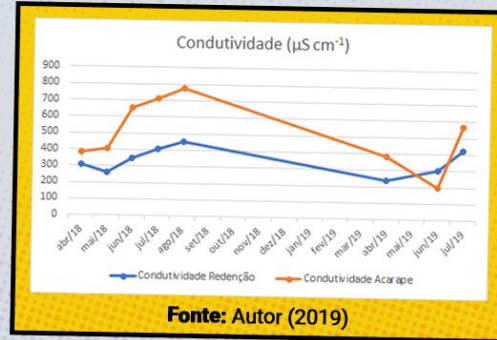
CONDUTIVIDADE

A condutividade elétrica determina a capacidade de uma solução aquosa em conduzir corrente elétrica, estando esse parâmetro diretamente relacionado à concentração e presença de íons dissolvidos, principalmente os de caráter inorgânico. À medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados, a condutividade da água se eleva, valores altos podem indicar características corrosivas da água (ALVES, 2010).

"No Sistema Internacional de Unidades (S.I.), a condutividade elétrica pode ser expressa por microSiemens por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$)".

A resolução nº 357 de 2005 Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) prevê para esse parâmetro valores até $1000 \mu\text{S cm}^{-1}$ para águas doces de classe I.

✓ Parâmetro de qualidade da água dentro do VMP (Valor Máximo Permitido).



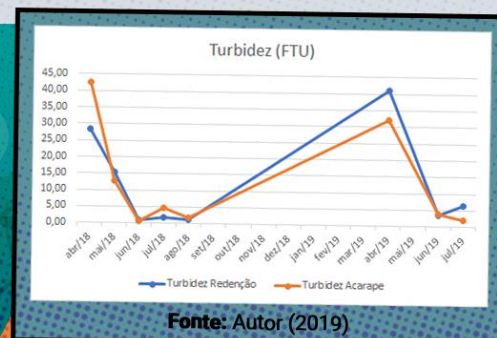
4

TURBIDEZ

A turbidez é o grau de atenuação de uma amostra de água de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessá-la devido presença de sólidos em suspensão como argila, areia e silte e também partículas orgânicas como plâncton, algas e bactérias (BORTOLI, 2016). A alta elevação desse parâmetro em águas superficiais, permite que partículas suspensas reflitam a luz solar, impossibilitando seu contato com os organismos aquáticos.

A resolução nº 357 de 2005 Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) prevê para esse parâmetro valores até 40 FTU para águas doces de classe I.

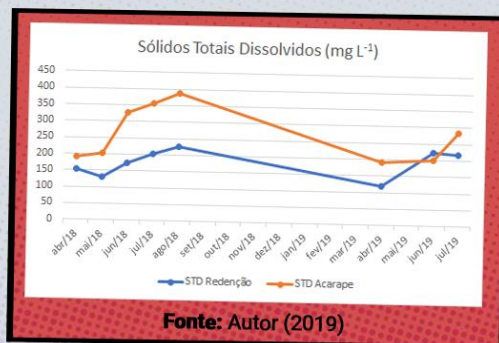
✓ Parâmetro de qualidade da água dentro do VMP (Valor Máximo Permitido).



5

SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS

A turbidez é o grau de atenuação de uma amostra de água de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessá-la devido presença de sólidos em suspensão como argila, areia e silte e também partículas orgânicas como plâncton, algas e bactérias (BORTOLI, 2016). A alta elevação desse parâmetro em águas superficiais, permite que partículas suspensas reflitam a luz solar, impossibilitando seu contato com os organismos aquáticos.



A resolução nº 357 de 2005 Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) prevê para esse parâmetro valores até 500 mg L⁻¹ para águas doces de classe I.

✓ Parâmetro de qualidade da água dentro do VMP (Valor Máximo Permitido).

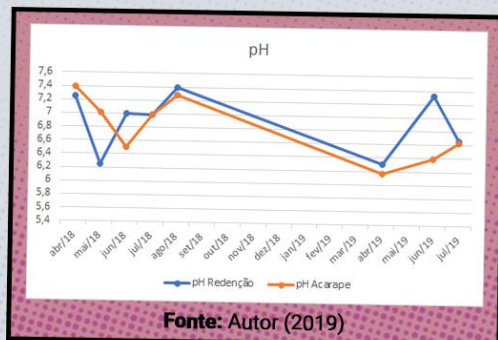


Fonte: freepik.com

6

PADRÃO HIDROGENIÔNICO

O pH ou o Padrão Hidrogeniônico expressa a intensidade das condições ácidas ou básicas em meios líquidos, medindo a concentração de íons H⁺. O pH pode variar em uma faixa de 1 a 14. Quando em amostras de água, por exemplo, seu valor for inferior a 7, indica uma substância ácida. Neutra quando seu valor fixar-se em 7, enquanto que quando superior a esse número, trata-se de uma amostra com caráter básico.



A resolução nº 357 de 2005 Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) prevê para esse parâmetro valores entre 6 e 9 para águas doces de classe I.

✓ Parâmetro de qualidade da água dentro do VMP (Valor Máximo Permitido).

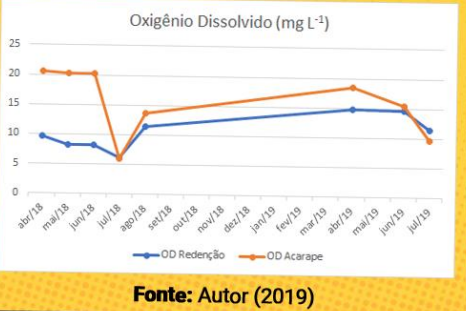


7

Fonte: freepik.com

OXIGÊNIO DISSOLVIDO

O Oxigênio Dissolvido expressa a concentração de oxigênio molecular (O_2) dissolvido em água, e sua quantidade em corpos hídricos sofre influência da pressão atmosférica, atividades biológicas, temperatura, intensidade do movimento hídrico, assim como a atividade humana, por meio do descarte inadequado de resíduos e efluentes em rios. Atividades fotossintéticas das algas também são indicativos para a presença do oxigênio molecular dissolvido.



A resolução nº 357 de 2005 Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) prevê para esse parâmetro valores entre 6 e 9 para águas doces de classe I.

✓ Parâmetro de qualidade da água dentro do VMP (Valor Máximo Permitido).

Fonte: freepik.com

8

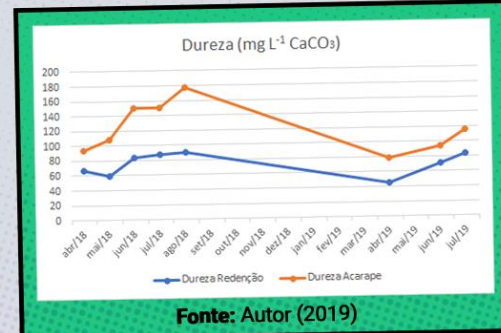
DUREZA

A dureza total, quanto parâmetro químico de determinação da qualidade de água, é expressado em quantidade equivalente de $CaCO_3$. Determinadas concentrações de dureza podem ocasionar sabor desagradável à água, provocar efeitos laxativos, reduzir a formação de espumas, o que leva a um gasto maior de sabão e causar incrustações em tubulações de água quente (SPERLING, 2005).

Classificação	$CaCO_3$ equivalente em $mg L^{-1}$
Mole	< 75 $mg L^{-1} CaCO_3$
Moderada	Entre 75 e 150 $mg L^{-1} CaCO_3$
Dura	Entre 150 e 300 $mg L^{-1} CaCO_3$
Muito dura	> 300 $mg L^{-1} CaCO_3$

Fonte: Wilson (2010)

De acordo com Wilson (2010), a depender do período do ano estudado, a qualidade das águas do rio Pacoti a partir dos trechos estudados, classifica-se como mole, moderada e dura.

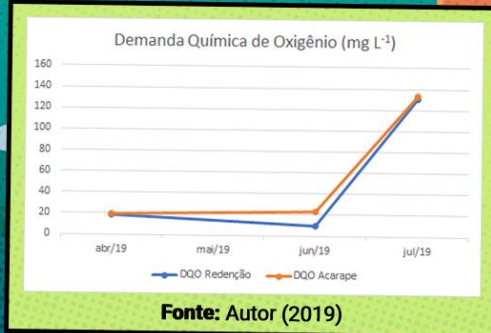


9

DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO

A Demanda Química de Oxigênio (DQO), é um parâmetro químico, que pode determinar a qualidade da água a partir da quantificação de oxigênio consumido por substâncias e matéria orgânica ou minerais presentes em amostras de água ou esgoto, que oxidam-se sob condições definidas.

A resolução nº 357 de 2005 Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) não prevê valores de DQO para águas doces de classe I. Mas entende-se que este valor está muito relacionado ao índice de poluição urbana. Dessa forma, esses resultados são positivos para tal constatação, sendo ocasionado principalmente pelo despejo de efluente em corpos hídricos.



Fonte: freepik.com

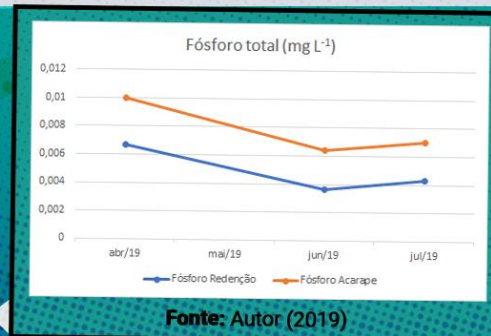
10

FÓSFORO TOTAL

O fósforo é um nutriente essencial, portanto, participa do ciclo biológico do corpo d'água. Promove o crescimento das algas e das bactérias que estabilizam a matéria orgânica, sendo, portanto, um fator limitante no crescimento das mesmas. Altas concentrações deste elemento causam a eutrofização dos recursos hídricos (LENZI, 2008).

A resolução nº 357 de 2005 Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) prevê para esse parâmetro valores até $0,1 \text{ mg L}^{-1}$ para águas doces de classe I para ambientes lóticos.

✓ Parâmetro de qualidade da água dentro do VMP (Valor Máximo Permitido).

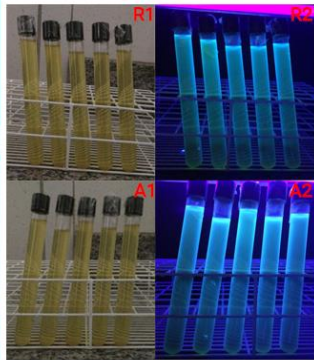


Fonte: freepik.com

11

COLIFORMES TOTAIS E *ESCHERICHIA COLI*

A contaminação por matéria fecal pode ocorrer durante a distribuição de águas do sistema de abastecimento, tornando-se veículo de microrganismos patogênicos, exigindo uma importância maior durante esse processo (SECO, 2012). Categoricamente, os tipos mais comuns de patógenos associados a esses tipos de enfermidades são os coliformes totais e os termotolerantes (*Escherichia coli*), onde ambos podem estar presentes no trato gastrointestinal humano e animal, solo e na água.



Fonte: Autor

A portaria nº 2.914 de 2011 do Ministério da saúde estabelece que água de consumo humano deve estar em conformidade com padrão microbiológico. Ou seja, deve haver a ausência desses microrganismos patogênicos em 100 mL de amostra de estudo.

Nas figuras ao lado, observa-se desenvolvimento de cor amarelada nas amostras de Redenção e Acarape (R1 e A1) indicando crescimento para Coliformes Totais, enquanto que a fluorescência nas figuras R2 e A2 é positivo para *Escherichia coli*.

Fonte: freepik.com

12

REFERÊNCIAS

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

ALVES, Célia. Tratamento de águas de abastecimento. 3. ed. Porto: Publindústria, 2010.

BORTOLI, Jaqueline De. QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA UTILIZADA PARA CONSUMO HUMANO E DESSEDENTAÇÃO ANIMAL EM PROPRIEDADES RURAIS PRODUTORAS DE LEITE NA REGIÃO DO VALE DO TAQUARI/RS. 2016. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Desenvolvimento) - Centro Universitário UNIVATES, Lajeado, 2016.

LENZI, Ervim; FAVERO, Luzia Otilia Bortotti; LUCHESE, Eduardo Bernardi. Introdução à Química da Atmosfera - Ciência, Vida e Sobrevivência. [S. l.]: Grupo GEN, 2008.