



Cotinguiba: Águas e Educação

Antenor de Oliveira Aguiar Netto
Patricia Rosalba Salvador Moura Costa
Thadeu Ismerim Silva Santos
Organizadores

VOLUME 1



Criação Editora

COTINGUIBA: ÁGUAS E EDUCAÇÃO

Organizadores

**Antenor de Oliveira Aguiar Netto
Patricia Rosalba Salvador Moura Costa
Thadeu Ismerim Silva Santos**

ISBN

978-85-8413-345-1

**EDITORA CRIAÇÃO
CONSELHO EDITORIAL**

**Ana Maria de Menezes
Christina Bielinski Ramalho
Fábio Alves dos Santos
Jorge Carvalho do Nascimento
José Afonso do Nascimento
José Eduardo Franco
José Rodorval Ramalho
Justino Alves Lima
Luiz Eduardo Oliveira
Martin Hadsell do Nascimento
Rita de Cácia Santos Souza**

Cotinguiba: Águas e Educação



Antenor de Oliveira Aguiar Netto
Patricia Rosalba Salvador Moura Costa
Thadeu Ismerim Silva Santos

ORGANIZADORES



Criação Editora
Aracaju | 2023

Copyright 2023 by
Antenor de Oliveira Aguiar Netto
Patricia Rosalba Salvador Moura Costa
Thadeu Ismerim Silva Santos

Grafia atualizada segundo acordo ortográfico da
Língua Portuguesa, em vigor no Brasil desde 2009.

Projeto gráfico
Adilma Menezes

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Tuxped Serviços Editoriais (São Paulo, SP)
Ficha catalográfica elaborada pelo bibliotecário Pedro Anizio Gomes - CRB-8 8846

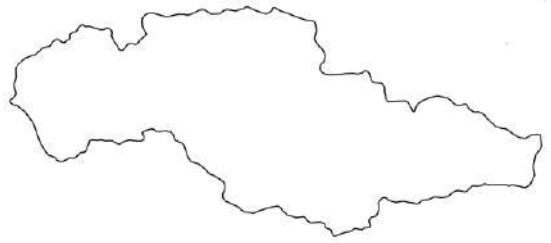
A283c Aguiar Netto, Antenor de Oliveira; Costa, Patricia Rosalba Salvador Moura; Santos, Thadeu Ismerim Silva (org.).
Cotinguiba: Águas e Educação – Volume 1 / Organizadores: Antenor de Oliveira Aguiar Netto, Patricia Rosalba Salvador Moura Costa e Thadeu Ismerim Silva Santos. -- 1. ed. – Aracaju, SE : Criação Editora, 2023.
204 p.; il. tabs.; quadros; fotografia.
Inclui bibliografia.
ISBN 978-85-8413-345-1

1. Educação Ambiental. 2. Hidrografia. 3. Sustentabilidade.
I. Título. II. Assunto. III. Organizadores.

CDD 577:372.357
CDU 504.06:37

ÍNDICE PARA CATÁLOGO SISTEMÁTICO

1. Meio Ambiente: educação ambiental.
2. Proteção ao meio ambiente e educação.



APRESENTAÇÃO

Após a tomada do território do atual estado de Sergipe pelos portugueses no final do século XVI, começaram as doações de sesmarias para fins de produção agropecuária. A partir de 1603, “a colonização prosperou, dirigindo-se para o fertilíssimo vale do Cotinguiba, onde fizeram-se quatorze doações e onde iria prosperar a lavoura da cana”¹.

Atualmente, no início do século XXI, o vale do Cotinguiba ainda é local de plantio da cana-de-açúcar, para fins de produção de álcool e açúcar. Nesse cenário se destaca, a histórica cidade de Laranjeiras, berço de belas manifestações culturais, artísticas e históricas que retratam a tradição dos povos que ali vivem.

Este livro, composto de três volumes, agrega 31 capítulos que são oriundos de monografias defendidas para fins de conclusão da especialização em Recurso Hídricos e Meio Ambiente, ofertada pelo Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos da Universidade Federal de Sergipe. Esse curso, concluído em 2022, foi ofertado gratuitamente e direcionado para professores da rede básica de ensino de Sergipe, com significativo apoio do projeto Azahar: Flor de Laranjeiras, realizado pela UFS com patrocínio da Petrobras.

Essa obra coletiva, que possui a colaboração de 65 autoras/es, inicia o primeiro volume com capítulos que tratam de aspectos físicos da bacia hidrográfi-

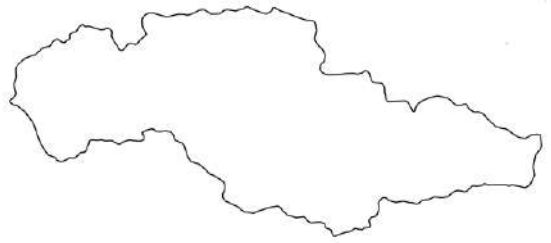
¹ FREIRE, F. F. O. *História de Sergipe*. 3 ed. São Cristóvão: EDUFS; Aracaju: IHGSE, 2013. p. 120



ca do rio Cotinguiba, com destaque para suas águas e matas. O segundo volume apresenta em seu bojo, artigos que tratam da cultura da região em destaque e, continua com textos sobre educação ambiental que se completam no terceiro volume com mais temas relacionados ao meio ambiente e a educação

Por fim, agradecemos a todas e todos que colaboraram para a escrita dos livros, que certamente, são obras que marcarão os estudos sobre a bacia hidrográfica do Cotinguiba. Convidamos as/os leitoras/es para apreciarem os três volumes; que usem para fins de lazer cultural ou fonte bibliográfica para futuros trabalhos de pesquisa sobre as águas formosas do rio Cotinguiba, bem como seu povo.

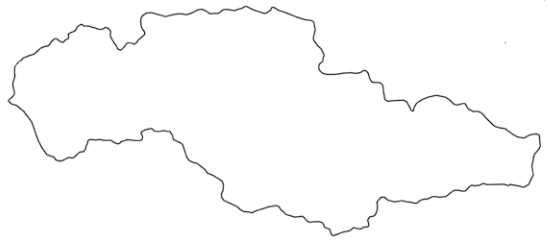









Sumário

- 9** CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DO RIO COTINGUIBA
José Carlos Benício do Nascimento Filho
Weslei Santos Almeida
Ezequiel Lealdo Soares Santos
Inajá Francisco de Sousa
Antenor de Oliveira Aguiar Netto
- 29** QUALIDADE DAS ÁGUAS DO RIO COTINGUIBA EM TRECHO URBANO- INDUSTRIAL DE LARANJEIRAS/SE
Adriana Souza Santos
Anderson de Carvalho Silva
Tatiana Menezes da Silva
- 53** MONITORAMENTO DA QUALIDADE DE ÁGUA NAS IMEDIAÇÕES DA USINA DE FERTILIZANTES À MARGEM DO RIO SERGIPE, LARANJEIRAS-SE
Lauro Roberto de Jesus Rosa
Carlos Alexandre Borges Garcia
Antenor de Oliveira Aguiar Netto
Sanmy Silveira Lima
- 69** ESTADO DE CONSERVAÇÃO DAS NASCENTES DO RIO COTINGUIBA NO MUNÍCIPIO DE AREIA BRANCA/SE
Rafaella Santana Santos
Ana Karolyne Fontes Andrade
Thadeu Ismerim Silva Santos
- 81** CARACTERIZAÇÃO FLORÍSTICA DE ÁREA DE VEGETAÇÃO CILIAR DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO COTINGUIBA, SERGIPE
Daniela Maria Andrade Santana
Isabela Santos Santana
Thadeu Ismerim Silva Santos

- 105 DIAGNÓSTICO DOS IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS DA CARCINICULTURA NO MANGUEZAL DO RIO COTINGUIBA – SE
Danielle Barros Santos
Edison Barbieri
Pedro Henrique Carvalho de Azevedo
Ricardo Carlos Ferreira Alves Santos
Thadeu Ismerim Silva Santos
- 129 DIAGNÓSTICO DA CARCINICULTURA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SERGIPE E POSSÍVEIS IMPACTOS AMBIENTAIS
Mônica Conceição de Santana
Ubirajara Rodrigues Xavier
Carlos Alexandre Borges Garcia
Helenice Leite Garcia
- 157 ENDEMIA HÍDRICA: PREVALÊNCIA DA ESQUISTOSSOMOSE MANSONI NO MUNICÍPIO DE LARANJEIRAS, SERGIPE, NO PERÍODO DE 2016 A 2020
Ítalo Fernando Lisboa de Melo
Luciene Barbosa
Ana Denise Santana de Oliveira
Antenor de Oliveira Aguiar Netto
- 173 ÍNDICE DE ANOMALIA DE CHUVAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SERGIPE NO AGRESTE CENTRAL SERGIPANO
Ketylen Vieira Santos
Ariovaldo Antônio Tadeu Lucas
Inajá Francisco de Sousa
Diego Bispo dos Santos Farias
- 187 BALANÇO HÍDRICO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO COTINGUIBA
Marize Santos Freitas
Ariovaldo Antônio Tadeu Lucas
- 199 SOBRE AUTORES



CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DO RIO COTINGUIBA

-  José Carlos Benicio do Nascimento Filho
-  Weslei Santos Almeida
-  Ezequiel Lealdo Soares Santos
-  Inajá Francisco de Sousa
-  Antenor de Oliveira Aguiar Netto

1. INTRODUÇÃO

Esse capítulo tem por objetivo realizar uma caracterização física da bacia hidrográfica do rio Cotinguiba, destacando os aspectos climáticos, geomorfológicos, geológicos, pedológicos e hidrográficos. Através disso, deseja-se fornecer um compilado técnico e teórico que sirva de base para o desenvolvimento de políticas públicas, tecnológicas e de educação de modo a promover a solução de problemas, a otimização de recursos e a garantia dos usos múltiplos da água, como preconiza a Política Nacional de Recursos Hídricos. Para tanto, foram utilizados dados georreferenciados obtidos de instituições municipais, estaduais e nacionais.

A bacia hidrográfica do rio Cotinguiba está localizada na região Sudeste da bacia hidrográfica do rio Sergipe e apresenta uma crescente urbanização. Esse processo de urbanização possui alta relação com alterações de uso do solo e impactos ambientais. De acordo com Yu (2021), a urbanização pode ser entendida como uma “espada de dois gumes”, por ser fomentadora da prosperidade econômica, mas também está ligada ao alto consumo de recursos e à deterioração do meio ambiente.



Quando a bacia é rural e possui cobertura vegetal, parte do escoamento é interceptado por essa cobertura, facilitando a infiltração da água no solo. No que lhe concerne, o escoamento em bacias urbanas, como a do rio Cotinguiba, é regido por atividades antrópicas que podem impermeabilizar a superfície (TUCCI, 1999). Esse mesmo autor destaca que modificações empreendidas pelo desenvolvimento urbano reduzem a infiltração local, aumentam o escoamento superficial, diminuem o nível do lençol freático (por falta de recarga) e reduzem o escoamento subterrâneo.

No estudo das características físicas da bacia, a componente geomorfológica, dentro de uma análise sistêmica, apresenta uma alta importância e sua representação em um mapa é um poderoso instrumento na espacialização desta componente da paisagem (SANTOS *et al.*, 2017). De acordo com Santos *et al.* (2017), esse tipo de mapa possibilita o entendimento da influência das formas de relevo na dinâmica dos processos locais.

A percepção das variabilidades espaciais das propriedades físicas e químicas associadas aos diferentes tipos de solos é essencial ao planejamento dos seus usos sustentáveis (WALL; NIELSEN, 2012 *apud* DEMATTÊ *et al.*, 2019). Conforme o tipo de solo encontrado em uma área, pode-se planejar um zoneamento que considere os impactos ambientais locais e a sustentabilidade dos usos atribuídos. Por esse motivo, a caracterização dos tipos de solos da bacia hidrográfica do rio Cotinguiba é um importante componente de sua caracterização física.

As precipitações pluviais em uma bacia impactam diretamente suas atividades sociais e econômicas e podem ser influenciadas por atividade antrópicas. As coberturas do solo urbano apresentam temperaturas superiores às de regiões rurais e podem criar ilhas de calor capazes de desequilibrar a dinâmica do ciclo hidrológico natural (LI *et al.*, 2021). Por esses motivos, a compreensão do comportamento espacial de variáveis climáticas é de sua importância para a gestão de uma bacia.

Com essa compreensão, a aplicação de técnicas de geoprocessamento pode ser diversificada, sendo a base para relacionamentos variados capazes de transformar dados em conhecimentos que contribuam para a tomada de

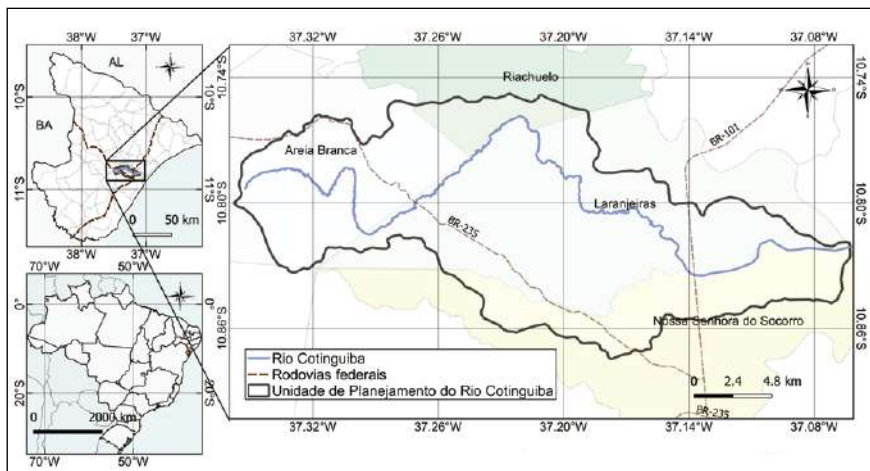


decisões (ZAIDAN, 2017). Para isso, é necessária uma análise criteriosa de dados em um Sistema de Informações Geográficas (SIG), sendo um ambiente capaz de coletar, sobrepor, manipular e visualizar grande volume de dados georreferenciados (TORRES *et al.*, 2017). Com essa ferramenta, foram elaborados produtos cartográficos que caracterizam a área de estudo e fornecem um aparato técnico de auxílio ao desenvolvimento de políticas públicas sustentáveis.

2. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo corresponde a bacia hidrográfica do rio Cotinguiba (BHC), pertencente a bacia hidrográfica do rio Sergipe (BHSE) no estado de Sergipe. Sua delimitação encontra-se entre as coordenadas geográficas $10^{\circ}75$ e $10^{\circ}87$ de latitude sul e $37^{\circ}06$ e $37^{\circ}36$ de longitude oeste (Figura 1). Conforme o Plano Estadual de Recursos Hídrico de Sergipe (2010), sua área é de 239,91 km² e sua disponibilidade hídrica é de 23.021.146 m³/s, sendo a segunda maior disponibilidade na BHSE.

Figura 1. Localização da área de estudo da bacia hidrográfica do rio Cotinguiba em Sergipe e Brasil.

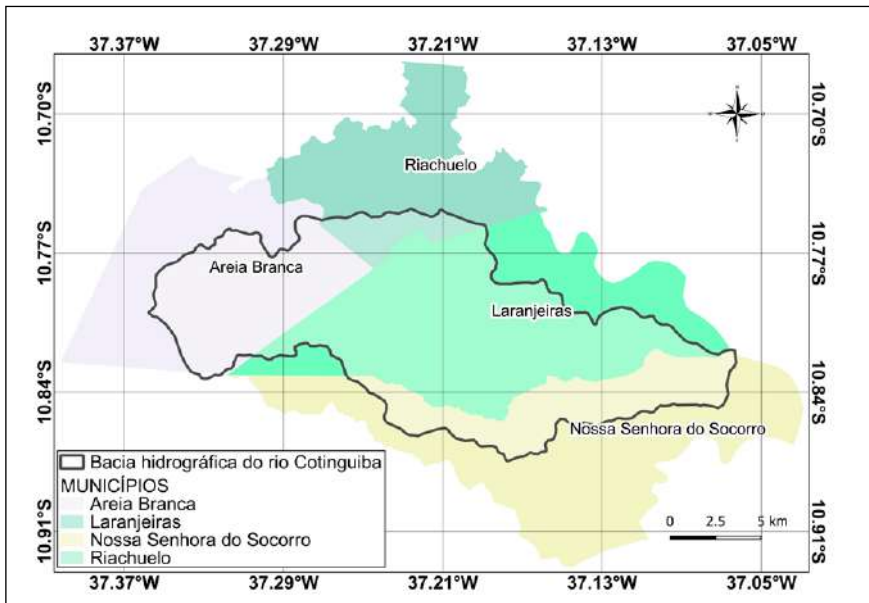


Datum: SIRGAS, 2000. Fonte: SERHMA, 2000. Elaborador: Eng. José Carlos Benício

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DO RIO COTINGUIBA

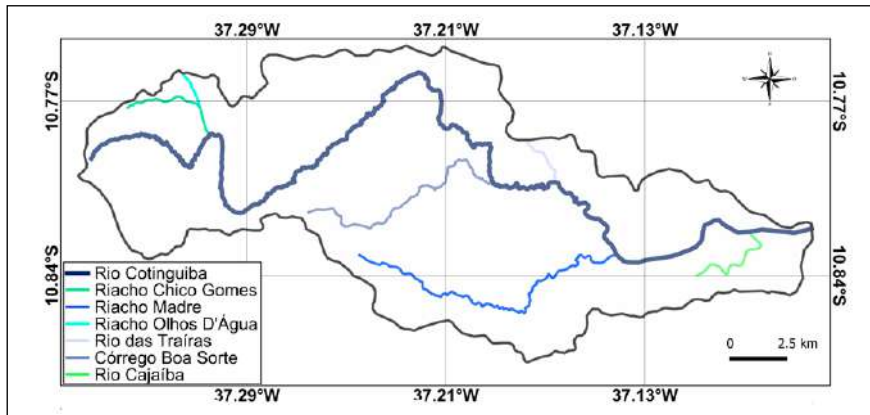
Dentro dessa bacia encontram-se os municípios de Areia Branca, Laranjeiras, Nossa Senhora de Socorro e Riachuelo (Figura 2), que ocupam 25, 49, 20 e 6% da área, respectivamente (IBGE, 2006). Seu rio principal é denominado Cotinguiba e apresenta uma extensão de 56 km (SERHMA, 2020). Esse rio nasce na divisa dos municípios de Areia Branca e Laranjeiras e desemboca no rio Sergipe (SERHMA, 2020). Entre os principais afluentes do rio Cotinguiba, podemos destacar os riachos Chico Gomes, Madre, Olhos d'água e os rios Traíras e Cajaiba (Figura 3).

Figura 2. Municípios que fazem parte da bacia hidrográfica do rio Cotinguiba.



Datum: SIRGAS, 2000. Fonte: SERHMA, 2000. Elaborador: Eng. José Carlos Benício

Figura 3. Mapa de drenagens da bacia hidrográfica do rio Cotinguiaba.



Datum: SIRGAS, 2000. Fonte: SERHMA, 2000. Elaborador: Eng. José Carlos Benício

No mapa acima é possível perceber o canal sinuoso do rio Cotinguiaba, que é meandrante e flui serpenteando o terreno desde a nascente até desaguar no rio Sergipe (ARAÚJO *et al.* 2009). Em trechos desse rio são encontradas margens bordejadas por mata ciliar e formação de galerias (corredores fechados) de vegetação, que contribui para a preservação do curso hídrico. Porém, na sede municipal de Laranjeiras, são encontradas as bordas do rio amparadas por um muro de arrimo. De acordo com Soares; Leal (2017), esse desmatamento acelera o processo de remoção e transporte de sedimentos com diferentes granulometrias para o rio, potencializando seu assoreamento.

As águas do rio Cotinguiaba fluem de maneira turbulenta, ocorrendo o alargamento do canal fluvial de montante em direção a jusante, como descrito por Araújo *et al.* (2009). Em que se refere aos escoamentos das bacias hidrográficas Christofolletti (1981) classifica-as em: exorreicas, endorreicas, arreicas, criptorreicas. Assim, seguindo uma tendência dos rios brasileiros, a BHC é classificada como exorreica, ou seja, ao desembocar na margem direita do rio Sergipe o fluxo das águas tem como destino o oceano Atlântico.

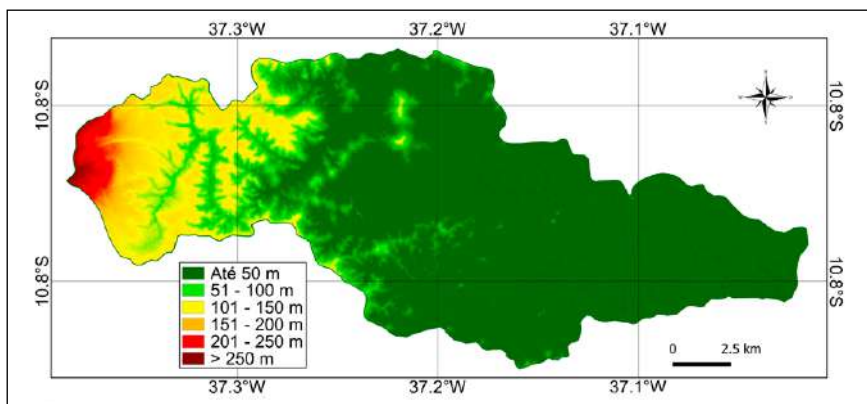
A BHC apresenta um coeficiente de compacidade (K_c) de 1,62, típico de bacias que não estão sujeitas a grandes inundações. Seu índice de conforma-



ção de 0,37 e fator de forma (Kf) de 0,24 ressaltam sua baixa potencial para enchentes. Sua diferença de altimetria é de 453 metros, com uma declividade média de 1,4%.

A BHC está assentada em uma região de morfologia de colinas. Esse tipo de fisiografia se assemelha ao descrito como mares de morros ou regiões mamelonares de área tropical-atlântica florestada e de rochas profundamente decompostas por Ab'Sáber (2007). Suas maiores altitudes são encontradas na região oeste, no município de Areia Branca, com valores superiores a 250 m (Figura 4). Nas regiões Central e Leste, nos municípios de Nossa Senhora de Socorro, Riachuelo e Laranjeiras são encontradas as menores altitudes, com a maior parte do terreno de altitudes inferiores a 50 m.

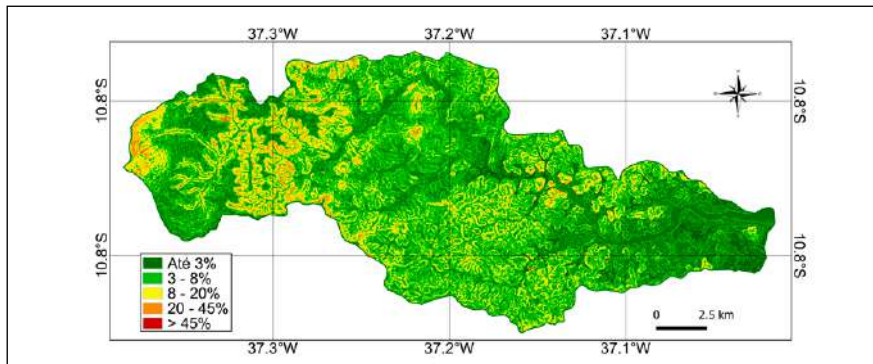
Figura 4. Mapa hipsométrico da bacia hidrográfica do rio Cotinguiba.



Datum: SIRGAS, 2000. Fonte: SERHMA, 2000. Elaborador: Eng. José Carlos Benício

A região nordeste da BHC apresenta um terreno de menor declividade (Figura 5), em torno de 3% (relevo plano). Na bacia são predominantemente encontradas declividades de relevo plano, levemente ondulado e ondulado. As maiores declividades podem ser observadas nos terrenos com maiores altitudes e no percurso dos cursos hídricos.

Figura 5. Mapa hipsométrico da bacia hidrográfica do rio Cotinguiba.



Datum: SIRGAS, 2000. Fonte: SERHMA, 2000. Elaborador: Eng. José Carlos Benício

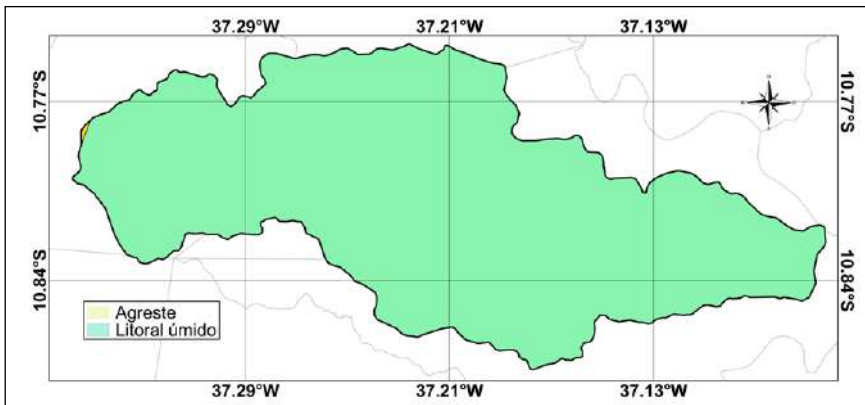
3. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA

Entender os mecanismos que atuam no comportamento climático ao longo dos anos em determinada localidade, é importante para as atividades humanas cotidianas. Como exemplo, saber quando cultivar a lavoura, que tipos de técnicas agrícolas poderão ser aplicadas para evitar a erosão e salinização do solo, o período de cheia ou seca de um rio e assim traçar um plano de gestão das águas de acordo com o regime fluvial. Segundo a divisão climática de Sergipe (2015), a bacia hidrográfica do rio Cotinguiba (BHC), está inserida predominantemente na zona climática classificada como Litoral Úmido (aproximadamente 99% da área) e apresenta uma pequena porção de sua região oeste no Agreste (Figura 6).

Nessa bacia hidrográfica as chuvas são regulares e suas precipitações pluviométricas médias anuais estão próximas a 1300 mm. Essa característica comum ao litoral de Sergipe é resultante da atuação de alguns sistemas atmosféricos, tais como: a Massa Tropical Atlântica (MTA), que tem temperatura e umidade elevadas; a Massa Polar Atlântica (MPA), que em sua origem é fria e seca, mas ganha umidade e temperatura em seu percurso no litoral do Brasil; e as ondas de leste, que se formam na África e no Atlântico sul, chegam ao litoral sergipano trazendo chuvas devido à concentração de umidade e diferenciação térmica entre o continente e oceano (DINIZ et al., 2014).



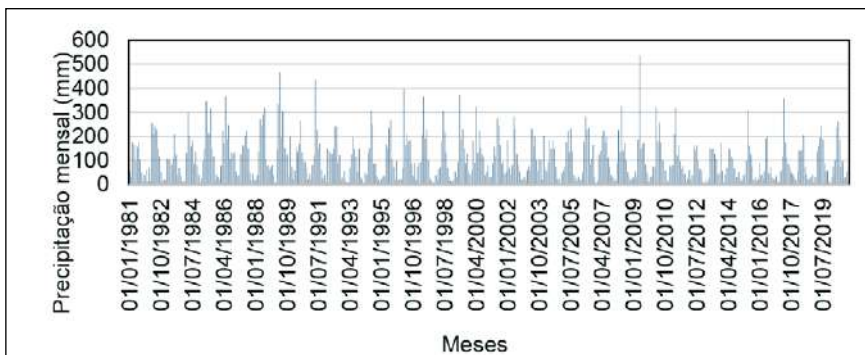
Figura 6. Mapa de tipos climáticos da bacia hidrográfica do rio Cotinguiba.



Datum: SIRGAS, 2000. Fonte: SERHMA, 2000. Elaborador: Eng. José Carlos Benício

A série histórica de precipitações diárias foi obtida pelo produto Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Stations (CHIRPS), através da plataforma do Google Earth Engine (<https://earthengine.google.com/>). Seus acumulados mensais revelam que os índices pluviométricos são mais acentuados entre os meses de abril e agosto, que correspondem ao período de outono-inverno (Figura 7). Isso é respaldado por Silva et al. (2020), que descreve o período chuvoso entre junho e agosto para o estado de Sergipe. Pinto (2012), diz que essas maiores precipitações estão relacionadas às frentes frias que atuam no inverno, as perturbações (conglomerados de nuvens) e as ondas de leste.

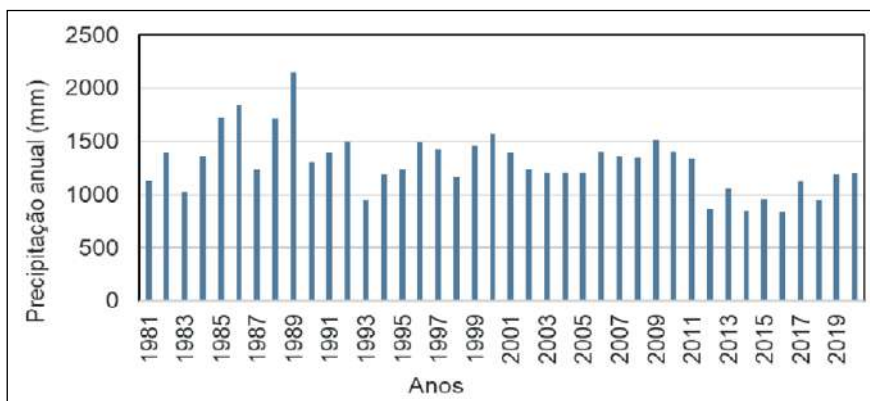
Figura 7. Precipitação acumulada mensal da bacia hidrográfica do rio Cotinguiba.



No recorte temporal de 1990 a 2020 a maior precipitação mensal registrada foi de 536mm no mês de maio de 2009, extrapolando as médias ao longo de 30 anos. Esse clima com chuvas regulares é um dos condicionantes geoambientais que contribui para a contínua fluência do rio Cotinguiba que é perene e percorre as terras do município de Areia Branca, Laranjeiras, Nossa Senhora do Socorro e Riachuelo, seguindo um trajeto no sentido oeste-leste até desembocar no rio Sergipe.

A precipitação média na BHC sofreu uma diminuição nas últimas décadas. Seus valores médios anuais foram de 1489 mm/ano de 1981 a 1990, 1336 mm/ano de 1991 a 2000, 1327 mm/ano de 2001 a 2010 e 1034 mm/ano de 2011 a 2020 (Figuras 8 e 9).

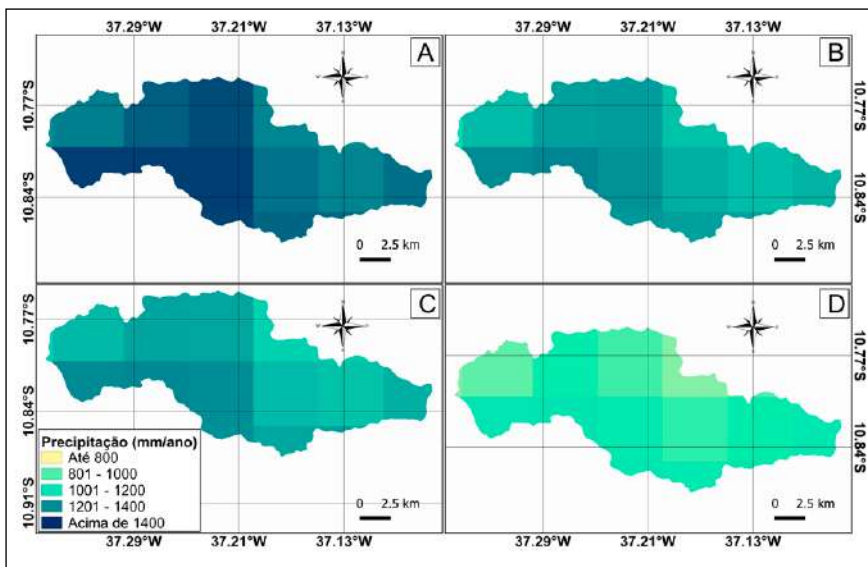
Figura 8. Precipitação acumulada anual da bacia hidrográfica do rio Cotinguiba.



A temperatura de um lugar é condicionada por alguns fatores climáticos tais como: altitude, latitude, maritimidade e continentalidade. Além desses fatores, as superfícies e os ventos contribuem para a variação espacial térmica do ar (MENDONÇA; OLIVEIRA, 2007). A bacia hidrográfica do rio Cotinguiba tem suas temperaturas influenciadas principalmente pela maritimidade, latitude e massas de ar. Por estar inserida em uma região de alta incidência solar, na faixa latitudinal 10° sul e próxima ao oceano Atlântico, suas temperaturas são consideradas elevadas, com pequena amplitude térmica. A altitude não é um fator de relevância para alterações de temperatura da bacia

hidrográfica, que se apresenta com baixa altimetria, predominantemente inferior a 50 metros com relação ao nível do mar.

Figura 9. Precipitação acumulada anual média para as das décadas: A) 1981 à1990, B) 1991 à 2000, C) 2001 à 2010, D) 2011 à 2020 da bacia hidrográfica do rio Cotinguiba.

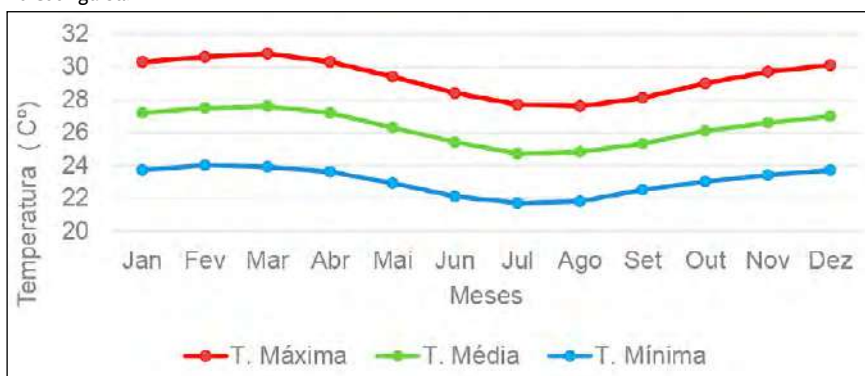


Datum: SIRGAS, 2000. Fonte: SERHMA, 2000. Elaborador: Eng. José Carlos Benício

Na série histórica de 1981 a 2010, a partir dos dados extraídos do Instituto Nacional de Meteorologia (2020), as temperaturas mínimas–médias, médias–médias e máximas–médias anuais estão próximas de 22,5°C, 26,1° e 29,7°C; respectivamente (Figura 10). As temperaturas mínimas e máximas para os meses que correspondem à primavera e ao verão estão entre 22°C e 30°C. Nos meses de outono–inverno há queda gradativa da temperatura, devido à Massa Polar Atlântica, e as máximas não ultrapassam os 29°C e as mínimas atingem até 21°C.



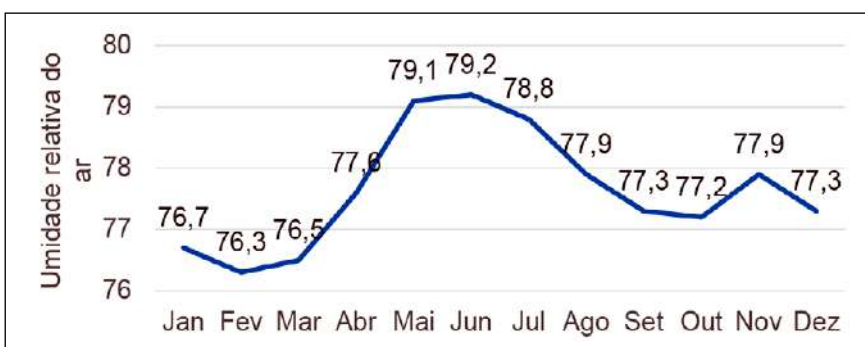
Figura 10. Gráfico de temperatura mínima, média e máxima de 1981 a 2010 da bacia hidrográfica do rio Cotinguiba.



Fonte: INMET (2020).

No intervalo de tempo analisado, entre 1981 a 2010, foram encontrados valores de umidade entre 76,3% a 79,2% (Figura 11). O histórico das médias revela que os meses com os menores índices são janeiro, fevereiro e março, que correspondem a estação do verão. Já os meses mais úmidos são maio, junho e julho, período marcado por maiores precipitações pluviométricas (outono-inverno).

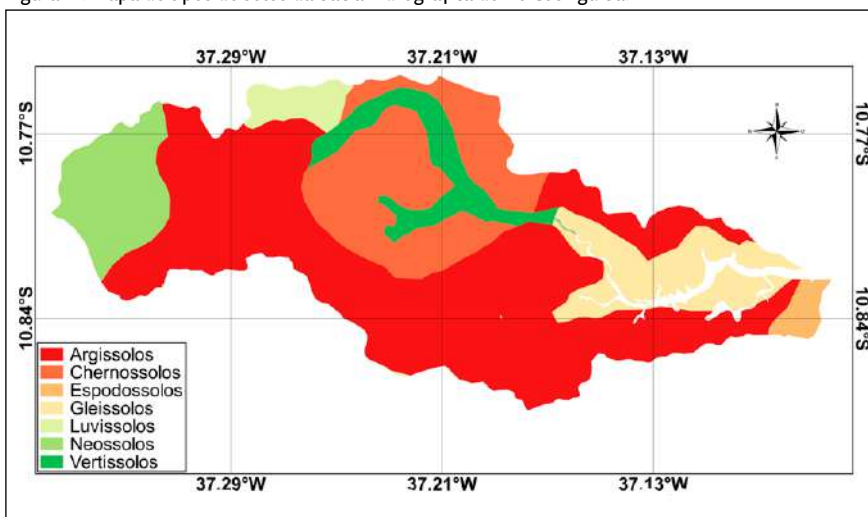
Figura 11. Gráfico de umidade relativa do ar de 1981 a 2010 da bacia hidrográfica do rio Cotinguiba.



Fonte: INMET (2020).

Na BHC o tipo de solo predominante é o Argissolo (Figura 12). Esse solo ocupa 122 km² (aproximadamente 52% da área) e é encontrado em todos os municípios que compõem a bacia. De acordo com Dos Santos *et al.* (2018), o Argissolo é um grupamento de solos que se destaca pela presença de horizonte B textural de argila de atividade baixa. Os Argissolos normalmente têm profundidade de mediana a alta, apresentam drenagem moderada e são bastante suscetíveis à erosão (AGRA; ANDRADE, 2021).

Figura 12. Mapa de tipos de solos da bacia hidrográfica do rio Cotinguiba.



Datum: SIRGAS, 2000. Fonte: SERHMA, 2000. Elaborador: Eng. José Carlos Benício

O Chernossolo é o segundo tipo de solo com maior presença na BHC. Esse é encontrado na região Norte, nos municípios de Laranjeiras e Riachuelo. A área ocupada por Chernossolos é de 44,63 km², equivalente a 19% da bacia. Esse é um grupamento dos solos jovens, com horizonte A chernozêmico, com argila de atividade alta e saturação por bases alta, com ou sem acumulação de carbonato de cálcio (BONO *et al.*, 2021; DOS SANTOS, 2018).

O terceiro solo com maior representatividade é o Gleissolo, que está localizado na região nordeste. A área ocupada por Gleissolos é de 22 km², ou seja, 9,31% da área de estudo. Esse é um solo hidromórfico, com alta quanti-



dade de matéria orgânica e intensa redução de compostos de ferro (ALENCAR MARQUES *et al.*, 2021; DOS SANTOS *et al.*, 2018).

Os Neossolos também são encontrados em uma grande área na BHC. Sua localização está na região Oeste, no município de Areia Branca, e ocupa 21 km² (9% da bacia). Os Neossolos são solos jovens, constituídos por material mineral ou por material orgânico pouco espesso e não apresentam nenhum tipo de horizonte B diagnóstico (ALENCAR *et al.*, 2021; DOS SANTOS *et al.*, 2018). São praticamente destituídos de minerais primários e pouco resistentes ao intemperismo (AGRA; ANDRADE, 2021).

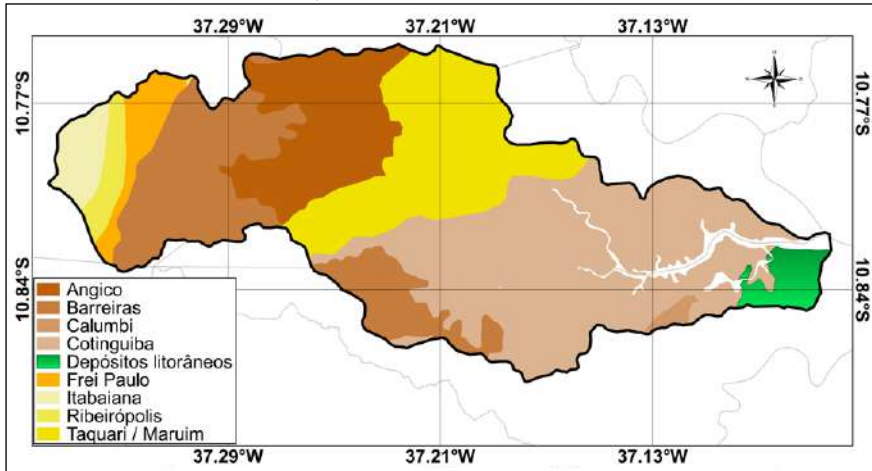
Luvissolos, Vertissolos e Espodossolos são tipos de solos encontrados em pequenas áreas da bacia. Localizados nas regiões Norte e Sudeste, apresentam ocupam aproximadamente 6,50 km²; 15 km², 4 km², respectivamente. Os Luvissolos são constituídos por material mineral, apresentando horizonte B textural com argila de atividade alta e saturação por bases altas na maior parte do primeiro metro do horizonte B (SANTOS *et al.*, 2018). Os Vertissolos são formados por materiais minerais com horizontes vérticos a partir de um metro e relação textural insuficiente para caracterizar um horizonte B textural (SANTOS *et al.*, 2018). Os espodossolos são constituídos por material mineral com horizonte B espódico subjacente ao horizonte eluvial (SANTOS *et al.*, 2018).

A BHC área está inserida em duas províncias geotectônicas: a bacia sedimentar Sergipe/Alagoas e o complexo do Embasamento Cristalino separadas pela falha de Propriá. A bacia sedimentar se destaca pela maior área, por abranger 208,2 km² (cerca de 89,5% da bacia), com extensão de leste a oeste. Seus substratos apresentam intervalos estratigráficos constituídos por diversos depósitos de sedimentos ocorridos no período fanerozóico constituindo os grupos Barreiras, Sergipe e Piaçabuçu.

Em sua análise sobre a BHC, Santos (2012) faz um estudo das características geológicas baseadas na sequência proposta por Schaller (1969), conforme os intervalos estratigráficos. No mapa (Figura 13) é representada a distribuição dos grupos de formações geológicas existentes da bacia hidrográfica do rio Cotinguiba.



Figura 13. Mapa de grupos de formações geológicas da bacia hidrográfica do rio Cotinguiba.



Datum: SIRGAS, 2000. Fonte: SERHMA, 2000. Elaborador: Eng. José Carlos Benício

O grupo Barreiras corresponde aos depósitos de materiais rochosos a partir do cretáceo e abrange as formações superficiais de coberturas detríticas tércio–quaternária e as parassequenciais sedimentares pliocênicas e holocênicas (SANTOS, 2012). Engloba clásticos continentais de espessura e coloração variadas com grau de compactação insignificante.

O grupo Sergipe reúne grande variedade de rochas depositadas na fase oceânica ocorrida no cretáceo, com afloramentos de unidades estratigráficas cretácicas. Os materiais estão recobertos por sedimentos terciário, enquanto o contato inferior coincide com a linha de transgressão marinha que começou o ciclo sedimentar em Sergipe. Esse grupo está constituído na área da bacia pela formação Cotinguiba – membro Sapucari, a formação Riachuelo – membro Angico e membro Taquari (Maruim). Segundo Silva (2019), a formação Cotinguiba é individualizada nos Membros Sapucari, com espessura máxima de 800 metros de mudstones e brechas carbonáticas subordinadas, e Aracaju com folhelhos calcários que podem atingir até 300 metros de espessura.

A formação Riachuelo aflora numa faixa de vinte quilômetros de largura desde Itaporanga D’Ajuda até as proximidades de Pacatuba com calcário algálico (recifes) destacados na superfície intercalados (arenitos, siltitos

e folhelhos fossilíferos) por três membros: Angico, Maruim e Taquari (SANTOS, 2012). O membro Angico possui uma espessura máxima de 915 metros, composto litologicamente por conglomerados e arenitos conglomeráticos na sua matriz apresenta siltitito e cimento calcífero o que favorece o depósito de águas subterrâneas entre 200 e 700 metros de espessura, mas de baixa condutividade. O membro Maruim possui uma espessura máxima 1124 metros, composto por calcário e arenitos sobrepostos no topo por calcários dolomitizados, denominados Aguilhadas. Já o membro Taquari aflora no riacho Boa Sorte constituído por folhelhos cinza-esverdeado, calcário e micáceos e calcários cinza-acastanhados e micáceos, com espessura máxima de 716 metros.

O grupo Piaçabuçu – formação Calumbi aparece nas proximidades da foz do rio Cotinguiba, no leste da bacia, sobreposta em discordância com formação Cotinguiba e grada lateralmente e verticalmente para formações Marituba e Mosqueiro. A espessura máxima é de 2967 metros, onde encontramos o calcário com característica arenosa branca ou creme.

No extremo ocidental da bacia é encontrado o domínio do Complexo do Embasamento Cristalino, que abrange 24,3 km². As formações superficiais correspondem ao grupo Barreiras com coberturas detríticas terció-quadernárias e as coberturas pleistocênicas e holocênicas na borda leste do Domo Itabaiana. O grupo Miaba compõe-se de formação Itabaiana (Mni) onde afloram as rochas mais antigas do pré-cambriano, representadas por quartzito puro e impuro, metaconglomerado, metarenito e ocasionais lentes de metassilito (CARVALHO, 2003).

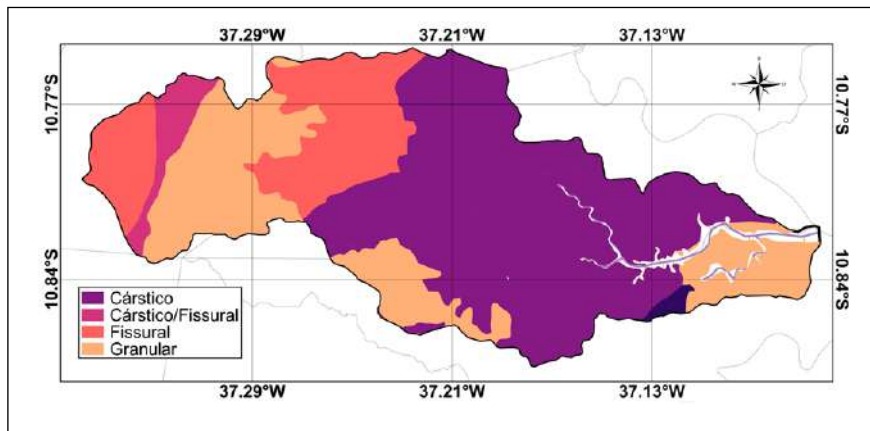
A constituição geológica da bacia contribui para sua potencialidade hidrológica, possibilitando a formação de aquíferos. A composição das rochas superficiais é constituída por pequenos sedimentos rochosos que favorecem a formação de ramificações menores que permitem a infiltração das águas. Na Figura 14, distingue os tipos de formações hidrogeológicas de acordo com a constituição rochosa que influencia na qualidade da água para o consumo segundo a quantidade de sólidos presente como analisa SANTOS (2012), como também a profundidade dos aquíferos que varia. Segundo, as análises



de Carvalho (2003) na área granular de rochas cristalinas encontram-se recursos hídricos subterrâneos em menores profundidades inferiores a 20 m.

O sistema de aquíferos granular aparece no extremo leste e no sul da bacia e predomina porção oeste são determinados pelas formações superficiais cenozoica. Devido a elevada porosidade das rochas que permitem a permeabilidade no processo de infiltração vertical onde as águas se armazenam sobre as formações mais antigas constituindo os lençóis freáticos (águas subterrâneas). Essas águas são provenientes do regime pluvial da região e possuem baixo teor de sólidos dissolvidos. São encontrados nessa região importantes fontes naturais com água potável de boa qualidade utilizado pelas comunidades, como as fontes Guidinha, Aviboa e São Francisco Chico Gomes ambas em Areia Branca localizadas na sede e nos povoados Manilha e Pedrinhas.

Figura 14. Mapa hidrogeológico (aquíferos) da bacia hidrográfica do rio Cotinguiba.



Datum: SIRGAS, 2000. Fonte: SERHMA, 2000. Elaborador: Eng. José Carlos Benício

O sistema de aquíferos cársticos, de composição de rochas calcárias, corresponde a porção leste e central da bacia, são classificados em muito elevados e elevados, por serem poços inferiores a 100 metros de profundidade. De acordo com Ribeiro (2018), os aquíferos cársticos possuem alta importância, uma vez que as rochas carbonáticas ocupam extensas áreas, com grandes vazões e qualidade de água. Esse sistema possui permeabilidade lateral e poder de transmissividade

mais baixo que o granular. Na porção mais centralizada encontra-se a área de aquífero com maior teor de sólidos dissolvidos, de 1000 a 1500.

Através da análise dos aspectos geomorfométricos da BHC, podemos compreender sua morfogenética e morfometria. O estudo dos processos morfogenéticos possibilita a compreensão da estruturação do relevo da área de estudo. Segundo Souza (2021), a gestão dos recursos naturais baseada nesse estudo é necessária para evitar o compartimento dos recursos naturais e evitar ou minimizar a potencialização de processos morfogenéticos modificadores de relevo.

A BHC apresenta três unidades geomorfológicas bem definidas que se estendem por toda extensão da área controladas pelos processos estruturais geológicos. De acordo com Garcia (2020), as unidades geomorfológicas são definidas como um arranjo de formas altimétricas e fisionomicamente semelhantes em seus diversos tipos de modelados. Assim sendo, cada unidade geomorfológica evidencia processos originários, formações superficiais e tipos de modelados dos demais. Na BHC encontramos o domínio da planície costeira, dos tabuleiros costeiros e do pediplano sertanejo.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No estudo, pôde-se identificar que o clima é chuvoso com índices pluviométricos mais acentuados entre os meses de abril e agosto. A temperatura apresentou os maiores picos médios mensais durante os meses com menores precipitações, principalmente durante a estação do verão.

Já no que se refere a variável geomorfológica, os dados revelaram que a área apresenta baixas altitudes, com valores máximos na região oeste e as fisionomias do relevo são planas ou levemente onduladas, destacando-se a planície costeira, os tabuleiros costeiros e o pediplano sertanejo como unidades geomorfológicas. E na geologia local são encontradas, predominantemente, rochas sedimentares e metamórficas ligadas a uma hidrogeologia, com maior ocorrência, de aquíferos cársticos que possuem alta importância, já que as rochas carbonáticas ocupam extensas áreas, com grandes vazões e qualidade de água.



As informações pedológicas coletadas revelaram a predominância de Argissolos e Chernossolos. Estes, são solos jovens, com horizonte A, chernozêmico, com argila de atividade alta e saturação por bases altas, têm profundidade de mediana a alta, apresentam drenagem moderada e são bastante suscetíveis à erosão. Seu fator de forma, coeficiente de compacidade e índice de conformação revelam que a bacia apresenta uma baixa propensão a enchentes.

Em suma, a partir da coleta e organização das informações, pôde-se elaborar mapas, fazer análises e discussões acerca dos aspectos físico-naturais que atuam na bacia hidrográfica em questão. Desta forma, espera-se contribuir para o avanço científico e tecnológico, promovendo o melhor entendimento da dinâmica natural da área de estudo bem como a fornecer subsídios à gestão hídrica e às atividades socioeconômicas e ambientais locais.

REFERÊNCIAS

- AB'SÁBER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. 4^o ed. São Paulo: Ateliê Editora, 2007.
- AGRA, R. M. R. T.; ANDRADE, C. D. Análise Multicritério da Suscetibilidade à Erosão na Bacia Hidrográfica do Rio da Batateira, CE. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 73, n. 1, p. 119-133, 2021.
- ALENCAR MARQUES, N. et al. **Análise do Perfil Hidrossedimentométrico da UHE Itumbiara com Emprego do SWAT**. 2021.
- ARAÚJO, H. M.; BEZERRA, G. S.; SOUZA, A. C. Hidrografia e Hidrogeologia: qualidade e disponibilidade de água para abastecimento humano na bacia costeira do rio Sergipe. In: **Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada**, 13., 2009, Viçosa: UFV, 2009. Disponível: <https://ri.ufs.br/jspui/handle/riufs/526>.
- BONO, J. A. M. et al. Avaliação da eficácia agrônômica do calcário fosfático no desenvolvimento fenológico e produtivo da cana-de-açúcar. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 7, p. e49210716762-e49210716762, 2021.
- BRASIL. **Lei n. 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Disponível em: < <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1997/lei-9433-8-janeiro-1997-374778-publicacaooriginal-1-pl.html> >. Acesso em: 10 out. 2021.



CARVALHO, M. E. S.; FONTES, A. L. **Análise Socioambiental da Alta Sub-Bacia do Rio Cotinguiba/SE**: Subsídios ao Planejamento e Manejo de Bacia Hidrográfica. São Paulo, n. 14, p. 127 – 147, 2003.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia Fluvial–O Canal Fluvial**. vol. 1. São Paulo: Ed. Edgard Blücher, 1981.

DEMATTÊ, J. A. M. *et al.* The Brazilian Soil Spectral Library (BSSL): A general view, application and challenges. **Geoderma**, v. 354, p. 113793, 2019.

DINIZ, M. T. M.; MEDEIROS, S. C.; CUNHA, C. J. **Sistemas atmosféricos atuantes e diversidade pluviométrica em Sergipe**. ISSN: 1984–8501 Bol. Goia. Geogr. (online). Goiânia, v.34, n.1, p.17–34. 2014.

GARCIA, C. A.; MONTEIRO, A. S. C.; SANTANA, N. R. F.; SOUSA, I. F. **Caracterização Ambiental e Hidrológica da Bacia Hidrográfica do Rio Jacarecica** Vol. 1. 1. ed. Belo Horizonte – MG: Editora Poisson, 2020. v. 1. 134p.

IBGE. 2006. **Mesorregiões do Brasil**. In: www.biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv95889.pdf. Acesso em: 31 jan. 2020.

LI, Y. *et al.* Impacts of urbanization on extreme precipitation in the Guangdong–Hong Kong–Macau Greater Bay Area. **Urban Climate**, v. 38, p. 100904, 2021.

MENDONÇA, F.; OLIVEIRA, D. I. M. **Climatologia**: noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Sergipe. 74p. 2010. Disponível em: <https://www.semarh.se.gov.br/recursos_hidricos/wpcontent/uploads/2018/05/RE-16-Sum%C3%A1rio-Executivo.pdf>. Acesso em: 10 maio. 2020.

PINTO, J. E. S. S. Climatologia: aportes teóricos, metodológicos e técnicos. In: **Revista Geonorte**, Edição especial 2, V.1, N.5, p.729–739, 2012.

RIBEIRO, D. D. M. **Caracterização Hidrogeológica e Hidrogeoquímica dos Aquíferos Sapucarí e Maruim, Bacia Sedimentar Sergipe/Alagoas**. 2018. Tese (Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Geologia) – Universidade Federal de Bahia, orientador: Prof. Dr. Sérgio Augusto de Moraes Nascimento.

DOS SANTOS, H. G. *et al.* **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: Embrapa, 2018., 2018.

SANTOS, L. M. *et al.* Bacia do rio Piauí–SE: cartografia das unidades de modelado de relevo com auxílio de geoprocessamento. **Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento**, v. 1, p. 5117–5125, 2017.

SANTOS, W. A. **Ocupação e Dinâmica socioambiental da sub-bacia hidrográfica do rio Cotinguiba/Se**. 2012. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal de Sergipe, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. Orientador: Hélio Mário de Araújo.



SERGIPE. Elaboração dos Planos das Bacias Hidrográficas dos rios Japarutuba, Piauí e Sergipe. **Relatório de Resumo Executivo**: Bacia Hidrográfica do rio Sergipe. Sergipe: COHIDRO, 2015.

SERHMA. **Atlas Digital sobre Recursos Hídricos de Sergipe**. Aracaju: SERDUBS, 2020.

SCHARLLER, H. Revisão estratégica da bacia de Sergipe/Alagoas. **Boletim Técnico da Petrobrás**. Rio de Janeiro, v. 12, n. 1, p. 21–86, 1969.

SILVA, D. T. *et al.* Precipitação estimada por sensoriamento remoto no estado de Sergipe. **Nativa**, v. 8, n. 2, p. 198–204, 2020.

SILVA, R. S. M.; *et al.* Análise Microfaciológica de uma Seção em Testemunho da Formação Cotinguiba. São Paulo, UNESP, **Geociências**, v. 38, n. 2, p. 391 – 407, 2019

SOARES, F. B.; LEAL, A. C. Diagnóstico Ambiental da Bacia Hidrográfica do Mancial Balneário da Amizade nos Municípios de Álvares Machado e Presidente Prudente– São Paul/ Brasil. In: **XVII Simposio Brasileiro de Geografia Física Aplicada**. DOI– 10.20396/sbfga.vli2017.1847– ISBN 9788585369–16–3, jun/jul. 2017.

SOUZA, S. O. *et al.* A Cartografia Geomorfológica enquanto instrumento para o planejamento em áreas litorâneas: considerações a partir da região Costa das Baleias – Bahia – Brasil. São Paulo. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 22, n. 3; DOI: 10.20502/rbg.v22i3.1805, 2021.

TORRES, F. T. P. *et al.* Mapeamento do risco de incêndios florestais utilizando técnicas de geoprocessamento. **Floresta e Ambiente**, v. 24, 2017.

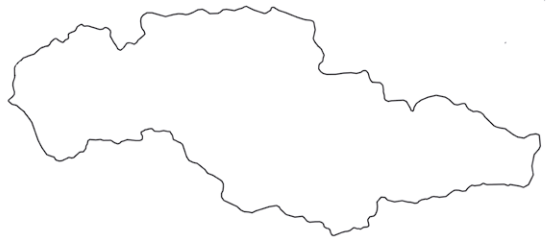
TUCCI, C. E. M. Drenagem Urbana e Controle de Inundações. In: CAMPOS, Heraldo & CHASSOT, Attico (Org). **Ciências da Terra e meio ambiente**. São Leopoldo: Ed. Unisinos, 1999.

WALL, D. H.; NIELSEN, U. N. Biodiversity and ecosystem services: is it the same below ground. **Nature Education Knowledge**, v. 3, n. 12, p. 8, 2012.




YU, B. Ecological effects of new–type urbanization in China. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 135, p. 110239, 2021.

ZAIDAN, R. T. Geoprocessamento conceitos e definições. **Revista de Geografia–PP–GEO–UFJF**, v. 7, n. 2, 2017.





QUALIDADE DAS ÁGUAS DO RIO COTINGUIBA EM TRECHO URBANO-INDUSTRIAL DE LARANJEIRAS/SE

-  Adriana Souza Santos
-  Anderson de Carvalho Silva
-  Tatiana Menezes da Silva

1. INTRODUÇÃO

A presente pesquisa tem como objetivo geral avaliar a qualidade da água em pontos críticos do rio Cotinguiba por meio da análise de parâmetros microbiológicos e físico-químicos, em trecho de desenvolvimento industrial e urbano do município de Laranjeiras, Sergipe.

Laranjeiras, cidade histórica com 189 anos de fundação, cenário de tantos eventos políticos importantes, ainda hoje vive o sentimento de incerteza quanto ao saneamento básico de suas moradas. O que se observa é que boa parte da população ainda se encontra sem acesso à água tratada e esgotamento sanitário devido. Entretanto, o novo marco legal do Saneamento básico no Brasil (Lei nº 14026/2020), entende que é necessário a regularização do saneamento ambiental em todo o País para respeitar a Constituição, por conseguinte cumprir os objetivos para o desenvolvimento sustentável, firmados internacionalmente.

O rio Cotinguiba é a principal fonte hídrica de Laranjeiras, sendo considerado um rio urbano, pois atravessa a cidade que surgiu em suas margens revelando sua riqueza para aqueles que ali atracavam. Sendo assim, constituiu-se num dos mais importantes recursos naturais da cidade, tornando-se imperativa a sua conservação e recuperação, pois com o crescimento habita-



cional desenfreado e o mal uso desse recurso há uma tendência que a poluição e contaminação neste ascenda a uma condição irreversível.

A qualidade das águas de um rio, juntamente com a qualidade ambiental das suas margens e leito são fundamentais para a sobrevivência deste importante ecossistema. A manutenção e revitalização de nascentes, a regulamentação de outorgas, a recomposição de suas margens, o tratamento dos efluentes, sejam eles urbanos ou industriais, e sobretudo o monitoramento da qualidade da água são ações cruciais para a manutenção dos rios e devem ser acompanhados na intenção de promover as correções necessárias visando sempre a qualidade dos recursos hídricos e a promoção da saúde da população.

2. ÁREA DE ESTUDO

A presente pesquisa foi desenvolvida no curso do rio Cotinguiba na cidade de Laranjeiras, tendo como coordenadas geográficas, latitude: 10° 48' 12" Sul e longitude: 37° 10' 11" Oeste. Em 2020 a população estimada de Laranjeiras estava em 30.327 habitantes (IBGE, 2021). O rio Cotinguiba, avoluma no curso de 56 km de extensão, cuja nascente está localizada em Serra Comprida no município de Areia Branca, e sua foz se apresenta sob forma de estuário em Nossa Senhora do Socorro.

A área de drenagem da bacia do rio Cotinguiba é equivalente a 239,9 km², abrangendo quatro municípios sergipanos: Areia Branca, Riachuelo, Laranjeiras e Nossa Senhora do Socorro. Nota-se que dos municípios banhados por essa bacia hidrográfica, Laranjeiras concentra a maior parte da área (49%), seguido por Areia Branca (25%) e Nossa Senhora do Socorro (20%), que juntos correspondem a 94% da área total da bacia (SANTOS; ARAÚJO, 2013a; SERGIPE, 2015).

Para a coleta de dados foram selecionados três pontos ao longo do rio Cotinguiba utilizando as ferramentas QGIS e Google Earth (Figura 1), sendo os pontos georreferenciados com o GPS (Tabela 1). A amostragem e as análises foram realizadas no final do período chuvoso, em 08 de setembro de 2021. A



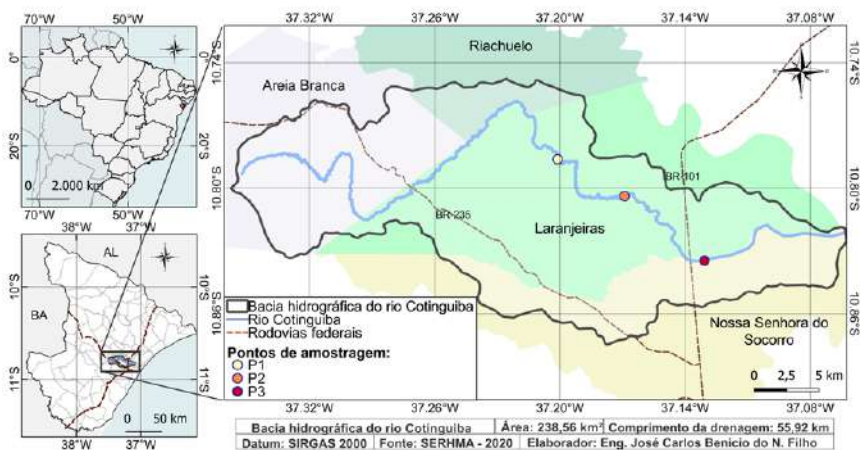
José Carlos Benício do Nascimento Filho; Wesley Santos Almeida
Ezequiel Lealdo Soares Santos; Inajá Francisco de Sousa; Antenor de Oliveira Aguiar Netto

seleção dos pontos de amostragem foi feita a partir da análise dos seguintes critérios: lançamentos de efluentes ao longo da drenagem, possíveis fontes de poluição identificadas pela avaliação do uso e ocupação do solo e acessibilidade dos pontos selecionados.

Tabela 1. Coordenadas dos pontos de coleta.

PONTOS	LONGITUDE LESTE (UTM 24 L)	LATITUDE SUL (UTM 24 L)
P1	0696651	8807040
P2	0700151	8805073
P3	0704319	8801633

Figura 1. Mapa da localização do município de Laranjeiras e dos pontos de coletas.



A montante e a jusante o Ponto 1 – P1 está situado próximo a indústria canieira e cercado por canais; o Ponto 2 – P2 se situa em uma área 100% urbana; o Ponto 3 – P3 se situa na divisa dos municípios de Laranjeiras e Nossa Senhora do Socorro, trata-se de uma área turística e urbana, frequentada e utilizada por pescadores.

3. METODOLOGIA

3.1 Procedimentos para análise ambiental

Para o estudo foram escolhidos dois métodos de avaliação dos corpos de água aplicados nos três pontos distribuídos ao longo do trecho do rio estudado, buscando a correlação entre os resultados obtidos por meio do Protocolo de Avaliação Ecológica Rápida – PAER modificada por Callisto *et al.* (2002), da proposta original de Hannaford *et al.* (1997) e da Agência de Proteção Ambiental de Ohio (EUA) EPA (1987); e avaliação físico-química e microbiológica de qualidade da água com análise de 13 parâmetros: Turbidez, Cor Verdadeira, Temperatura, Potencial Hidrogeniônico (pH), Condutividade Elétrica (CE), Sólidos Totais Dissolvidos (STD), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Oxigênio Dissolvido (OD), Fósforo Total (FT), Coliformes Totais (CT), Coliformes Termotolerantes (CTT) e *Escherichia coli* (*E. coli*). Todos os procedimentos de coleta, conservação e análise seguiram as metodologias descritas no “Orientações Técnicas para coleta, acondicionamento e transporte de amostras de água para consumo humano” (BRASIL, 2013).

Essas análises foram realizadas pelo Instituto de Tecnologia e Pesquisa de Sergipe – ITPS. Por meio da aplicação dos métodos supracitados, buscou-se a correlação entre os resultados obtidos nos diferentes métodos com o objetivo de apurar a precisão e a própria avaliação de qualidade de água nos pontos escolhidos do rio Cotinguiba. Contribuindo ao sugerir melhorias no sistema, ou até mesmo estimulando a implantação de um, para a mitigação de tais impactos.

3.2 Protocolo de Avaliação Rápida

Este método foi aplicado nos pontos de amostragem como ferramenta de análise complementar, caracterizando a área nos trechos avaliados do rio Cotinguiba a fim de contribuir com a construção do diagnóstico ambiental e



avaliação da qualidade das águas desta drenagem, bem como servir como base para futuros monitoramentos ambientais. O protocolo de avaliação é um método rápido que busca caracterizar amplamente o curso de água com parâmetros sedimentológicos, ecológicos e biológicos. Aplicado *in-loco* possibilita a contextualização do corpo hídrico com os usos do solo de seu entorno imediato e as alterações antrópicas existentes (PIMENTA *et al.*, 2009).

O método baseou-se na avaliação qualitativa dos cursos de água atribuindo, que por meio do protocolo foi atribuído valores numéricos referentes aos aspectos físicos e biológicos possibilitando a classificação destas áreas em: natural, alterado ou impactado, através da atribuição de pontuação para as áreas avaliadas. Na primeira etapa (Anexo I, parte 1) do protocolo (questões 1 a 10) o conjunto de parâmetros avaliados podem indicar: situação natural (4 pontos), situações levemente alteradas (2 pontos) e severamente alteradas (0 pontos).

Na segunda etapa (Anexo I, parte 2) do protocolo o conjunto de parâmetros avaliados podem indicar: situação natural (5 pontos), situações leves ou severamente alteradas, são respectivamente 3, 2, 0 pontos. De forma sucinta os parâmetros avaliados no protocolo são apresentados a seguir (Tabela 2):

Tabela 2. Parâmetros que compõem o PAR, proposto por Callisto *et al.* (2002).

Parâmetros (Primeira Etapa)	Parâmetros (Segunda Etapa)
1. Tipo de ocupação das margens do corpo de água (principal atividade)	11. Tipo de fundo (habitats)
2. Erosão nas margens e/ou proximidades e assoreamento	12. Extensão de rápidos
3. Alterações antrópicas	13. Frequência de rápidos
4. Cobertura vegetal no leito	14. Tipo de substrato
5. Odor na água	15. Deposição de lama
6. Oleosidade na água	16. Depósitos sedimentares
7. Transparência da água	17. Alterações no canal do rio
8. Odor do sedimento (fundo)	18. Características do fluxo das águas
9. Oleosidade do fundo	19. Presença de mata ciliar
10. Tipo de fundo	20. Estabilidade das margens
	21. Extensão de mata ciliar
	22. Presença de plantas aquáticas



A pontuação final dos parâmetros indica o nível de preservação das condições ecológicas dos trechos da drenagem avaliada. De 0 a 40 pontos representa trechos impactados, 41 a 60 pontos representam trechos alterados, acima de 61 pontos os trechos são considerados naturais.

O tempo médio necessário para a aplicação do protocolo foi em torno de 30 minutos para cada ponto de amostragem. O protocolo foi aplicado nos pontos distribuídos ao longo do rio Cotinguiba, nos mesmos pontos onde foram também realizadas as amostragens para os parâmetros físico-químicos e próximo de comunidades (bairros) do município de Laranjeiras o qual passaram por análise de impacto social complementando o estudo.

Os dados obtidos com a aplicação do protocolo foram analisados e tratados de acordo com a metodologia supracitada, apontando os resultados de conservação ecológica dos pontos de análise. Os dados foram processados estatisticamente por meio do desvio padrão amostral e da linha de tendência linear para verificar a existência de variação estatística entre os pontos coletados.

3.3 Análises físico-química e microbiológica da água

A forma de coleta, assim como os métodos de análises das amostras foram realizadas de acordo com as orientações dos responsáveis pelos Laboratórios de Qualidade Química da Água e de Microbiologia, do ITPS.

Para as coletas das amostras de água para análises físico-químicas dos parâmetros Turbidez; Cor Verdadeira; Temperatura; pH; CE; STD; DBO; DQO; OD; e FT, foram utilizados recipientes de polietileno de 1,5 litros, lavado três vezes com a própria água que foi coletada. Logo após as coletas, as amostras foram transportadas em uma caixa de isopor e entregues aos Laboratórios de Química e Água do ITPS, três horas após as coletas em campo, seguindo a Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde (SPERLING, 2005).

Para as coletas das amostras de água para análises microbiológicas dos parâmetros CT; CTT e EC, os procedimentos adotados nas campanhas de cole-



tas de água para exame microbiológico constituíram-se da utilização de recipientes de vidro esterilizados fornecidos pelo ITPS, estando todos os vasos fechados inicialmente sendo abertos no momento da coleta e fechados logo em seguida. Os parâmetros foram analisados por meio de estatística descritiva simples, estabelecendo a significância dos resultados da análise das amostras em comparação com o padrão estabelecido em lei.

4. PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO RÁPIDA

O PAR foi utilizado na caracterização ecológica dos pontos amostrais escolhidos, além de fazer uma indicação do estado de preservação das margens e leito dos corpos d'água, este método indica caminhos para restauração desses ambientes. Nesse estudo, os pontos avaliados apresentaram um único resultado: Alterado (Tabela 3). Apesar de apresentar pequenas diferenças na caracterização, esse resultado final aponta para a necessidade de restauração dos ambientes, possibilitando melhorar a qualidade do ambiente fluvial para a biota associada. Ele demonstra pouca disponibilidade de habitats para as comunidades faunísticas ocupantes destes nichos.

O local denominado P1 situa-se a jusante da planta industrial da Usina Pinheiro, caracterizado como alterado, pode-se observar a alternância entre ocupações com plantio adensado de cana-de-açúcar e vegetação mais desenvolvida ao longo das margens do rio, com grande interferência antrópica. A água, apesar de estar turva, não apresentou odor ou oleosidade. Os sedimentos de fundo, que também não apresentaram odor ou oleosidade, são compostos, principalmente, de fragmentos de rocha e argila. As corredeiras são pouco frequentes, os habitats diversificados, entretanto, nota-se a alteração de parte do canal devido à construção de uma ponte no local de análise. Neste ponto, a mata ciliar nativa encontra-se visualmente reduzida devido ao uso da terra para monocultivo de cana de açúcar e pastagens. Além disso, na margem direita desse trecho do rio, é possível observar o pisoteamento proveniente de bovinos e equinos, indicando áreas de pastagem próximas.



O P2 encontra-se no perímetro urbano do município de Laranjeiras, aos fundos de ocupações residenciais e comerciais, que influenciam diretamente na instabilidade das margens do rio, no odor desagradável da água e sedimentos do fundo, além de condicionar a formação de fundos mais lamosos por conta dos lançamentos dos esgotos. Outras características desse ponto de análise é a limitação de corredeiras, desenvolvendo lâminas d'água "lisas" com rara presença de corredeiras rasas. A vegetação é restrita devido à atividade antrópica, sendo inexistente a presença da vegetação original. As margens são severamente modificadas pelas construções residenciais, com elevado risco de erosão durante enchentes. Neste ponto registraram-se embarcações atracadas nas margens, acesso de equinos, além do registro de tubulação de escoamento de efluentes sanitários.

O P3 situa-se na divisa entre os municípios de Laranjeiras/SE e Nossa Senhora do Socorro/SE. Por facilidade de acesso, optou-se por realizar a coleta da amostra do lado deste último, pois neste ponto o rio apresenta maior vazão, largura três vezes maior que os demais pontos avaliados e há maior presença de corredeiras e de ambientes diversificados. Observou-se em suas margens a presença de vegetação ciliar estuarina, com a margem do lado laranjeirense em melhor estágio de conservação. Na outra margem foi registrada a presença de ocupação urbana, a formação de uma pequena praça e atracadouro de embarcações manufaturadas. Trata-se de uma comunidade ribeirinha aonde parte da população vive da pesca. Não foi possível perceber alterações na coloração e odor da água, entretanto, as residências não dispõem de rede de coleta de esgoto, fato preocupante pela proximidade com o leito do rio.

Os valores apurados pelo PAR foram inferiores a 60 pontos confirmando a alteração nos três ambientes avaliados com P1 = 51; P2 = 45 e P3 = 53 (Tabela 3). O P2 representou a menor pontuação devido ao maior grau de impacto registrado por este método, revelando a influência do impacto humano na qualidade do ambiente fluvial observado neste ponto do rio Cotinguiba.



Tabela 3. Resultados da aplicação do PAR.

Parâmetros	P1	P2	P3
1	2	0	4
2	0	0	2
3	2	2	2
4	4	4	4
5	4	2	4
6	4	2	4
7	2	4	2
8	4	4	4
9	4	4	4
10	2	2	2
11	3	2	3
12	2	2	2
13	2	2	2
14	3	2	0
15	2	3	0
16	0	2	3
17	2	3	2
18	3	3	3
19	2	0	2
20	2	2	2
21	2	0	2
22	0	0	0
Pontuação	51	45	53
Avaliação	Alterado	Alterado	Alterado

A ausência de comunidades animais indica elevado grau de perturbação ao longo do curso do rio. É possível observar nos pontos amostrais alterações na cobertura vegetal ciliar, sendo substituídas por ocupações da construção civil, agricultura intensiva (Cana-de-açúcar) e plantas industriais.

Identificou-se também modificações severas no fundo do rio, por vezes formando um substrato lamoso. A elevada pressão antrópica ao longo de décadas tem transformado o rio Cotinguiba em um ambiente impróprio à vida. O resultado desse protocolo deixa claro a necessidade de mudança na



forma de se relacionar com este rio e sobretudo de intervenção ambiental para recuperação do mesmo, possibilitando a restauração da qualidade de suas águas a níveis aceitáveis para consumo e usufruto diverso.

5. ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA

5.1 Cor verdadeira e Turbidez

De acordo com a Resolução do CONAMA n° 357/2005 a cor verdadeira para classe 1 e 2 o limite máximo é de 75 mg Pt/L (miligramas de platina por litro). Para o parâmetro de turbidez esta Resolução, diz que para rios de classe 1 o limite máximo é de 40 UNT (Unidades Nefelométrica de Turbidez) e para rios de classe 2 o limite máximo é de 100 UNT. Nos Pontos 2 e 3 a cor verdadeira e turbidez (Tabela 4), os valores estão dentro das faixas determinadas pela Resolução do CONAMA n° 357/2005.

Tabela 4. Resultados da cor verdadeira e turbidez da água.

Pontos	Cor verdadeira (mg Pt/L)	Turbidez (UNT)
P1	82,50	41,70
P2	68,00	5,60
P3	43,00	11,40

O P1, a cor verdadeira correspondeu a 82,50 mg Pt/L e a turbidez 41,70 UNT (Tabela 1; Figura 2A), ambos ultrapassaram o limite máximo estabelecido pela Resolução do CONAMA n° 357/2005, esses parâmetros quando elevado obstrui a penetração dos raios solares, afetando assim a sobrevivência das espécies aquáticas, pois são poucas as espécies que resistem as condições severas de poluição (PINTO *et al.*, 2010). Neste ponto, os índices acima do limite máximo permitido da cor verdadeira e turbidez (Tabela 4) pode estar relacionado a localização e a características do P1, neste ponto o trecho do rio se resume a um estreito filete d'água (Figura 2B), cercado por canais e próximo a uma indústria.



Figura 2. A: Cor da água; B: Vista do Ponto 1.



Pesquisas mostram que a cor verdadeira é um indicador da presença de matéria inorgânica (ferro e manganês) e matéria orgânica (plâncton e húmus). Além desses, outros fatores que tem influência na alteração da cor são os esgotos domésticos e despejos industriais, dentre outras substâncias dissolvidas na água (LIMA *et al*, 2018). Já a turbidez na água é geralmente causada pela presença de partículas suspensas (silte, argila, sílica, coloides), plâncton e outros microrganismos, além da ausência de mata ciliar (NOGUEIRA *et al*, 2015; LIMA, 2015).

5.2 Temperatura, Potencial Hidrogeniônico e Condutividade elétrica

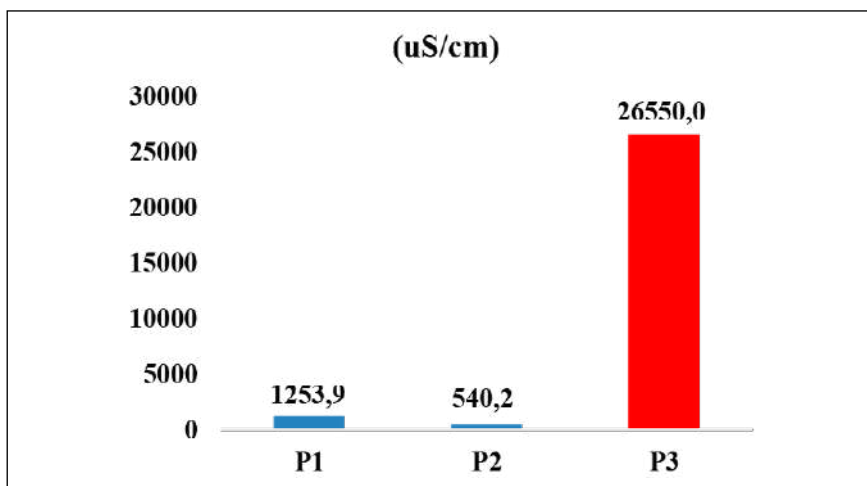
A resolução CONAMA nº 357/2005 não estabelece um valor limite para a temperatura e condutividade elétrica para a água salobra. Nos três pontos onde foram realizadas as coletas, a temperatura da água se manteve estável em 25 °C. Vale ressaltar que as coletas da água foram realizadas no período chuvoso (inverno), isto pode explicar a estabilidade da temperatura nos três pontos, pois, de acordo com Damasceno *et al*. (2010), o principal fator que influencia na temperatura da água é a estação do ano. Além desse, outros fatores que influenciam na temperatura são as velocidades do vento, e os lançamentos dos efluentes domésticos e industriais. Ainda vale salientar que a temperatura é um fator determinante na condução das reações que afetam os processos químicos, físicos e biológicos (CUNHA, 2003; LIMA, 2015).

Com relação à faixa de concentração do pH da água do rio Cotinguiba variou entre 7,14 a 7,72 (P1 7,14; P2 7,57; P3 7,72), de acordo com a Resolução nº 357/2005 do CONAMA (BRASIL, 2005), estes valores estão dentro da faixa de 6 a 9 exigida para todas as classes das águas.

A variação do pH das águas superficiais se deve principalmente à origem antropogênicas (efluentes domésticos e industriais) ou de origem natural (fotossíntese e dissolução das rochas), esses fatores são os responsáveis por alterar o equilíbrio químico e biológico do meio ambiente (LIBÂNIO, 2005; BRASIL, 2006). O pH da água não determina sua potabilidade, mas é um parâmetro importante, pois, interfere na distribuição das formas livre e ionizada de inúmeros compostos químicos, além de contribuir no grau de solubilidade das substâncias e definir o potencial de toxicidade de vários elementos (BRASIL, 2006).

No que se refere a CE, o valor médio verificado para o parâmetro, considerando os três pontos das amostras analisadas foi de 9.448,3 uS/cm (micro Siemens por centímetro), havendo variação de 540,2 uS/cm a 26.550,0 uS/cm (Figura 3). Embora não haja na legislação que estabeleça o limite máximo permitido para a CE, o alto valor deste parâmetro significa que há uma anormalidade nesta parte dos recursos hídricos.

Figura 3. Valores obtidos para condutividade.



De acordo com Santos (2007, p. 22), “a condutividade elétrica da água é determinada pela presença de substâncias dissolvidas que se dissociam em ânions e cátions”, ou seja, é a capacidade de a água transmitir corrente elétrica, sendo proporcional à concentração de íons dissociados em um sistema aquoso. Embora não represente um risco para a saúde humana, pelo seu valor, pode-se calcular a concentração de SDT que, quando em excesso, pode ser prejudicial à saúde humana (SANTOS; MOHR, 2013).

Os altos valores de CE podem indicar a descarga de sais (sódio, potássio, cálcio, amônio, cloro, entre outros) e a presença de eletrólitos nos efluentes, possivelmente proveniente da descarga de efluentes sólidos e domésticos. Portanto, este parâmetro não pode determinar quais íons existem na água, mas é um indicador importante de possíveis fontes poluidoras (CETESB, 2014; SANTOS; MOHR, 2013; ZIUN *et al*, 2009).

5.3 Sólidos Dissolvidos Totais e Oxigênio dissolvido

O P3 apresentou a maior concentração de SDT (14870 mg/L, miligrama por litro), provavelmente, devido ao intenso lançamento de efluentes que o rio recebe ao longo de seu curso até chegar nesse ponto, tendendo a acumular cargas desses sedimentos, este ponto apresenta menor velocidade de suas águas. Isso porque a trajetória do manancial é afetada por bancos de areia sinuosos e inundados, que podem ajudar a reduzir o fluxo e a velocidade da água, bem como por maiores concentrações de sais.

O P1 também apresentou valores (Tabela 5) do SDT acima do estabelecido pela Resolução nº 357/2005 do CONAMA (abaixo de 500 mg/L) para águas Classe 2 (abastecimento humano), isso provavelmente se deve a um comportamento de escoamento mais lento nesse trecho e devido ao fato desse ponto ficar próximo a uma usina de açúcar e cercado por canaviais.

Tabela 5. Concentração de SDT e OD nas amostras de água coletadas.

Pontos	SDT (mg /L)	OD (mg O ₂ /L)
P1	702,2	1,64
P2	302,5	3,95
P3	14870,0	3,84

Os SDT é um parâmetro importante, sua quantificação deve ser realizada principalmente em locais com alta quantidade de resíduos industriais, atividades agrícolas e pecuária, e nos rios na qual, a água é escassa e há evaporação alta, havendo alta concentração de acúmulo de sólidos (HERMES; SILVA, 2004; BORTOLI, 2016). Além disto, os SDT na água representam todas as substâncias que permanecem como resíduos, após evaporação, secagem ou calcinação da amostra a uma temperatura pré-estabelecida durante um tempo fixado (CETESB, 2009).

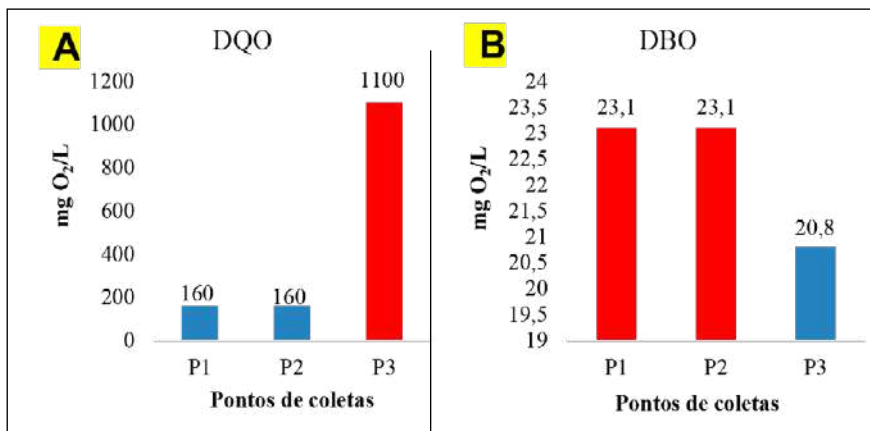
Com relação ao OD, segundo a Resolução n° 357/2005 do CONAMA a concentração do OD, em qualquer amostra, não deve ser inferior a 5 mg O₂/L (miligrama de oxigênio por litro) para Águas Salobras. Todos os pontos analisados encontram-se em desacordo com a resolução (Tabela 5), sendo que o P1 tem a situação mais crítica, pois, foi o ponto que apresentou a menor concentração de OD (1,64 mg O₂/L). Tal fato pode estar relacionado a alta taxa dos lançamentos de efluentes domésticos com alta carga orgânica, consumindo o OD e elevando a DBO, além do lançamento de cargas poluidoras industriais. De acordo com Piveli e Kato (2005), além dos esgotos sanitários, águas residuais industriais são também predominantemente orgânicas, como são os casos dos efluentes de indústrias de celulose, alimentícias, usinas de açúcar e álcool, etc.

OD disponível no meio ambiente e leva a alterações na biota aquática, porém, nas amostras analisadas (da temperatura 25°C em todos os pontos), esses valores se encontram dentro de limites aceitáveis e sem variações significativas.

5.4 Demanda Química de Oxigênio e Demanda Bioquímica de Oxigênio

O parâmetro DQO não possui limites estabelecidos pela Resolução nº 357/2005 do CONAMA. Entretanto, a DQO é a quantidade de oxigênio necessária para oxidação da matéria orgânica em um corpo hídrico por meios oxidantes químicos, que geralmente tem um poder de oxidação maior que os resultantes da ação de microrganismos (SPERLING, 2005; SOUZA, 2010; SILVEIRA, 2014). Neste estudo, como pode ser observado no Figura 5, o P1 e P2 a DQO se manteve estável (160 mg O₂/L, já o P3 o nível foi quase 7 vezes maior (1100 mg O₂/L) que os demais pontos (Figura 4).

Figura 4. A: Concentração de DQO; B: Concentração DBO obtidas no rio Cotinguiba.



De acordo com o CETESB (2009) a elevação da concentração de DQO num corpo d'água é ocasionado, na maioria das vezes, por despejos de origem doméstica e industrial. Assim, a DQO é um parâmetro indispensável nos estudos de descrição de esgotos sanitários e de efluentes industriais. É interessante a utilização da DQO conjuntamente com a DBO para observar a parcela biodegradável dos despejos (CETESB, 2009; SOUZA, 2010). Desta forma, os valores da DQO são normalmente maiores que os da DBO, devido à fração não biodegradável de um efluente, que geralmente é de origem industrial.

A DBO é um indicador para a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica biodegradável sob condições aeróbicas. Isto é, avalia a quantidade de oxigênio dissolvido, e mg O₂/L (HERMES *et al.*, 2006; PALMA-SILVA, 2006). O lançamento de águas residuais com alto teor de DBO, em corpos hídricos, causa um crescimento elevado de bactérias anaeróbias, reduzindo a concentração de oxigênio dissolvido (BRASIL, 2006).

Os pontos analisados nessa pesquisa apresentaram valores de DBO (Figura 4) acima do preconizado pela Resolução nº 357/2005 do CONAMA que é de 5 mg O₂/L. No P1 e P2 o teor de DBO se manteve estável (23,1 mg O₂/L), o P3 apresentou a menor concentração de DBO (20,8 mg O₂/L). O alto teor de DBO nos três pontos indicam uma quantidade elevada de matéria orgânica dos esgotos e de vegetais em decomposição nesses trechos onde foram realizadas as coletas. De acordo com Vasco *et al.* (2011) o período chuvoso é outro fator que aumenta o teor de DBO, pois, nesse período advém um maior lançamento de partículas de solo e material orgânico nos rios o que eleva a carga orgânica.

De acordo com Hermes *et al.* (2006) o teor elevado de DBO indica a existência de substâncias minerais na água, consumidoras de oxigênio, além de substâncias orgânicas. Pois, o alto teor de matéria orgânica presente num corpo d'água pode induzir à completa extinção do oxigênio na água, provocando o desaparecimento de peixes e outras formas de vida aquática. Assim, o valor elevado de DBO pode indicar o aumento da microflora presente e interferir no equilíbrio dos organismos aquáticos, além de produzir sabores e odores desagradáveis (HERMES *et al.*, 2006; CETESB, 2010; VASCO *et al.*, 2011).

55 Fósforo Total

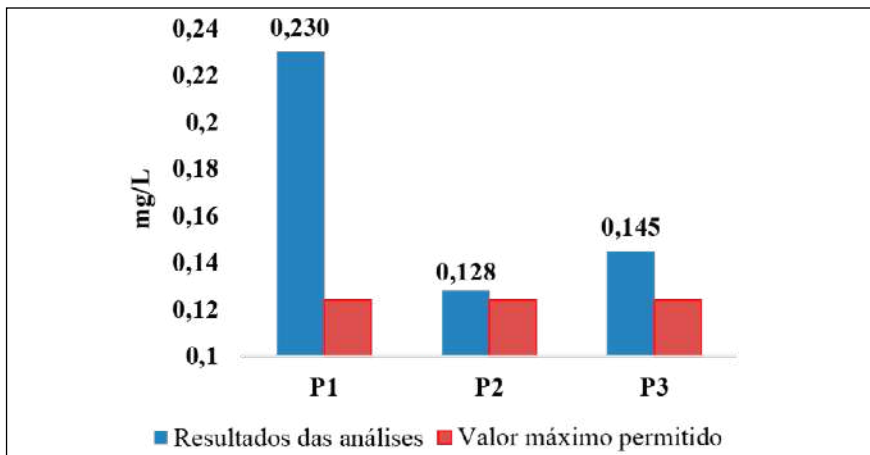
O Fósforo é um elemento não metálico, pode ocorrer em várias formas orgânicas ou inorgânicas, podendo estar presente na água, dissolvido ou em partículas. Sendo considerado um elemento essencial ao crescimento de algas, mas em excesso o fósforo pode causar processo de eutrofização dos corpos d'água (SPERLING, 2005; SOUZA, 2010).



As concentrações de FT obtida a partir das amostras coletadas para os três pontos analisados variaram de 0,128 mg/L a 0,230 mg/L (Figura 5). Esses resultados encontram-se acima do valor estabelecido pelo Resolução nº 357/2005 do CONAMA que é 0,124 mg/L para Classe 1 (Águas Salobras). Dentre os três pontos, o P1 foi o que apresentou a maior concentração de FT quase, 200% acima do valor permitido.

Segundo Palma-Silva (2006), as atividades industriais, o lançamento de esgoto, decomposição de matéria orgânica, fertilizantes e pesticidas, podem ser os responsáveis pelo fósforo nas águas do rio, mas o principal responsável é o solo das áreas agrícolas quando carregado para dentro do rio, principalmente, durante o período de chuvas (SILVEIRA *et al.*, 2015; SCARLATTI, 2019). Portanto, a possível causa para o P1 apresentar o nível maior de Fósforo que os demais podem ser devido a sua localização, o ponto fica próximo a uma indústria que beneficia a cana-de-açúcar produzindo álcool combustível e açúcar. Além disso, outro fator que eleva os níveis de Fósforo são os fertilizantes utilizados nas plantações de cana-de-açúcar da região, pois, esse ponto é cercado por canaviais.

Figura 5. Resultados do parâmetro FT.



Para o P2 o lançamento de efluentes domésticos sem tratamento direto nos cursos d'água, podem ser os responsáveis pelo fósforo nas águas desse trecho do rio, pois este ponto fica em uma área 100% urbana. Já para o P3 a concentração de FT pode estar relacionada as fontes difusas devido ao escoamento do rio, pois, o P3 recebe águas do P1 e P2.

Em estudo no rio Cotinguiba sobre o FT Santos e Araújo (2013b) concluíram que os lançamentos de efluentes domésticos em alguns trechos do rio foi responsável pelo índice elevado de Fósforo Total nas águas deste rio. Isto, levam a comprovação de contaminação permanente (recente e remota) das águas por matéria orgânica ou decomposição.

6 ANÁLISES MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA

Foram quantificados três dos principais indicadores microbiológicos interrelacionados: coliformes totais, coliformes termotolerantes e *E. coli*, para todos os pontos amostrados (Tabela 6).

A avaliação desse grupo de bactérias é importante na identificação do nível de contaminação da água, principalmente advindos de dejetos sanitários, pois são encontrados principalmente em fezes animais, incluindo os seres humanos. São facilmente detectáveis e quantificáveis por técnicas simples e economicamente viáveis, em qualquer tipo de água. Sua concentração na água contaminada possui uma relação direta com o grau de contaminação fecal desta. Tem maior tempo de sobrevivência na água que as bactérias patogênicas intestinais, por serem menos exigentes em termos nutricionais, além de serem incapazes de se multiplicarem no ambiente aquático ou se multiplicarem menos que as bactérias entéricas. São mais resistentes aos agentes tensoativos e agentes desinfetantes do que bactérias patogênicas.

A resolução Conama nº 357, de 17 de março de 2005, as amostras coletadas nos pontos foram enquadradas após análise de componentes físico-químicos e microbiológicos, como de "classe 2" para águas doces e "classe 1" para águas salobras, na qual indica níveis máximos da presença de coliformes, onde para uso de recreação de contato primário deverá ser obedecida



à Resolução CONAMA n° 274, de 2000. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 200 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais, de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A *E. Coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro CTT de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente.

Tabela 6. Análise da água para bactérias do grupo Coliformes.

Grupo	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Padrão L1	Padrão L2
Coliformes Totais	$2,2 \times 10^4$	$1,1 \times 10^5$	$1,7 \times 10^3$	-	-
Coliformes Termotolerantes	$1,7 \times 10^4$	$2,1 \times 10^4$	$1,7 \times 10^3$	-	-
<i>Escherichia coli</i>	$1,7 \times 10^4$	$9,2 \times 10^3$	$1,1 \times 10^3$	10^3	$2,5 \times 10^3$

Nesta análise, as amostras apresentaram, em geral, valores elevados (Tabela 6) da presença dessas bactérias indicando possível contaminação por efluentes domésticos, representados em sua maioria pelo lançamento de esgoto sem tratamento no curso do rio.

O Cotinguiba é um rio urbano, ao menos na porção que cabe ao município de Laranjeiras, pois se encontra cercado por comunidades humanas ao longo do seu curso. O histórico de ocupação desses ribeirinhos data de tempo distante, quando não se havia legislação obrigando ao devido saneamento dos dejetos. Sendo assim, a maioria das moradias dispõem de sistema ineficaz de armazenamento e escoamento desses dejetos, quando dispõe de algum sistema. Na área urbana 29% da população se beneficia do esgotamento sanitário, através de rede geral de esgoto ou pluvial, já na área rural apenas 7% possuem este tipo de sistema. Com relação à rede de abastecimento de água atende 94% da população urbana, já na área rural 55% da população é atendida por rede geral de água (IBGE, 2010).

Subgrupo das bactérias do grupo coliforme que fermentam a lactose a $44,5 \pm 0,2$ °C em 24 horas; tendo como principal representante da *E. coli*, de origem exclusivamente fecal.

De acordo com os parâmetros analisados para o atendimento da Classificação dos Corpos d'água, segundo a norma vigente (Res. Conama n°



357/2005): O corpo receptor sendo água doce – Classe 2, o resultado reportado para o parâmetro Coliformes Termotolerantes nesta amostra não atende ao limite estabelecido. O corpo receptor sendo salino ou salobro – Classe 1, o resultado reportado neste relatório para o parâmetro Coliformes Termotolerantes nesta amostra não atende ao limite estabelecido (Tabela 6).

As bactérias pertencentes à família Enterobacteriaceae do grupo coliforme que fermentam a lactose e manitol, com produção de ácido e gás a $44,5 \pm 0,2$ °C em 24 horas, produz indol a partir do triptofano, oxidase negativa, não hidrolisa a ureia e apresenta atividade das enzimas β -galactosidase e β -glucuronidase, sendo considerado o mais específico indicador de contaminação fecal recente e de eventual presença de organismos patogênicos. É a única espécie do grupo dos coliformes termotolerantes cujo habitat exclusivo é o intestino humano e de animais homeotérmicos, onde ocorre em densidades elevadas.

A origem fecal da *E. coli* é inquestionável e sua natureza ubíqua pouco provável, o que valida seu papel mais preciso de organismo indicador de contaminação tanto em águas naturais quanto tratadas. Embora a maioria dessas bactérias não seja patogênica, pode representar riscos à saúde, como também deteriorar a qualidade da água, provocando odores e sabores desagradáveis.

As análises das amostras para *E. coli* nesta pesquisa revelou o mesmo resultado das bactérias termotolerantes, uma vez que integra o mesmo grupo, entretanto com valores distintos (Tabela 6).

7 CONCLUSÕES

A partir das análises foi possível concluir que há alterações significativas na qualidade da água do rio Cotinguiba ao longo do trecho avaliado. Muitos dos parâmetros analisados apresentaram valores elevados em referência às normas legais vigentes no país, principalmente Res. Conama 357/2005. Isso indica que a qualidade da água, neste trecho do rio, encontra-se fora dos níveis aceitáveis para o consumo humano.



Apesar dos valores de pH e temperatura estarem dentro do padrão em todos os pontos verificados, os demais parâmetros estão em descompasso, apresentando valores acima do mínimo aceitável na potabilidade hídrica. De forma prática, conclui-se que a ingestão humana e possivelmente de outros animais dessas águas está comprometida, que a captação direta dessa fonte superficial não pode ser destinada ao consumo humano.

De modo geral, os parâmetros físico-químicos e microbiológicos dos três pontos do rio analisados permitiram inferir que este encontra-se fora dos padrões de potabilidade, sendo necessárias medidas interventivas para controle e restauração da qualidade da água. Além disso, a metodologia PAR indicou alterações preocupantes no ambiente fluvial avaliado, denotando baixa biodiversidade e desequilíbrio ambiental quase que uniforme ao longo do trecho estudado. Assim, concluiu-se que o rio Cotinguiba possui baixa qualidade hídrica, encontra-se impróprio para o banho e para ingestão direta.

REFERÊNCIAS

BARRETO, M. L.; LARREA-KILLINGER, C.; RÊGO, R. C. F. **Impacto de um programa de saneamento ambiental na saúde: fundamentos teórico-metodológicos e resultados de pesquisa interdisciplinar**. Salvador: Editora da UFBA, 2018.

BORTOLI, J. **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. 152 f. Dissertação (Mestrado em Ambiente e Desenvolvimento) – Centro Universitário Univates, 2016.

BRAGA, B. *et al.* **Introdução à Engenharia Ambiental** – 2ª ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

BRASIL. Lei Federal nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial Da União**. 2010.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria De Vigilância Em Saúde. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano/ Ministério da Saúde**, Secretaria de Vigilância em Saúde. Brasília: Ministério da Saúde, 2006. 12 p.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: **24º Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2018**. Brasília: SNS/MDR, 2019. 180 p.



BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 357 de 17/03/2005. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, n. 53, 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Orientações técnicas para coleta, acondicionamento e transporte de amostras de água para consumo humano**. Brasília: Ministério da Saúde. 2013. 18 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**. Brasília: Ministério da Saúde, 2006. 212 p.

CALLISTO, M.; FERREIRA, W. R.; MORENO, P.; GOULART, M.; PETRUCIO, M. Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa (UFMG). **Acta Limnológica Brasiliensis**, v. 14, n. 1, p. 91–98, 2002.

CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Qualidade das Águas Superficiais do Estado de São Paulo 2013**. CETESB, São Paulo, p. 303, 2014.

CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das águas e dos Sedimentos e Metodologias Analíticas de Amostragem**. CETESB, São Paulo, p. 44, 2009.

CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Variáveis de Qualidade das Águas**. CETESB, São Paulo, p. 52, 2010.

CUNHA, C. L. N.; MONTEIRO, T. C.; ROSMAN, P. C. C. Poluição em rios utilizando modelagem computacional. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 8, n. 3, p. 126–134, 2003.

DAMASCENO, L. M. O.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; DIAS, N. S.; FRANCO, J. L. D.; SILVA, E. F. Aspectos qualitativos da água do Rio Poty na região de Teresina, PI. **Revista Ciência Agronômica** (UFC. Impresso), v. 14, p. 139–148, 2010.

EPA, Environmental Protection Agency. 1987. **Biological criteria for the protection of aquatic life**. Division of water quality monitoring and assessment, Columbus.v.Hill, 120p. (Surface water section).

HANNAFORD, M. J.; BARBOUR, M. T.; RESH, V.H. Training reduces observer variability n visual-based assessments of stream habitat. **Journal of North American Benthological Society**, v.16, n.4, p.853–860, 1997.

HERMES L. C.; SILVA A. S. **Avaliação da qualidade das águas: manual prático**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004, 55p.

HERMES, L. C.; FAY, E. F.; SILVA, C. M. M. de S.; SILVA, E. F. F. **Considerações Gerais à Classificação e Monitoração de Qualidade da Água**. In: Elizabeth F. Fay; Célia Maria M. S. da Silva. (Org.). Índice do Uso Sustentável da Água (Isa-Água) – Região do Submédio São Francisco. Jaguariúna, v. 1, n. 1, p. 17–41, 2006.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Panorama da População de Laranjeiras**. 2021. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/se/laranjeiras/panorama>. Acesso em: 20 ago. 2021.



LIBÂNIO, M. **Fundamentos da Qualidade da água**. Campinas, SP. Editora Átomo, 3ª Edição, 2010.

LIMA, R. S. **Qualidade da água dos reservatórios situados na bacia hidrográfica dos rios Piauí – Real: uma avaliação com base em técnicas estatísticas multivariadas e razões iônicas**. 2015. 101 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão, 2015.

NOGUEIRA, F. F.; COSTA, I. A.; PEREIRA, A. P., R. S. **Análise de parâmetros físico-químicos da água e do uso e ocupação do solo na sub-bacia do Córrego da Água Branca no município de Nerópolis – Goiás**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental e Sanitária) – Universidade Federal de Goiás. Goiânia, p. 53. 2015.

PALMA-SILVA, G. M. D. **Relação dos indicadores microbiológicos com outros parâmetros limnológicos no rio Corumbataí, SP, no intuito de propor um modelo temático para gestão ambiental**. 2006. Rio Claro, 175 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro, Rio Claro, 2006.

PHILIPPI JUNIOR, A. **Saneamento, saúde e ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável**. 2 ed. Barueri: Manole, 2005.

PIMENTA, S. M.; PEÑA, A. P.; GOMES, P. S. Aplicação de métodos físicos, químicos e biológicos na avaliação da qualidade das águas em áreas de aproveitamento hidroelétrico da bacia do Rio São Tomás, Município de Rio Verde – Goiás. **Sociedade & Natureza**, v. 21, n.3, p. 393–412, 2009.

PINTO, A. L.; OLIVEIRA, G. H.; PEREIRA, G. A. Avaliação da Eficiência da Utilização do Oxigênio Dissolvido como Principal Indicador de Qualidade das Águas Superficiais da Bacia do Córrego Bom Jardim, Brasilândia/MS. **Revista de Geografia**, Meio Ambiente e Ensino – GEOMAE (Online), v. 1, p. 69–82, 2010.

PIVELI, R. P.; KATO, M. T. **Qualidade das Águas e Poluição: Aspectos Físico-Químicos**. São Paulo/SP: ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 1, 2005, 285 p.

SANTOS, J. R. **Aspectos físico-químicos e metais pesados na água e sedimento do Rio Verruga no município de Vitória da Conquista – BA**. 2007. 81 f. Dissertação (Mestrado em Química Analítica) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Jequié – BA, 2007.

SANTOS, R. S.; MOHR, T. Saúde e qualidade da água: análises microbiológicas e físico-químicas em análises subterrâneas. **Revista Contexto & Saúde**, Ijuí, v. 13, n. 25, p. 46–53, 2013.

SANTOS, W. A.; ARAÚJO, H. M. **Produção do espaço e geográfico e desenvolvimento socioeconômico da sub-bacia hidrográfica do rio Cotinguiba/SE**. *Geografares*, v. 14, p. 156–186, 2013a.



SANTOS, W. A.; ARAÚJO, H. M. **Geologia e recursos hídricos superficiais e subterrâneos da sub-bacia hidrográfica do rio Cotinguiba–SE**. Boletim de Geografia (Online), v. 31, p. 5–18, 2013b.

SCARLATTI, V. M.; QUELUZ, J. G. T.; YABUKI, L. N. M.; GARCIA, M. L. Avaliação da qualidade das águas superficiais do município de Rio Claro/SP. **Geociências**, São Paulo, v. 38, p. 741–754, 2019.

SCHNEIDER, F. A. **Avaliação do Índice de Qualidade de Águas Superficiais (IQA) em área de influência direta de uma pedreira**. 2014. 103 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental) – Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2014.

SERGIPE. **Lei nº: 6.977**, de 03 de novembro de 2010, dispõe sobre a Política Estadual de Saneamento, e dá providências correlatas. Sergrase: Aracaju/SE, 2010.

SILVEIRA, A. M. **Avaliação da qualidade da água da bacia hidrográfica do rio Sergipe usando análise multivariadas de dados**. 2014. 121 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2014.

SILVEIRA, A. M.; PASSOS, E. de A.; ALVES, J. do P. H. A.; MARQUES, M. N. **Avaliação da qualidade da água da bacia hidrográfica do rio Sergipe usando análise multivariada de dados**. In: 2º Congresso Internacional RESAG 2015 Gestão da água e Monitoramento Ambiental, 2015, Aracaju. 2º Congresso Internacional RESAG 2015 Gestão da água e Monitoramento Ambiental, 2015.

SOUZA, G. de S. **Avaliação da Bacia Hidrográfica do rio Paraguai utilizando análise multivariada**. 2010. 113 f. Dissertação (Mestre em Química Analítica) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2010.

SOUZA, M. F. M. **O saneamento básico e suas implicações no meio ambiente e na saúde humana**. 2014. 41 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização)– Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2014.

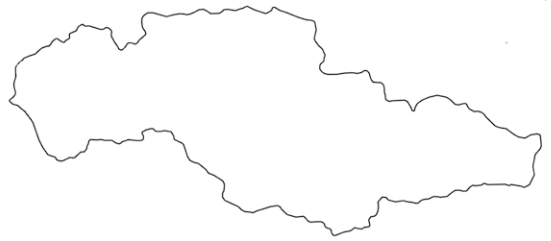
SPERLING, M. V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: Editora da Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.

TOMÉ L. M. **Saneamento**. Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste – ETENE, v. 4, n. 85, p. 1–14, 2019.





VASCO, A. N. do; BRITTO, F. B.; Pereira, A. P. S.; Mélo Júnior, A. V.; Garcia, C. A. B.; Nogueira, L. C. Avaliação espacial e temporal da qualidade da água na Sub-Bacia do rio Poxim, Sergipe, Brasil. **Revista Ambiente & Água – An Interdisciplinary Journal of Applied Science**. v. 6, n. 1, 2011.

ZUIN, V. G.; LORIATTI, M. C. S.; MATHEUS, C. E. “O Emprego de Parâmetros Físicos e Químicos para a Avaliação da Qualidade de Águas Naturais: Uma Proposta para a Educação Química e Ambiental na Perspectiva CTSA”. **Revista Química Nova na Escola**, v. 31, n. 1, 2009.





MONITORAMENTO DA QUALIDADE DE ÁGUA NAS IMEDIAÇÕES DA USINA DE FERTILIZANTES À MARGEM DO RIO SERGIPE, LARANJEIRAS-SE

-  Lauro Roberto de Jesus Rosa
-  Carlos Alexandre Borges Garcia
-  Antenor de Oliveira Aguiar Netto
-  Sanmy Silveira Lima

1. INTRODUÇÃO

Este capítulo tem por objetivo dar um parecer, a partir de análises físico-químicas, em relação a qualidade das águas do rio Sergipe no entorno da antiga Fábrica de Fertilizantes Nitrogenados (FAFEN), atualmente arrendada pela multinacional UNIGEL. Sendo importante, pois o monitoramento constante é uma das ferramentas utilizadas para que a manutenção dos padrões das águas se mantenha constantes. Lembrando que está não é a única ferramenta, sendo necessário a fiscalização e aplicação das leis determinadas pela legislação. Além disso, através desse monitoramento, pretende-se fornecer um arcabouço que sirva de comparativo para futuras análises da mesma área.

A qualidade da água é um dos pontos mais importantes para desenvolvimento sustentável de qualquer região (XIAO, *et. al.* 2019). No entanto, os rios brasileiros recebem quatro vezes mais poluentes do que em realidade deveriam para que haja sua conservação natural, segundo o Ministério do Meio Ambiente (ALMEIDA, 2004). Logo, torna-se inteiramente relevante a análise da qualidade da água desses rios.

Para o programa hidrológico internacional da UNESCO (UNESCO-IHP-VIII, 2014–2021), solucionar o problema de escassez e qualidade da água é o terceiro tema de oito que a organização incentiva no âmbito local, regional e global com foco em segurança dos recursos hídricos. Assim como está ONG, as Nações Unidas (ONU) também entendem que a água é essencial para vida por meio de seus objetivos de desenvolvimento sustentável até 2030. Nesses objetivos está presente “monitoramento sustentável e avaliação da água e saneamento básico” (UNDP, 2015; UNITED NATIONS, 2015).

Sendo assim, pensando nos objetivos globais de sustentabilidade e controle da qualidade de água é de grande relevância o monitoramento desses recursos hídricos. Como é sabido, a poluição das águas pode acontecer por diversos fatores, esses podem ser reconhecidos como natural, industrial, urbano, agropastoril, ou ainda por meio de acidentes, derramamentos de materiais oleosos ou contaminantes de cursos hídricos (SCHNEIDER, 2017). Devido a essa diversidade de contaminantes faz-se necessário o monitoramento constante e a correta identificação da sua fonte.

É importante que se realize a conscientização e o uso correto dos recursos hídricos disponíveis, em especial para abastecimento humano e desenvolvimento econômico. Pois o deterioramento e o tratamento inadequado com as águas superficiais se tornaram um problema em praticamente todo o mundo. Onde o aumento da poluição e as mudanças climáticas são os principais fatores a interferirem nos recursos hídricos (WU, *et. al.*, 2017). Mas, com a correta administração do uso das águas superficiais haverá uma imensa mudança na qualidade das águas que determinará a manutenção do corpo hídrico na bacia hidrográfica. O que indica a importância de haver um plano de manejo do sistema de recursos hídricos (MOMBLANCH *et. al.*, 2015).

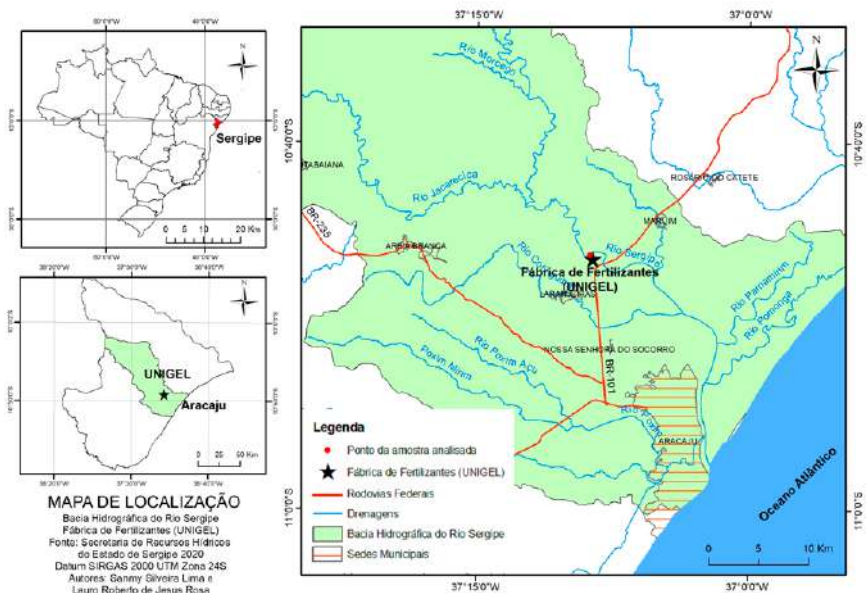


2. DESENVOLVIMENTO DO ASSUNTO

2.1. Metodologia

O foco do trabalho compreende o controle da qualidade de água ao entorno da fábrica de fertilizantes Unigel, antiga FAFEN (Petrobrás). Esta indústria está instalada ao lado do Rio Sergipe, no povoado de Pedra Branca, município de Laranjeiras, Sergipe (Figura 1). As primeiras análises foram coletadas em agosto e dezembro do ano de 2019 e posteriormente foram realizadas análises em junho e outubro de 2020. Durante esse período a fábrica de fertilizantes estava em período de hibernação, em que não houve a produção dos seus materiais nitrogenados.

Figura 1: Mapa de localização da bacia hidrográfica do Rio Sergipe, com pontos da Fábrica de Fertilizantes e do ponto de coleta.



O Projeto Azahar, o qual monitora as águas da bacia hidrográfica estudada, forneceu dados sobre a qualidade da água do rio Sergipe. As análises foram

coletadas justamente ao lado da indústria com coordenadas UTM 702692 de latitude e 8808947 de longitude. Os métodos para cada análise físico-química dos elementos analisados estão descritos de forma detalhada na tabela 1.

Através dessa análise foi realizado um estudo comparativo desses dados com os padrões estabelecidos pela Organização Mundial da Saúde (OMS), a portaria nº2914/2011 do Ministério da Saúde e da Resolução CONAMA nº 357/2005.

Tabela 1: Parâmetros físico-químicos do Rio Sergipe ao entorno da fábrica de fertilizantes administrada pela companhia UNIGEL.

Parâmetros	Metodologia	L.Q	Unid.
Coliformes Termotolerantes	SMEWW, 2017, 9221B	--	NMP/100mL
Coliformes totais	SMEWW 9221A	--	NMP/100mL
pH	SMEWW, 2017, 4500 H+ B	1-12	
Cor aparente	SMEWW, 2017, 2340 C	0,20	uH
Dureza total	SMEWW, 2017, 2340 C	2,00	mg CaCO ₃ /L
Turbidez	SMEWW, 2017, 2130 B	0,01	uT
Sólidos Totais Dissolvidos	SMEWW, 2017, 2510 A	0,006	mg/L
Fósforo Total	SMEWW, 2017, 3120 (ICP OES)	0,037	mg P/L
Bicarbonato	SMEWW, 2017, 2320 B	5,22	mg/L
Fosfato	SMEWW, 2017, 4500 P E	0,01	mg P-PO ₄ /L
Calcio	SMEWW, 2017, 3120 (ICP OES)	0,018	mg Ca/L
Nitrito	SMEWW, 2017, 4500-NO ₂ B	0,0009	mg N-NO ₂ /L
Nitrato	SMEWW, 2017, 4500-NO ₃ C	0,026	mg N-NO ₃ /L
Nitrogenio Amoniacal	Instrumental – TOC – TN	0,016	mg N/L
Potássio	SMEWW, 2017, 3120 (ICP OES)	0,059	mg K/L
Sódio	SMEWW, 2017, 3120 (ICP OES)	0,0043	mg Na/L
Cloreto	SMEWW, 2017, 4500-Cl B	2,42	mg Cl/L
Temp. da água/efluente	Instrumental	0,1	°C
Sulfatos	SMEWW, 2017, 4500-SO ₄ E	0,01	mg SO ₄ =/L

2.2. Caracterização das Análises Físico-Químicas

A qualidade da água de uma bacia hidrográfica é diretamente influenciada por agentes externos (CRUZ, *et. al.* 2019). O Rio Sergipe não é diferen-

te, ele é afetado por diversos fatores à exemplo de fontes naturais (minerais constituintes), antropogênicas associado a descargas urbanas, efluentes, indústria e superfícies de áreas agricultáveis (ALVES, *et. al.* 2018).

A legislação brasileira, representada principalmente pela Resolução CONAMA 357/2005, nesse artigo, possui padrões para determinação da qualidade de água que se deve obter para determinados tipos de consumo (Tabela 2). Estes padrões permitem uma análise comparada da qualidade de água a ser analisada.

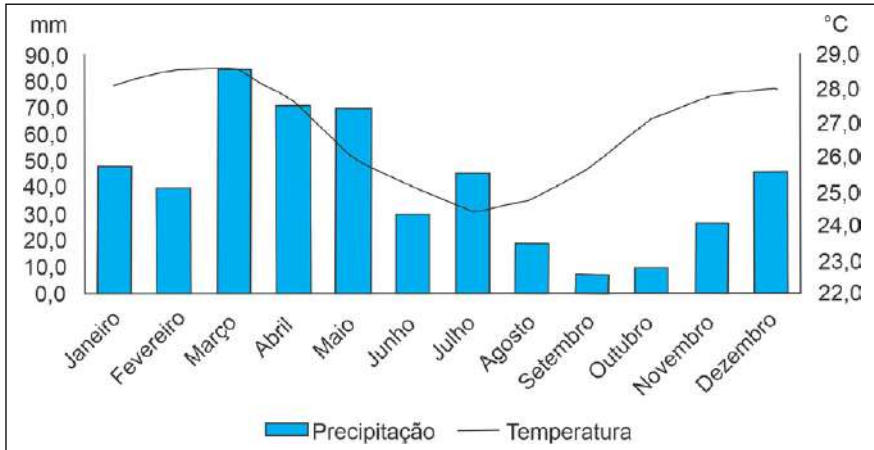
Tabela 2: Parâmetros para análise de qualidade de água e seus respectivos padrões para consumo humano e irrigação, baseado na resolução CONAMA n° 357/2005.

Parâmetros	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Colifor. totais (NPM/100 mL)	200,0	1000,0	40000,0	–
pH	6 à 9	6 à 9	6 à 9	–
Turbidez (uT)	40,0	100,0	>100	–
Sólidos totais dissol. (mg/L)	500,0	500,0	500,0	–
Cl ⁻ (mg/L)	250,0	250,0	250,0	–
Nitrito (mg/L)	1,0	1,0	1,0	>1
Nitrato (mg/L)	10,0	10,0	10,0	>10
N-NH ₃ (mg/L)	2,0	3,7	5,6	–
P (mg/L)	0,1	0,15	0,15	>0,15

Quando analisado o fator climático, por exemplo, é possível observar segundo o gráfico da figura 2, que as menores temperaturas se concentram em maio, junho, julho, agosto e setembro. Enquanto os maiores índices pluviométricos estão nos meses de janeiro, março, abril, maio, julho e dezembro (COSTA, *et. al.* 2020).

MONITORAMENTO DA QUALIDADE DE ÁGUA NAS IMEDIAÇÕES DA USINA DE FERTILIZANTES À MARGEM DO RIO SERGIPE, LARANJEIRAS-SE

Figura 2: Gráfico de média de precipitação e temperatura mensal (2015–2020) na bacia hidrográfica do rio Sergipe. Retirado de Costa *et. al.* (2020).



Os dados das análises dos principais parâmetros para monitoramento da água como pH, coliformes totais, turbidez, teor de carbono orgânico (COT), Nitrito, Nitrogênio amoniacal (N-NH₃) e metais foram plotados em tabelas e assim, realizadas suas devidas comparações e interpretações (Tabela 3).

Tabela 3: Dados de análises da região próxima a Fábrica de Fertilizantes, no rio Sergipe, durante agosto e dezembro de 2019 e junho e outubro 2020.

Parâmetros	Coliformes totais (NPM/100 mL)	Coliformes termotolerant	pH	Turbidez	Cor aparente (uH)	Sólidos totais dissolvidos (mg/L)	Dureza total (mg CaCO ₃ /L)	Cl ⁻ (mg/L)	Nitrito (mg/L)	Nitrato (mg/L)	N- NH ₃ (mg/L)	Bicarbonato (mg/L)	P (mg/L)	Ca (mg/L)	Na (mg/L)
Campanhas															
Agosto/2019	1300,000	49,000	8,120	33,100	58,700	4977,000	21,320	1359,000	0,012	0,620	0,100	157,300	0,340	8,270	1216,000
Dezembro/2019	240,000	9,300	7,560	10,360	21,200	15250,000	3282,000	9468,000	0,050	0,268	0,010	194,300	3,850	301,000	4340,000
Junho/2019	1100,000	13,000	8,000	69,900	169,000	828,000	23,400	537,506	9,326	2,807	0,100	161,400	0,024	60,296	286,21
Outubro/2020	130,000	13,000	7,520	3,500	2,500	19740,000	4010,000	1080,000	0,005	0,026	0,010	190,800	0,093	306,100	5998,000
Mínimo	130,000	9,300	7,250	3,500	2,500	828,000	21,320	537,506	0,005	0,026	0,010	157,300	0,024	8,270	286,521
Máximo	1300,000	49,000	8,120	69,900	169,000	19740,000	4010,000	10800,000	9,326	2,807	0,100	194,300	3,850	306,100	5998,000
Média	692,500	21,0475	7,800	29,215	62,850	10198,750	1834,180	5541,127	2,348	0,930	0,055	175,950	1,077	168,916	2960,130
Mediana	670,000	13,000	7,780	21,730	39,950	10113,500	1652,700	5413,500	0,031	0,444	0,055	176,100	0,217	180,648	2778,000
Desvio Padrão	593,373	18,698	0,305	29,928	74,525	8786,888	2113,115	5341,738	4,652	1,275	0,052	19,294	1,854	156,919	2666,013

A região de estudo possui dois povoados próximos, o São José e Pedra Branca, além da própria fábrica de fertilizantes, sendo esses os principais responsáveis pela emissão de esgotamento sanitário na região. As análises



para coliformes fecais indicam resultados de 1300 NMP/100ml em agosto de 2019, 240 NMP/100ml em dezembro de 2019, 1100 NMP/100ml em junho de 2020 e 130 NMP/100ml em outubro de 2020 (Tabela 3). De acordo com a Resolução CONAMA 357/2005 a concentração máxima permitida para os coliformes fecais para vários usos, é de até 200 NPM/100 ml para a Classe 1, 1000 NPM/100 ml para a Classe 2, 4000 NPM/100 ml para a Classe 3 e qualquer valor acima deste último caracteriza a Classe 4 (Figura 3A). Logo, essas águas em agosto de 2019 e junho de 2020 se enquadravam na classe 3, enquanto em dezembro de 2019 e outubro de 2020 as mesmas se enquadram na classe 2 das águas doces. Importante verificar que os valores seguem uma certa sazonalidade.

Dentro do grupo de coliformes totais encontra-se os coliformes termotolerantes ou coliformes fecais em que a principal espécie é a *Escherichia coli* (*E. Coli*) exclusivamente fecal (ALVES, *et. al.* 2018). A portaria nº2914/2011 do Ministério da Saúde estabelece que a água adequada para consumo humano deve estar livre de *E. Coli* e de bactérias do grupo dos coliformes totais em 100 ml de amostragem. No entanto, as análises indicam os valores de 49 NMP/100ml e 240 NMP/100ml para o segundo semestre de 2019 e 13 NMP/100ml para junho e outubro de 2020 (Tabela 3). Podendo ter como causa o acesso livre de animais para dessedentação animal. Logo, essa água para consumo sem tratamento se mostra imprópria.

O potencial Hidrogeniônico (pH) compreende uma medida importante na avaliação da qualidade de água. Para a resolução CONAMA nº 357/2005 sua variação deve compreender entre 6 e 9 para águas doces de todas as classes. Os dados estão dentro dos limites da resolução citada. Estes valores de pH como indicado na tabela 3 acima são de 8,12, 7,56, 8,0 e 7,52 para os meses de agosto e dezembro de 2019, junho e outubro de 2020, respectivamente. Comparativamente com dados de Santos *et. al.* (2020) que realizou análises no rio Sergipe, as análises mostram-se de acordo com os parâmetros encontrados pelo autor.

Também se realizou análise da cor aparente, a qual possui relação direta com a turbidez, pois é o sedimento em suspensão que irá interferir na refle-



xão da luz e em consequência em como o ser humano vê a água. A cor pode ser determinada por espectrofotometria, onde segundo a Portaria N.º 36, de 19/01/1990 do Ministério da Saúde, o valor máximo permitido para cor aparente em água tratada é de 5 uH e para água em pontos da rede de distribuição de 15 uH. As análises emitiram resultados de 58,7 uH e 21,2 uH nos meses de agosto e dezembro de 2019, 169 uH em junho de 2020 e 2,5 uH em outubro de 2020. Este último resultado está qualificado segundo a legislação, além de indicar uma considerável mudança nos resultados das análises.

Em contrapartida o valor de turbidez deve atingir o máximo de 40 UNT para ser enquadrado em um corpo hídrico de Classe 1, segundo a Resolução CONAMA 357/2005, caso contrário, este será enquadrado nas classes 2 e 3. Os valores obtidos em análise são 33,1 UNT em agosto de 2019, 10,36 UNT em dezembro de 2019, 169,0 UNT em junho de 2020 e 3,5 UNT em outubro de 2020. É possível observar que há uma pequena diminuição do resultado de agosto para dezembro de 2019, mas uma alta discrepância entre os valores de junho e outubro de 2020 (Figura 3B).

Ao observar o gráfico da figura 2 é possível constatar que o mês de outubro juntamente com o de setembro possuem os menores índices de precipitação. Como é sabido, as estações chuvosas aumentam a turbidez devido à movimentação do sedimento, erosão das margens, além do aumento dos ventos e correnteza que influenciam diretamente na alteração desse parâmetro. Mas, seu aumento também ocorre por ações antrópicas como desmatamento, esgotamento sanitário, efluentes industriais, agropecuária e mineração (Buzelli *et. al.* 2013). Sendo assim, considera-se que devido a sazonalidade da região, os valores são normais.

Segundo Almeida e Schwarzbald (2003) o comportamento de resíduos sólidos totais está associado com a turbidez, onde os locais de maior poluição reflete no aumento dos mesmos. No entanto, os dados do projeto mostram algo contraditório, pois eles indicam aumento dos sólidos. Os valores são 4977 mg/L em agosto de 2019, 15250 mg/L em dezembro de 2019, 828 mg/L em junho de 2020, o menor valor, e 19740 mg/L em outubro de 2020 (Figura 3C). Sendo que a Resolução CONAMA 357/2005 indica um valor máximo de



500 mg/L para o enquadramento nas classes 1, 2 e 3, no entanto, os valores acima devem enquadrar-se na classe 4. Logo, não somente os valores estão em desacordo com os valores de turbidez, como também estão fora do enquadramento desejado pela legislação.

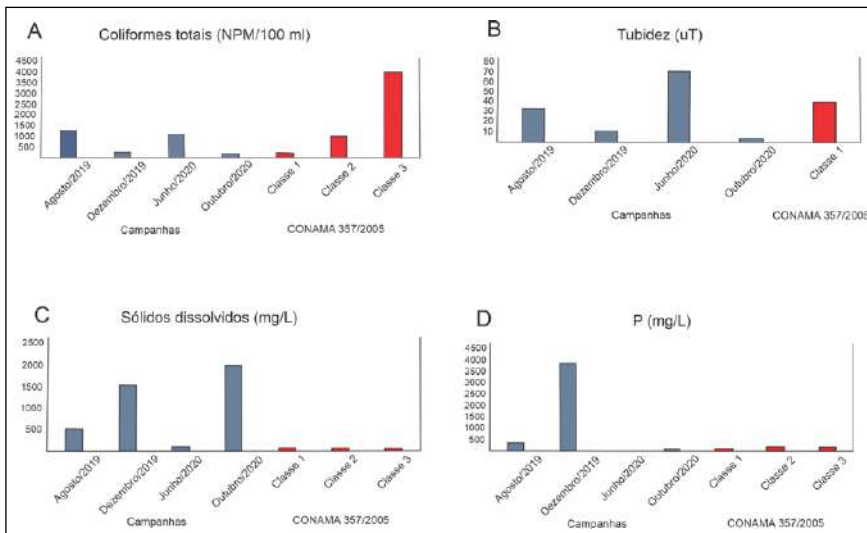
Em relação ao fósforo total, sua alta concentração pode causar diversas consequências para drenagem. Ele e o nitrogênio são responsáveis pelo processo de eutrofização, em consequência, o crescimento abundante de algas planctônicas e bentônicas, modificação na estrutura das comunidades e depreciação das funções do ecossistema (PAULA FILHO *et. al.* 2012). Para a Resolução CONAMA 357/2005, os índices de fósforo total em ambiente lótico e tributários e ambientes intermediários de água doce não devem ultrapassar o valor de 0,1 mg/L para classe 1 e 0,15 mg/L para classe 2 e 3. Os valores analisados indicam valores de 0,34mg/L e 3,85mg/L no segundo semestre de 2019 e 0,024mg/L e 0,093 mg/L em junho e outubro de 2020. Por meio desses resultados é possível observar uma diminuição dos resultados de 2019 para 2020, onde nesse último ano os valores estão dentro dos parâmetros da Resolução CONAMA 357/2005. Ao considerar que a Fábrica de Fertilizantes possui produção de fósforo, pode-se inferir que o seu tempo de parada reduziu a concentração deste elemento nas águas do Rio Sergipe, já que referente a sazonalidade no ano de 2020, ocorreu pouca diferença nos dados como indica o gráfico (Figura 3D).

O resultado dos valores das quatro amostras, para nitrogênio amoniacal tem valores de 0,1 N/L, <0,01 N/L, 0,1 N/L e 0,02 N/L (Figura 4A). Segundo a resolução CONAMA 357/2005 os valores estipulados para o nitrogênio amoniacal são 3,7 mg N/L para as Classes 1 e 2 e 13,3 mg N/L para a Classe 3. O que indica que este parâmetro se mostra controlado no Rio Sergipe para o período de agosto de 2019 à outubro de 2020. O nitrogênio consiste no componente mais importante para os ecossistemas aquáticos, alto índice desse componente pode gerar o processo de eutrofização. Em consequência, isso influencia na quantidade de oxigênio dissolvido, pH, condutividade elétrica e clorofila que pode fazer que diminua a quantidade de biodiversidade na região devido ao aumento de concentração dos parâmetros citados (WETZEL, 2001).



MONITORAMENTO DA QUALIDADE DE ÁGUA NAS IMEDIAÇÕES DA USINA DE FERTILIZANTES À MARGEM DO RIO SERGIPE, LARANJEIRAS-S

Figura 3: Gráficos de comparação entre os valores das campanhas e os limites estabelecidos pela resolução CONAMA 357/2005. A: Valores de coliformes totais. B: Valores de turbidez. C: Valores de sólidos dissolvidos. D: Valores de fósforo (P).



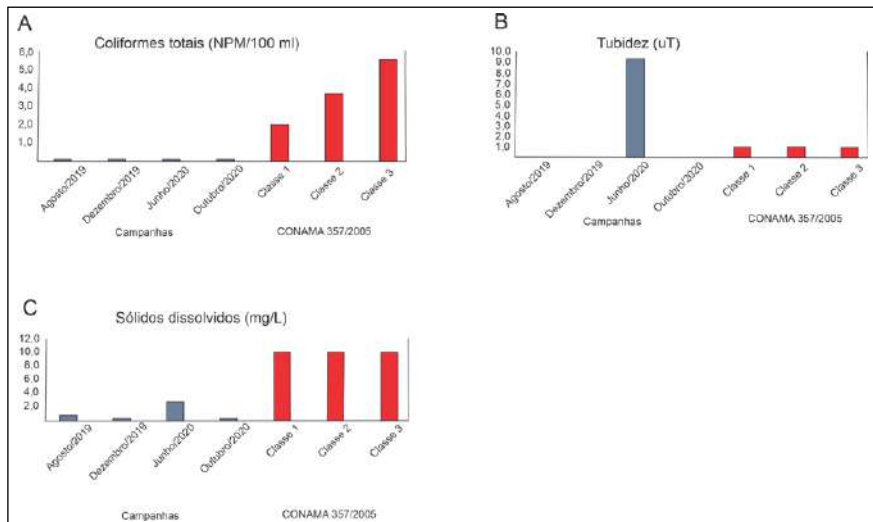
As outras formas de nitrogênio analisadas foram nitrito e nitrato. A forma de nitrito é instável na presença de oxigênio ocorrendo como uma forma intermediária, sua presença indica a atividade biológica causada por poluição orgânica (FONSECA, 2017). O nitrato, forma posterior ao do nitrito, é tóxico ao ser humano e em alta concentração pode causar doenças como a cianose e asfixia (ANA, 2021). A resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005) indica um valor máximo de nitrito de 1,0 mg/L, sendo este enquadrado nas classes de água doce 1, 2 e 3, caso seja superior a esse valor, será enquadrada na classe 4. Para o nitrato o valor máximo compreende 10 mg/L, da mesma forma é enquadrado nas classes 1, 2 e 3, caso o valor seja superior será enquadrado na classe 4.

Os valores de nitrito indicados na tabela 3 compreendem um máximo de 9,326 em junho de 2020 e mínimo de 0,005 em outubro de 2020 (Figura 4B). Enquanto para o nitrato o valor máximo é de 2,807 em junho de 2020 e 0,026 em outubro de 2020 (Figura 4C). Os valores de 2019 estão enquadrados nos limites da resolução CONAMA, assim como as do ano de 2020, com exceção do valor de nitrito de junho de 2020 que se apresenta em um ponto fora da

curva. Este valor discrepante deve ser analisado com cautela, já que a fábrica estava desativada. O que pode indicar uma fonte diferente, como despejo de fertilizantes, por exemplo.

Os elementos Potássio, Sódio e Cloreto também foram analisados. O potássio é de extrema importância para os seres humanos, mas ocorre em baixas quantidades no meio ambiente, muito comum na indústria e em fertilizantes para agricultura. O sódio aparece em baixa quantidade em águas superficiais, níveis bem abaixo do valor de 50 mg/L. O cloreto é um subproduto da cloração, sua alta concentração pode conduzir um aumento na concentração de metais na água. O aumento da concentração de sódio, como de cloreto podem ter sua fonte natural (geológica), esgoto e efluentes (DOVIDAUSKAS *et. al.*, 2017).

Figura 4: Gráficos de comparação entre os valores das campanhas e os limites estabelecidos pela resolução CONAMA 357/2005. A: Valores de nitrogênio amoniacal. B: Valores de nitrito. C: Valores de Nitrato.

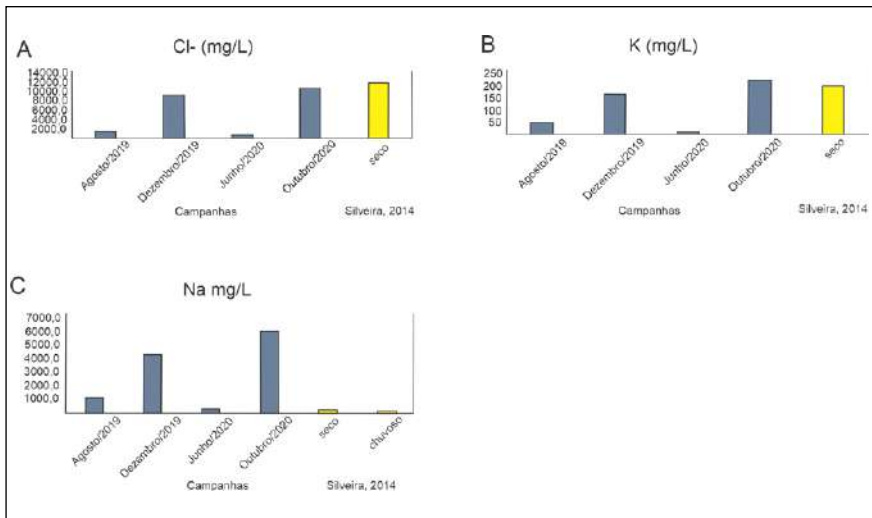


Os valores obtidos nas análises no mês de agosto de 2019 foram de 0,34 mg/L (potássio), 1216 mg/L (sódio) e 1359 mg/L (cloreto), em dezembro de

MONITORAMENTO DA QUALIDADE DE ÁGUA NAS IMEDIAÇÕES DA USINA DE FERTILIZANTES À MARGEM DO RIO SERGIPE, LARANJEIRAS-SE

2019 tem-se 167 mg/L (potássio), 4340 mg/L (sódio), 9468 mg/L (cloreto), em junho de 2020 os valores são de 11,731 mg/L (potássio), 286,52 (sódio), 537,5 (cloreto) e em outubro de 2020 os resultados foram 219,5 mg/L (potássio), 5998 mg/L (sódio) e 10800 mg/L (cloreto). Comparativamente, Silveira (2014) encontrou concentrações de sódio em 274,4 mg/L no período seco e 112,76 mg/L no período chuvoso, valor mais alto de potássio 202,21 mg/L no Rio Sergipe na região da cidade de Nossa Senhora do Socorro e valor de cloreto em 12020 mg/L na mesma região, no período seco (Figura 5C). O que indica que são valores menores aos analisados neste trabalho, com exceção do cloreto. Também se observa que os valores de cloreto, assim como os de sódio e potássio aumentam de acordo com a sazonalidade, onde possui concentrações maiores durante o período seco.

Figura 5: Gráficos de comparação entre os valores das campanhas, e valores de outro autor para o mesmo rio.



A concentração de cálcio em conjunto com bicarbonato que em consequência se transforma em carbonato de cálcio devido ao aquecimento ou elevação do pH, o qual é pouco solúvel em água, irá caracterizar a dureza total que compreende um parâmetro da qualidade da água (PÁDUA, 2001).

Segundo a Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011), estabelece-se que o limite de dureza em água para abastecimento, no Brasil, é de no máximo 500 mg CaCO_3/L . Enquanto os dados da tabela 2 indicam resultados de 21,32 mg CaCO_3/L em agosto de 2019, 3282 mg CaCO_3/L em dezembro de 2019, 23,4 mg CaCO_3/L em junho de 2020 e 4010 mg CaCO_3/L em outubro de 2020. Enquanto os índices de bicarbonato possuem valores de 157,3 mg/L, 194,3 mg/L, 161,4 mg/L e 190,8 mg/L, o qual mantêm-se com valores próximos durante o período de 2019–2020.

É possível observar que os valores de CaCO_3 aumentam durante os meses com reduzido índice pluviométrico. Sendo possível correlacionar ao aumento de sua concentração nas águas fluviais. Já que a região é geologicamente dominada por rochas cálcicas e dolomíticas (SANTOS *et. al.*, 1998). O que pode acontecer devido a fatores como percolação no aquífero e posterior subsidência. Mas, diante do fato sazonal, é possível afirmar que a indústria não possui ação sobre este índice.

A geologia da bacia sedimentar consiste em uma das principais fontes de cálcio e magnésio, bem como a dissolução dos minerais constituintes, mas os despejos industriais também contribuem para o aumento na concentração desses íons (VON SPERLING, 2007). Sabe-se que há importantes indústrias de exploração de rochas carbonáticas para produção de cimento nas imediações, sendo estas potenciais fontes. Logo, seria necessária uma investigação mais detalhada.

Portanto, observa-se que o aumento ou diminuição da concentração desses últimos elementos citados está atrelado ao período seco ou chuvoso, mas se comparar os valores entre períodos parecidos em anos distintos, para sódio, potássio e cloreto houve um aumento da concentração desses elementos. De acordo com os dados, é possível notar que provavelmente não houve influência da indústria para essa anormalidade, pelo fato de encontrar-se desativada, sendo o uso de fertilizantes na agricultura ou o esgotamento sanitário, prováveis fontes de contaminação.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados permitiram a análise de índices importantes para o monitoramento das águas do Rio Sergipe nas proximidades da indústria de fertilizantes, atualmente administrada pela empresa UNIGEL. Os casos como níveis de coliformes totais, sólidos totais, dureza total e cloretos indicam níveis inadequados em relação aos indicados pela legislação. No entanto, como esse período a indústria de fertilizantes estava sem operação, essas anomalias ocorreram provavelmente por alguma outra fonte, como por exemplo, fertilizantes utilizados na agricultura, esgotamento sanitário ou outras indústrias. Além disso, o fator sazonalidade tem influência na área, onde observa-se que há uma grande diferença entre valores em período chuvoso e em período seco. Os parâmetros de qualidade de água analisados enquadram o rio Sergipe entre as classes 2 e 3 para águas doces, segundo a resolução CONAMA 357/2005, sendo necessário o devido tratamento para o seu uso. Já as análises de nitrogênio e fósforo, elementos estes de maior impacto da indústria de fertilizantes, apresentam valores normais, inclusive diminuíram durante a hibernação da mesma. Logo, os levantamentos de dados deste trabalho poderão ser utilizados como base para comparar com monitoramentos futuros, altamente recomendado para manutenção da qualidade da água na região do rio Sergipe, próximo a fábrica de fertilizantes. E com isso, preservar o bem e a saúde da comunidade e do meio ambiente do seu entorno.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Indicadores de qualidade – índice de qualidade das águas (IQA)**. Acesso em <<http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>> acessado em 28/06/2021.

ALMEIDA, M. A. B.; SCHWARZBOLD, A. **Avaliação sazonal da qualidade das águas do Arroio da Cria Montenegro, RS com aplicação de um índice de qualidade de água (IQA)**. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos. v. 8, n. 1, p. 81–97, 2003.

ALMEIDA, M. B. **Avaliação da qualidade microbiológica da água e qualidade de vida: estudo do caso de Carretéis e arredores – Itabaianinha – SE**. Dissertação de Mestrado – NESA/UFS. São Cristóvão. 2004.



ALVES, J. P. H; FONSECA, L. C; CHIELLE, R. S. A; MACEDO, L. C. B. Monitoring water quality of the Sergipe River basin: an evaluation using multivariate. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. RBRH, Porto Alegre, v. 23, e27. 2018.

ALVES, S. G. S; ATAIDE, C. D. G; SILVA, J. X. Análise microbiológica de coliforms totais e termotolerantes em água de bebedouros de um parque público de Brasília, Distrito Federal. **Rev. Cient. Sena Aires**. Jan-Jun; 7(1): 12-7. P. 12-17. 2018.

BRASIL, **Resolução CONAMA nº357, de 17 de março de 2005. Classificação de águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional**. Publicado no D.O.U.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria n. 36 de 19 de janeiro de 1990**. Diário Oficial, Brasília, 23 jan. 1990. Seção 1, p. 1651-4.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria Nº 2.914, de 12 de Dezembro de 2011**. Acesso em < https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html> acessado em 28/06/2021.

BUZELLI, G. M.; CUNHA-SANTINO, M. B. **Análise e diagnóstico da qualidade da água e estado trófico do reservatório de Barra Bonita (SP)**. *Ambi-Agua, Taubaté*, v. 8, n. 1, p. 186-205. 2013. (<http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.930>)

COSTA, C. M; FILHO, J. C. B. N; OLIVEIRA, M. G. S. **Bacia hidrográfica do Rio Sergipe**. In: SOUSA, I. F; SANTANA, N. R. F (org); Recorte do perfil climático de bacias hidrográficas do estado de Sergipe. 1.ed. Minas Gerais. Editora Poisson. p.15-23.2020. Disponível em: https://poisson.com.br/livros/individuais/Recorte_Climatico/Recorte_Climatico.pdf. Acesso em: 16 de novembro de 2021.

DOVIDAUSKAS, S; OKADA, I. A; IHA, M. H; CAVALLINI, A. G; OKADA, M. M; BRIGANTI, R. C. **Parâmetros físico-químicos incomuns em água de abastecimento público de um município da região nordeste do Estado de São Paulo (Brasil)**. *Vigil. sanit;*5(1):106-115. 2017 <https://doi.org/10.22239/2317-269X.00840>.

FONSECA, A. L. **Determinação do índice de nitrato, nitrito e nitrogênio amoniacal na água da lagoa de Extremoz/RN**. Monografia. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 16p. 2017.

MOMBLANCH, A; PAREDES-ARQUIOLA, J; MUNNÉ, A. **Managing water quality under drought conditions in the Llobregat River Basin**. *Science of the Total Environment*; 503-504. P. 300-318. 2015.

PÁDUA, H. B. **Águas com dureza e alcalinidade elevadas conceitos e comportamentos ambientais observações iniciais na Região de Bonito/MS**. Br registro de dados - 2001 Disponível em: <www.aprappesq.com.br/apostila_helcias.doc>. Acesso em: dez. 2021.

PAULA FILHO, F. J; DE MOURA, M. C. S; MARINS, R. V. **Fracionamento geoquímico do fósforo em água e sedimentos do rio Corrente, Bacia hidrográfica do Parnaíba/PI**. *Rev. Virtual Quim*. Vol 4. No. 6. p. 623-640. 2012.



MONITORAMENTO DA QUALIDADE DE ÁGUA NAS IMEDIAÇÕES DA USINA DE FERTILIZANTES À MARGEM DO RIO SERGIPE, LARANJEIRAS-SE

PIRATOBA, A. R. A; RIBEIRO, H. M. C; MORALES, G. P; GONÇALVES, W. G. Caracterização de parâmetros de qualidade da água na área portuária de Barcarena, PA, Brasil. **Rev. Ambient. Água**, vol. 12 n. 3. Pg 435– 456. 2017. doi:10.4136/ambi-água.1910.

SALES, J. M. J; NETTO, A. O. A; MONTEIRO, A. S. C; CARVALHO, C. M. C. Variabilidade espaço-temporal da qualidade da água em área de agricultura irrigada. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**. v.14, n.º.3, p. 4071 – 4085. 2020. DOI: 10.7127/rbai.v14n101167.

SANTOS, R. A. et al. **Geologia e Recursos Minerais do Estado de Sergipe**. In: CPRM. PROGRAMA LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS BÁSICOS DO BRASIL. 1998. Brasília: Ministério de Minas e Energia.

SANTOS, J. K. P; SILVEIRA, H. T; NETTO, A. O. A; GARCIA, C. A. B; COSTA, S. S. L. Aplicação do índice aritmético de qualidade da água para avaliação das águas do rio Sergipe. **XV Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste**. 10p. 2020. acesso em < <https://www.abrhidro.org.br/xvsrhne/>>, acessado em 28/06/2021.

SCHNEIDER, J. A. **Simulação e avaliação da qualidade da água em rios**: Estudo de caso da bacia hidrográfica do rio Forqueta, RS. Monografia. Univates. 145p. 2017.

SILVEIRA, A. M. **Avaliação da qualidade da água da bacia hidrográfica do Rio Sergipe usando análise multivariadas de dados**. Dissertação de mestrado. Programa de pós-graduação em recursos hídricos. Universidade Federal de Sergipe. 2014.

TRIPATHI, M; SINGAL, K. S; **Use of Principal Component Analysis for parameter selection for development of a novel Water Quality Index**: A case study of river Ganga India. *Ecological Indicators* 96, p. 430–436. 2019.

UNDP. **Sustainable Development Goals**. UNDP 24. 2015. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>.

UNITED NATIONS. **Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable**. Dev. Gen. Assem. 16301, 1–35. 2015. <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>.

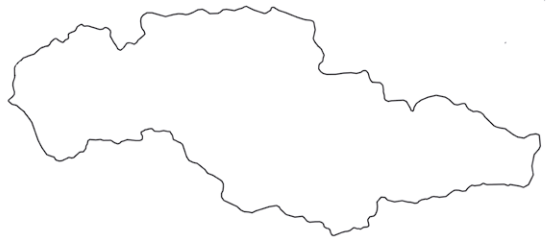
XIAO, J; WANG, L; DENG, L; ZHANGDONG, J. **Characteristics sources, water quality and health risk assessment of trace elements in river water and well water in the Chinese Loess Plateau**. *Science of the Total Environment*. 2019. v.650, p. 2004–2012.

VON SPERLING, M. **Estudos de modelagem da qualidade da água de rios**. Belo Horizonte. UFMG, Vol. 7. 452 p. 2007.




WETZEL, R. G. **Limnology**. San Diego: Academic Press, 2001. 1006 p.

WU, Z; Zhang, D; CAI, Y; WANG, X; Lu, Z; Yuwei, C. **Water quality assessment based on the water quality index method in Lake Poyang**: The largest freshwater lake in China. *Scientific Reports*. 7:17999. 2017. | DOI:10.1038/s41598-017-18285-y.





ESTADO DE CONSERVAÇÃO DAS NASCENTES DO RIO COTINGUIBA NO MUNICÍPIO DE AREIA BRANCA/SE

-  Rafaella Santana Santos
-  Ana Karolyne Fontes Andrade
-  Thadeu Ismerim Silva Santos

1. INTRODUÇÃO

Nascentes são definidas como afloramento natural do lençol freático que apresenta perenidade e dá início a um curso d'água (BRASIL, 2012). São áreas de grande relevância social, econômica e ecológica, principalmente por proporcionar bem-estar humano, conservar a água, regular o microclima e por serem importantes locais de refúgio, alimentação e reprodução de animais. Devido a relevância desses ambientes é de suma importância estudos que avaliem o seu estado de conservação, para fins de proteção e/ou restauração. Sabendo da grande importância do rio Cotinguiba para o estado de Sergipe, e especialmente para os municípios de sua abrangência, esse estudo teve por objetivo avaliar o estado de conservação das nascentes que compõem a bacia na extensão do município de Areia Branca.

A localização privilegiada da região do Cotinguiba entre os municípios de Nossa Senhora do Socorro, Laranjeiras, Riachuelo e Areia Branca influenciou em grande parte a ocupação humana que, por sua vez, faz uso potencial dos recursos naturais. Como consequência, observa-se que a área da bacia hidrográfica do rio Cotinguiba encontra-se em diferentes estágios de degradação, especialmente pelo uso e ocupação do solo desordenado, descarte inadequado dos resíduos sólidos e efluentes domésticos, contaminação direta dos corpos hídricos de fontes domésticas, industriais, agrotóxicos, supressão da



vegetação e assoreamento de nascentes (SANTOS, 2012). Além disso, grande parte delas encontra-se em elevado estado de degradação ambiental, principalmente no que se refere à supressão de sua vegetação ciliar.

Definida por Ab'Saber (2004), a vegetação ciliar é aquela associada aos cursos e reservatórios d'água e nascentes, independentemente de sua área ou região de ocorrência, de sua composição florística e localização. As nascentes também são nomeadas como mina d'água, fio d'água, olho d'água e cabeceira, que surgem em determinados locais da superfície do solo, e para que isso ocorra é preciso que o fluxo de água subterrânea alcance a superfície do terreno dando assim o início de um curso d'água (CASTRO, 2007). Classificada como Área de Preservação Permanente – APP, a vegetação ciliar tem como função ambiental, preservar os recursos hídricos, a paisagem e a biodiversidade, além de facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (BRASIL, 2012). No entanto, os impactos a essas áreas têm se tornado cada vez mais perceptíveis no Brasil, sendo visto especialmente pelas mudanças abruptas nos regimes hidrológicos e na qualidade da água das nascentes (IACHINSKI et al., 2009).

Estudos de curta duração têm sido desenvolvidos visando uma descrição geral, qualitativa e semi-quantitativa, de um conjunto de variáveis representativas dos principais componentes e fatores que condicionam e controlam os processos e funções ecológicas de corpos hídricos (CALLISTO et al., 2002). Por exemplo, Pinto et al. (2004) realizou estudo na bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Cruz, Lavras – MG, com o objetivo de caracterizar a situação de nascentes visando subsidiar o planejamento de conservação e produção de água. Já Santos (2009), analisou o estado de conservação, uso do solo e a vegetação das nascentes do Riacho Grilo, entre os municípios de Boquim e Salgado/SE, visando dar suporte a ações de recuperação e preservação de nascentes e margens de cursos d'água.

No entanto, até então nenhum estudo dessa natureza foi realizado para as nascentes da bacia do rio Cotinguiba. Considerando os aspectos avaliados nos estudos de curta duração e a importância das áreas de nascentes da



bacia hidrográfica do rio Cotinguiba, este trabalho faz um retrato temporal das nascentes quanto ao estado de conservação e relata as principais ações antrópicas de influência direta nas nascentes e os principais usos do solo.

2. METODOLOGIA

A bacia hidrográfica do rio Cotinguiba abrange uma área de 232,5 km², entre os municípios de Areia Branca (nascente), Riachuelo, Laranjeiras e Nossa Senhora do Socorro (fz). A área na qual a bacia está inserida apresenta clima caracterizado como úmido, localizada entre as coordenadas geográficas de 10°44'56" e 10°51'05" de latitude S e 37°04'56" e 37°21'52" de longitude W (Figura 1). O seu rio principal mede 51 km de extensão e nasce na Serra Comprida no município de Areia Branca.

Inicialmente, para identificar as nascentes da bacia do rio Cotinguiba foram utilizados os dados disponíveis no Atlas Digital de Sergipe (SERGIPE, 2012). Além da nascente principal, outras podem ser apontadas através de cada início dos tributários do rio Cotinguiba, com os dados foi possível identificar ao menos 35 nascentes, das quais, em virtude da extensão territorial da bacia, neste estudo avaliou-se apenas 10 das nascentes inseridas no município de Areia Branca, que abrange 25,29% de área da bacia no território do município.

Em campo foram utilizadas as coordenadas do mapa de localização e o auxílio de um aparelho GPS para a identificação e posterior avaliação das nascentes. Na avaliação do estado de conservação do corpo das nascentes, foram estabelecidos parâmetros que envolvem: o tipo de nascente, cobertura vegetal, ocorrência de processos erosivos no solo, impactos na área, aspectos relacionados a qualidade da água e do sedimento, conforme o Formulário de Caracterização, adaptado de Pereira (2012) e Pinto et al. (2004), sendo:

- a. nascentes pontuais: aquelas que apresentam a ocorrência de fluxo d'água em apenas um local no terreno;
- b. nascentes difusas: aquelas em que não há um ponto definido no terreno, ou seja, que apresentam vários olhos d'água, são exemplos dessa categoria os brejos e voçorocas.



Para cada parâmetro foi estabelecido uma nota, conforme mostra a seguir. Alguns foram justificados conforme prevê a legislação (Brasil, 2012), outros se justificaram por serem considerados fatores de riscos à qualidade do estado de conservação da nascente (Tabela 1).

Tabela 1. Análise referencial quali quantitativa da avaliação das nascentes do rio Cotinguiba.

Parâmetro	Pontuação *	Definição
A Cobertura vegetal no leito	Total (4)	quando houver predominância de vegetação arbórea ≥ 50 m.
	Parcial (2)	quando houver predominância de vegetação arbustiva < 50 m.
	Ausente (0)	quando houver predominância de pasto e ou agricultura.
B Uso do solo	Vegetação natural (4)	quando houver predominância de vegetação arbórea e/ou arbustiva natural.
	Pastagem/ agricultura/ reflorestamento (2)	quando houver predominância de pasto, agricultura de ciclo longo, e/ou regeneração natural da área/ plantio de mudas.
	Residencial/ comercial/ industrial (0)	quando houver presença de edificações no entorno da nascente.
C Alterações antrópicas	Ausente (4)	quando não for observada a presença de impactos na área.
	Alterações de origem doméstica (2)	quando for observado lançamento de esgoto, presença de resíduos sólidos na área, e múltiplos usos para fauna doméstica.
	Alterações de origem industrial/ urbana (0)	quando houver lançamento de efluentes industriais ou esgotos domésticos, e/ou presença de resíduos sólidos de origem industrial.
D Erosão	Ausente (4)	quando o solo estiver coberto por vegetação sem apresentar evidências de processos erosivos.
	Moderada (2)	quando o solo com cobertura vegetal apresentar poucas evidências de processos erosivos.
	Acentuada (0)	quando o solo apresentar pouca cobertura vegetal, sendo observados grandes processos erosivos como: rachaduras ou voçorocas.
E Odor da água	Nenhum (4)	quando nenhum odor for identificado na nascente.
	Esgoto (2)	quando for identificado na nascente odores característicos de matéria orgânica em putrefação.
	Óleo/industrial (0)	quando for identificado na nascente odores característico de gases.

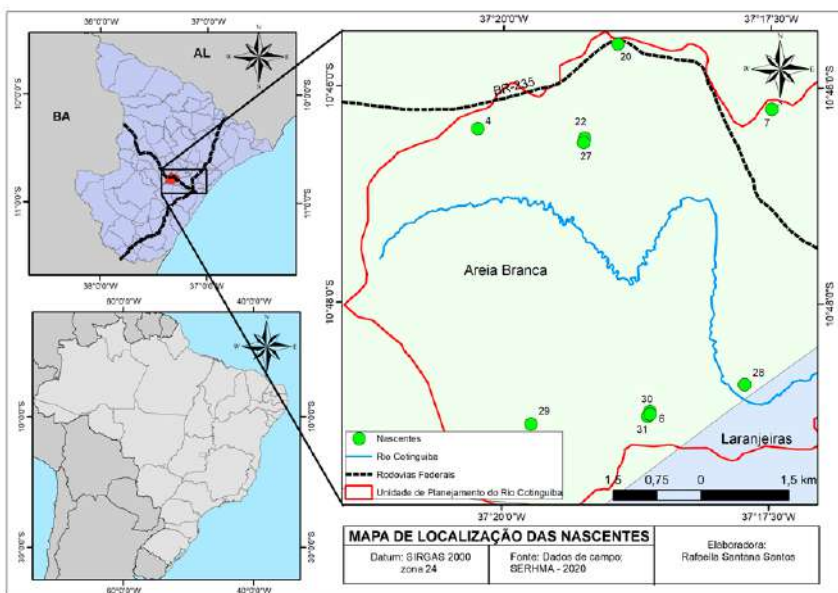
Parâmetro	Pontuação *	Definição
F Oleosidade da água	Ausente (4)	quando não for identificado compostos oleosos no corpo hídrico da nascente.
	Moderada (2)	quando o corpo hídrico da nascente apresentar poucas evidências da presença compostos oleosos em sua extensão.
	Abundante (0)	quando o corpo hídrico apresentar compostos oleosos em sua extensão.
G Aspecto da água	Transparente (4)	quando for possível visualizar o sedimento do fundo do corpo hídrico.
	Turva (2)	quando não for possível visualizar o sedimento do fundo do corpo hídrico.
	Opaca/colorida (0)	quando o corpo hídrico apresentar coloração.
H Odor do sedimento	Nenhum (4)	quando nenhum odor for identificado no sedimento nascente.
	Esgoto (2)	quando for indentificado no sedimento da nascente odores característicos de matéria orgânica em putrefação.
	Óleo/industrial (0)	quando for indentificado no sedimento da nascente odores característicos de gases.
I Oleosidade do fundo	Ausente (4)	quando não for identificado compostos oleosos no sedimento da nascente.
	Moderada (2)	quando o sedimento da nascente apresentar poucas evidências da presença compostos oleosos em sua extensão.
	Abundante (0)	quando o corpo hídrico apresentar compostos oleosos em seu sedimento.

De acordo com as observações coletadas em campo e a intensidade dos parâmetros acima supracitados foram atribuídas notas de zero (quando a situação estava crítica) a quatro pontos (indicando melhor situação para cada parâmetro). Com a definição das notas do corpo hídrico e no entorno, as nascentes foram classificadas quanto ao estado de conservação em: degradada (0–12 pontos), perturbada (13–24 pontos) e conservada (25–36 pontos), a partir da soma das notas obtidas em cada parâmetro, de acordo com as metodologias adaptadas de Pereira (2012) e Pinto et al. (2004).

3. ASPECTOS DE CONSERVAÇÃO DE NASCENTES DO RIO COTINGUIBA

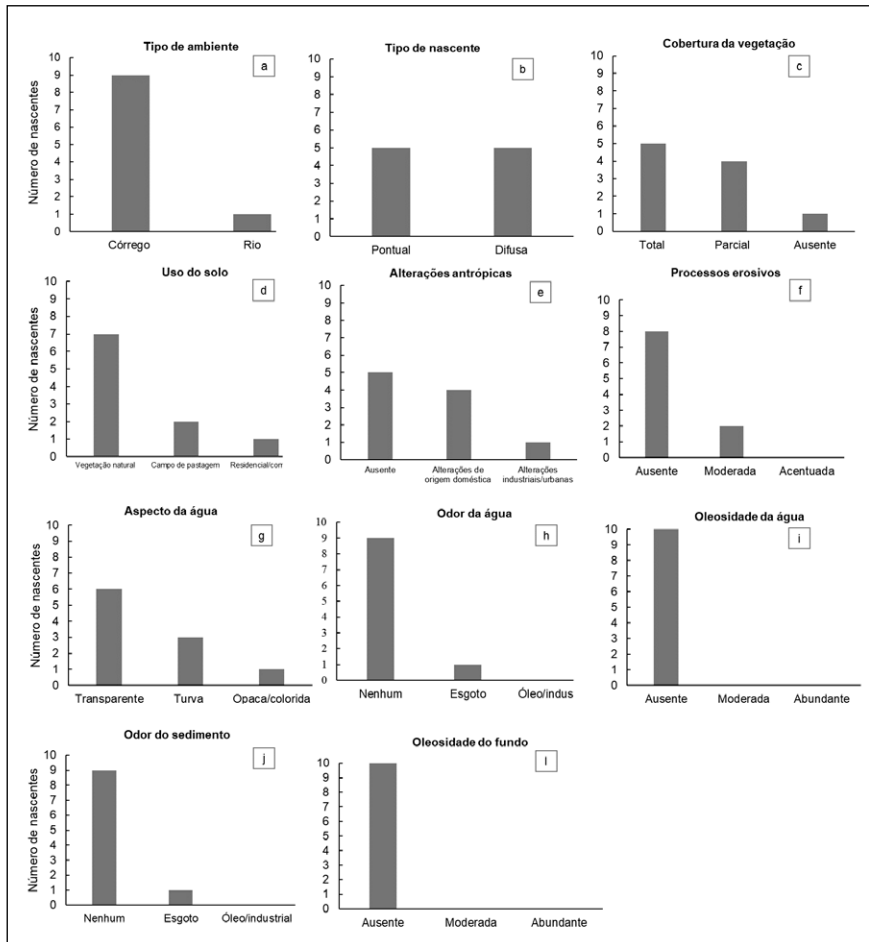
O diagnóstico foi realizado em 10 nascentes (numeradas como 04, 06, 07, 20, 22, 27, 28, 29, 30 e 31) na extensão da bacia hidrográfica do rio Cotinguiba, na área do município de Areia Branca/SE, distribuídas conforme mostra no mapa (Figura 1).

Figura 1. Mapa de localização das nascentes avaliadas do rio Cotinguiba em Areia Branca/SE.



Na identificação e avaliação dessas, foi considerado o aspecto da acessibilidade de chegar até a nascente, visto que há locais com a vegetação mais densa e outros em que o afloramento hídrico já não está caracterizado. A maioria das nascentes avaliadas encontram-se na cabeceira de drenagem na porção médio-alta da bacia, com predominância dos cursos d'água do tipo córregos (90%) e apenas um sendo rio (10%) (Figura 2a). Quanto ao tipo de nascente foi observado que metade das nascentes são do tipo pontuais (50%), metade são do tipo difusa (50%) (Figura 2b).

Figura 2



No que se refere ao estado de conservação de nascentes, nosso estudo traz um retrato temporal das nascentes que compõe a bacia do rio Cotinguiba. Observamos *in loco* e com os dados apurados que as nascentes em sua maioria se encontram em bom estado de conservação, como mostra a Tabela 2, em que o resultado obtido na avaliação, apontou que somente duas das nascentes avaliadas foram consideradas perturbadas e as demais consideradas preservadas.

Tabela 2. Avaliação do estado de conservação das nascentes de acordo com os parâmetros adotados.

Nº da nascente	PARÂMETROS ¹										Estado de conservação
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	Σ	
4	4	2	0	4	4	4	4	4	4	30	Conservada
6	4	4	4	4	4	4	4	4	4	36	Conservada
7	4	2	0	4	4	4	0	4	4	26	Conservada
20	0	2	2	2	2	4	2	2	4	20	Perturbada
22	2	2	0	4	4	4	2	4	4	26	Conservada
27	2	0	0	4	4	4	2	4	4	24	Perturbada
28	4	4	4	4	4	4	4	4	4	36	Conservada
29	4	4	4	2	4	4	4	4	4	34	Conservada
30	4	4	4	4	4	4	4	4	4	36	Conservada
31	4	4	4	4	4	4	4	4	4	36	Conservada

¹ – A. Cobertura vegetal no leito; B. Uso do solo; C. Alterações antrópicas; D. Erosão; E. Odor da água; F. Oleosidade da água; G. Aspecto da água; H. Odor do sedimento; I. Oleosidade do fundo.

Essa consideração é feita com base na avaliação e junção dos dados de que, a vegetação circundante das nascentes em sua maioria encontra-se com sua cobertura total (50%) ou parcial (40%), e apenas uma nascente (10%) avaliada estava com cobertura vegetal ausente (Figura 2c).

Nesse estudo, registramos 70% das nascentes com sua vegetação natural e os demais parâmetros avaliados entram em consonância com o fato de haver vegetação presente, observados por exemplo, no uso do solo – em que somente 20% delas apresentam uso agrícola ou pastagem e em apenas uma (10%) observa-se a presença de residências nas proximidades (Figura 2d) – na qualidade de água das nascentes – em que 60% delas a água apresentava-se transparente – como também, aspectos dos sedimentos das nascentes – em que 90% delas não apresentaram odor no corpo hídrico (Figura 2g e h, respectivamente).

Os aspectos avaliados nos sedimentos das nascentes seguiram o padrão observado para qualidade da água, onde 90% não apresentaram nenhum tipo de odor (Figura 3j), e 100% não apresentaram nenhum aspecto oleoso no sedimento (Figura 3i).



Figura 3



Na avaliação de alterações antrópicas sobre as nascentes, observou-se que os principais impactos são de origem doméstica (40%), tais como o lançamento de efluentes sem tratamento adequado e a disposição de resíduos sólidos às margens do corpo hídrico, ou mesmo em sua proximidade, e em menor escala (10%), o impacto por uso industrial (10%) (Figura 2e).

Esses impactos encontrados, apesar de inadequados, são comuns em áreas que apresentam relevante ocupação humana, como é o caso da bacia do rio Cotinguiba, e devido a conflitos entre o uso do solo e as diversas atividades humanas, cria-se uma forte pressão antrópica e uma condição favorável à degradação.

Através do somatório de pontos da metodologia utilizada, em relação aos itens avaliados, nenhuma das nascentes obteve pontuação menor que 13 pontos, que caracterizaria como nascente “degradada”. O nível de influência adversa sobre a nascente foi constatado até o nível de “perturbada”. Das nascentes avaliadas, a N°20 (Figura 3), destaca-se negativamente pelo seu estado de perturbação, relacionando-o por possuir localização oportuna às margens de estradas e residências domiciliares, logo, possuindo maior vulnerabilidade às ações antrópicas.

Apesar disso, o cenário predominantemente encontrado neste estudo, com base nas 10 nascentes avaliadas, foi o de conservação, conforme os dados coletados em campo e a pontuação atribuída em cada critério avaliado. A Figura 3, caracteriza visualmente as nascentes avaliadas nesse estudo.

É importante ressaltar que esse resultado pode estar associado ao fato que a maioria das nascentes avaliadas estão situadas em áreas de reserva legal (RL) que, por lei, deve garantir a proteção e a manutenção da mata ciliar. É notório e sabido que a vegetação ciliar dificulta o desprendimento de partículas do solo, protegendo-o de erosões laminares, que podem agravar-se para erosões de maior significância e, conseqüentemente, possíveis assoreamentos dos recursos hídricos. Uma vez que, o tipo e porte da vegetação da cobertura do solo também exercem efeito no fluxo e na qualidade da água, os resultados deste estudo reafirmam a importância da mata ciliar no entorno das nascentes.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo analisou um retrato temporal circunstanciado das nascentes que compõem a bacia do rio Cotinguiba nas extensões do município de Areia Branca, sob o ponto de vista de conservação, o cenário encontrado foi confortável, visto que 80% das nascentes avaliadas encontram-se em seu estado natural, enquadrando-se no nível “conservada” segundo a análise realizada. Como houve a predominância das nascentes avaliadas serem em região de Reserva Legal, constatou-se que as mesmas atendem ao esperado no âmbito da conservação da vegetação ciliar, adequando-se ao solicitado em legislação florestal.

Além disso, em menor escala, foi possível identificar também alguns dos problemas ambientais mais recorrentes enfrentados nas nascentes de rios, incluindo as do rio Cotinguiba, tais como a degradação dos corpos hídricos, principalmente pelo descarte irregular de resíduos sólidos e efluentes domésticos. Concomitante, o uso do solo influencia na conservação da vegetação ciliar, visto que processos de supressão indevida podem acarretar na quantidade e qualidade da água proveniente das nascentes.

Por fim, ressalta-se que a conservação do rio Cotinguiba é de interesse de toda a comunidade e autoridades que o circundam, visto os inúmeros benefícios socio-ambientais e financeiros que o mesmo dispõe, logo, sendo de responsabilidade de todos a permanência do estado de conservação adequado das nascentes conservadas e a medidas de recuperação das nascentes perturbadas, para que retornem ao estado natural de conservação.

REFERÊNCIAS

AB’SABER, A. N. **O suporte geológico das florestas beiradeiras (ciliares)**. 2.ed. São Paulo: Edusp/Fapesp, 2004.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. **Revoga a Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 28 mai. 2012.



CALLISTO, M.; FERREIRA, W. R.; MORENO, P.; GOULART, M.; PETRUCIO, M. Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa (MG-RJ). **Acta Limnológica Brasileira**, v.14, n.1, p.91-98, 2002.

CASTRO, P. S. **Recuperação e conservação de nascentes**. Viçosa, MG: CPT, 2007. 272 p.

IACHINSKI, E. O.; PERES, C. K.; VESTENA, L. R.; JADOSKI, S. O. Análise da qualidade da água no perfil longitudinal do arroio do Engenho, município de Guarapuava, estado do Paraná. **Ambiência – Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais**, v.5 n.2. p. 263-273, 2009.

OLIVEIRA, L. M.; CARVALHO, S. L. Qualidade do recurso hídrico de duas nascentes na microbacia do córrego caçula no município de Ilha Solteira – SP. **Revista Científica ANAP Brasil**, v.6, n.7. p. 151-166, 2013.

PEREIRA, L. C. **Uso e conservação de nascentes em assentamentos rurais**. 108 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, 2012.

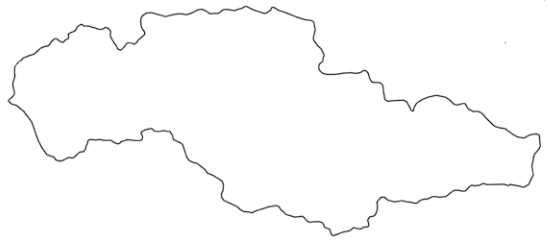
PINTO, L. V. A.; BOTELHO, S. A.; DAVIDE, A. C.; FERREIRA, E. Estudo das nascentes da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG. **Scientia Forestalis**, n.65, p. 197-206, 2004.

SANTOS, T. I. S. **Estado de conservação e aspectos da vegetação de nascentes do riacho Grilo-SE**. 68f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, 2009.

SANTOS, W. A. **Ocupação e dinâmica socioambiental da sub-bacia hidrográfica do rio Cotinguiba/SE**. 160f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Desenvolvimento) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, 2012.

SERGIPE. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. **Atlas digital sobre recursos hídricos**. Aracaju: SEMARH, 2012.





CARACTERIZAÇÃO FLORÍSTICA DE ÁREA DE VEGETAÇÃO CILIAR DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO COTINGUIBA, SERGIPE

 Daniela Maria Andrade Santana

 Isabela Santos Santana

 Thadeu Ismerim Silva Santos

1. INTRODUÇÃO

O objetivo deste trabalho foi realizar o levantamento florístico e fitossociológico em fragmento de vegetação ciliar do Rio Cotinguiba, visando subsidiar futuros programas de restauração ambiental.

O Brasil possui uma extensa área territorial dispondo de uma rica biodiversidade de fauna e flora, ao qual possui inúmeras espécies de animais e vegetais exclusivas, além de biomas distintos presente entre as cinco regiões do país (MENDES *et al.*, 2021).

Dentre as vegetações abrangentes e a variabilidade de ecossistemas, tais como o cerrado e savanas, destaca-se as matas ciliares, também conhecidas como vegetação ciliar ou ripárias, que se caracteriza como vegetação nativa e margeiam as nascentes de cursos de água, a exemplo de rios, lagos, açudes naturais e artificiais (CASTRO *et al.* 2017). São responsáveis por proporcionar o equilíbrio entre as funções ecológicas para a qualidade de vida, seja na conservação e funcionamento das bacias hidrográficas ou na proteção dos solos contra erosão e assoreamentos, como também na conservação da biodiversidade em ambientes terrestres e aquáticos (CHAVES; KLEIN, 2009; MENDES *et al.*, 2021).

O Brasil dispõe dessa diversidade de ecossistemas, uma vez que detém de solos e climas favoráveis, além disso, em muitas regiões frui de terras e



recursos humanos com uma tecnologia acessível para a plantação de florestas eficientes e produtivas. Aliás, o país apresenta 497,9 milhões de hectares de florestas naturais e plantadas, sendo destes, 488 milhões correspondem as florestas naturais e 9,9 milhões de florestas plantadas. A partir disso, o estado de Sergipe possui 286 mil hectares de floresta natural, ou seja 13% do seu território, mostrando um indicativo da necessidade de uma intensiva restauração florestal no estado (SNIF, 2018).

A restauração florestal das matas é fundamental para que os ambientes possam se manter em equilíbrio. As matas ciliares exercem importante papel na preservação e manutenção das bacias hidrográficas. Na bacia do rio Cotinguiba as matas ciliares se encontram devastadas, de forma que precisam ser reestruturadas, pois através delas ocorre a retenção de sedimentos que provocam o assoreamento as margens do rio, além de promover a conservação da biodiversidade de animais e plantas nativas da região, fora a condição de poder ser explorada de forma sustentável pelos moradores da região, e delas extrair seu sustento (SANTOS; ARAÚJO, 2013).

A bacia hidrográfica do Rio Cotinguiba tem um papel muito importante para o estado de Sergipe, além de suas funções biológicas é uma área de grande importância política, econômica, social e cultural. É uma bacia que foi explorada de forma não sustentável desde os primórdios do seu desenvolvimento socioeconômico, devendo ser estudada com maior ênfase, para que seja mantida seu equilíbrio e então seja garantida sua função neste importante espaço, uma vez que parte da extensão do rio Cotinguiba situa-se em uma Área de Preservação Permanente (APP), onde percentual dessa área teve uma restauração florestal promovido através do Projeto Azahar: Flor de Laranjeiras.

Em concordância com o Novo Código Florestal, Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, compreende-se por APP:

[...] área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (BRASIL, 2012).



As APPs estão relacionadas com a proteção do solo, especialmente, entre as matas ciliares, a fim de evitar as diversas transformações negativas em seus leitos, podendo garantir os abastecimentos dos lençóis freáticos bem como a preservação de ambientes aquáticos, incluindo vegetações que tem como função a proteção de rios e reservatórios de assoreamentos, para tanto deve-se respeitar suas faixas marginais (SILVA *et al.*, 2021).

As áreas marginais devem ser acatadas para que haja maior proteção dos cursos de água. Todas as áreas que margeiam os cursos de água são classificadas como área de proteção permanentes, para que às mesmas sejam protegidas por lei, de forma que as distâncias a serem respeitadas sigam o canal de seu leito regular (FEITOSA; MELO, 2016).

O reconhecimento de novas áreas de estudos viabiliza a identificação de espécies, sua ocupação, e podem demonstrar formas adequadas de utilização e proteção destes tipos de ambientes, fazendo com que a população ribeirinha que vive e se utiliza destes locais, possam explorar de forma mais sustentável. Isso é possível através da identificação da área de estudo como uma área de preservação permanente uma vez que se trata de áreas que margeia cursos de água. A partir disso, a promoção de uma educação ambiental será fundamental, pois ajudará a comunidade a entender e dará conhecimento de como restaurar o ambiente ao qual vivem.

Estudos como esse, propiciam o reconhecimento de ecossistemas que necessitam de restauração ambiental, sendo de fundamental importância a chegada de espécies nativas de flora, para que ocorra o sucesso no processo de restauração. Além disso, o monitoramento de programas de restauração ambiental, torna-se essencial para a proteção de matas ciliares, tal como o objeto desse estudo.

No estado de Sergipe, programas de restauração ambiental, são implementados, a fim de garantir a permanência de algumas espécies nativas da região, a exemplo, a Universidade Federal de Sergipe, em parceria com o projeto Azahar: Flor de Laranjeiras, realiza o plantio de espécies nativas, a fim de desenvolver a restauração florestal em áreas que precisam ser reflorestadas. Em consonância com Silva *et al.* (2021), Projetos que visem a restauração de



áreas degradadas é essencial para a recuperação de ecossistemas, uma vez que, esses ambientes foram danificados e/ou destruídos, seja pela ação humana ou de forma natural.

2. METODOLOGIA

2.1 Área de estudo

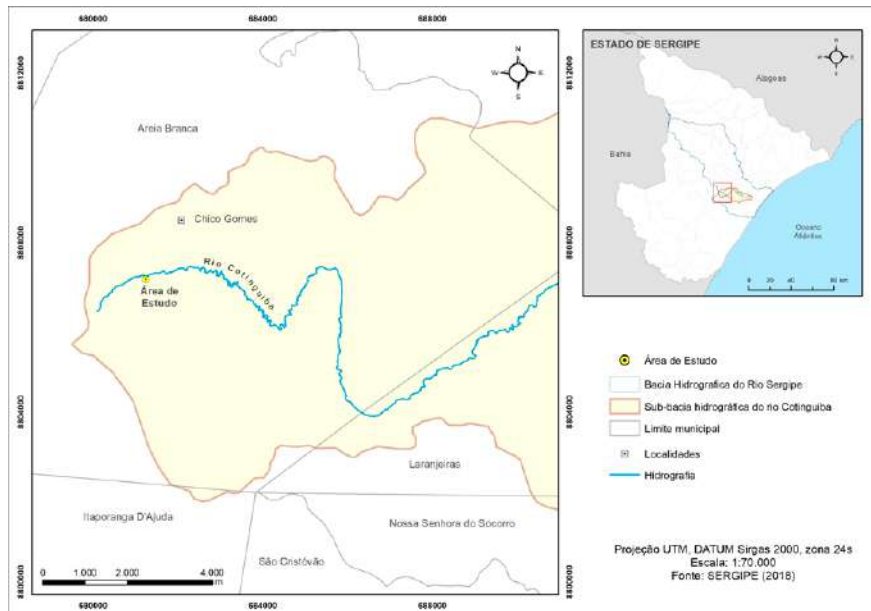
A pesquisa teve como campo de investigação um trecho de vegetação ciliar localizado no povoado Chico Gomes, no município de Areia Branca (figura 1). O mesmo encontra-se à margem direita do rio Cotinguiba na região das nascentes principais de sua bacia hidrográfica. A bacia hidrográfica do Rio Cotinguiba possui uma extensão de 323,5 km², nascendo na Serra Comprida no município de Areia Branca, cruzando os municípios de Riachuelo, Laranjeiras e Nossa Senhora do Socorro, ao qual desagua no Rio Sergipe (SANTOS *et al.*, 2013).

O local de estudo possui uma vegetação do tipo Savana Gramíneo-Lenhosa (Campo) ou Cerrado (IBGE, 2004). Essa vegetação quando em seu estado natural, destaca-se por possuir um vasto campo misturado entre gramíneas e plantas lenhosas raquíticas, que por sua vez ocupam grandes áreas dominadas por hemiptófitos (figura 2) (MARTINS; CAVARARO, 2012).

Informações retiradas do CLIMATE-DATA.ORG (2021), menciona que o município de Areia Branca possui temperaturas consistentes durante todo o ano, uma vez que a região apresenta um clima tropical, ao qual durante o verão tem-se uma baixa pluviosidade, sendo a temperatura média anual de 25,5°C. O período de chuvas ocorre no inverno onde tem um aumento da pluviosidade, obtendo uma média anual de 1145 mm.



Figura 1 – Área de estudo.



Fonte: (SERGIPE, 2018).

Na região o solo predominante é o Neossolo Litólico Distrófico, sendo caracteristicamente arenoso, ao qual possui um relevo forte ondulado e montanhoso (IBGE, 2001). A população local, comumente utiliza o solo para alimentação e criação de bovinos, além disso, grandes produtores da região utilizam o solo para a plantação de Cana-de-açúcar.

CARACTERIZAÇÃO FLORÍSTICA DE ÁREA DE VEGETAÇÃO CILIAR DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO COTINGUIBA, SERGIPE

Figura 2 – Vegetação da área de estudo



Fonte: (SANTANA *et al.*, 2021).

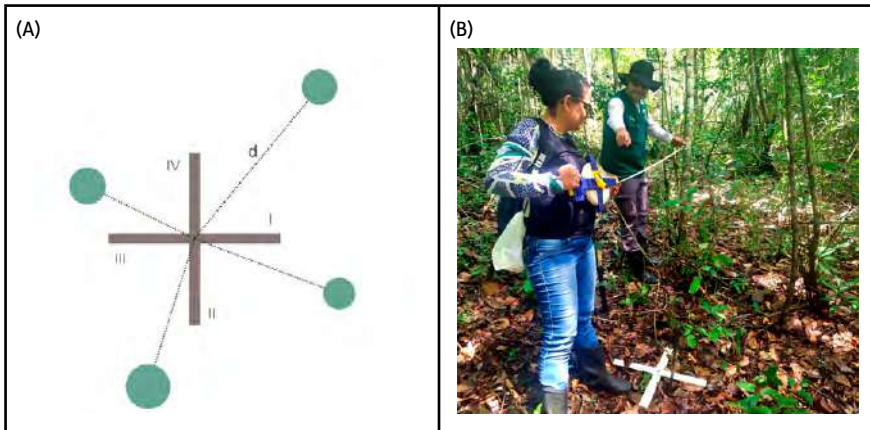
2.2 Coleta e classificação da composição florística

As coletas da vegetação arbustivo-arbórea foram realizadas em 28 de julho de 2021. Para o levantamento florístico foi utilizado o Método do Ponto-Quadrante ou simplesmente Quadrante (figura 3a; 3b). Este método foi inicialmente realizado por Martins (1978), que efetuou levantamentos fitosociológicos utilizando uma metodologia baseada em distâncias distintas, ao qual nomeou como método de quadrantes.

Para os pontos de coleta foi construída uma matriz de 3x5, constituída de 3 (linhas) e 5 (colunas) perfazendo um total de 15 pontos. Os pontos da matriz relacionam-se a uma distância entre 15 e 30 metros para linhas e colunas, respectivamente (figura 4), atingindo uma área total de coleta de 3.600m².



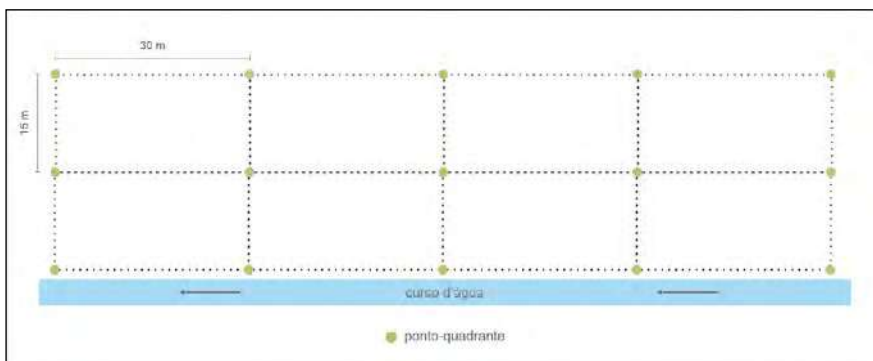
Figura 3a; b – Método Ponto-Quadrante ou simplesmente Quadrante.



Fonte: (SANTANA *et al.*, 2021)

Como critério para os pontos de coleta, estabeleceu-se o dispositivo presente no Novo Código Florestal Brasileiro, que discorre sobre as características para proteção da vegetação nativa nas margens de todo curso de água sendo este natural perene e intermitente, onde determina uma distância mínima de 30 metros em sentido paralelo à margem do rio (BRASIL, 2012).

Figura 4 – Matriz de coleta 3x5.



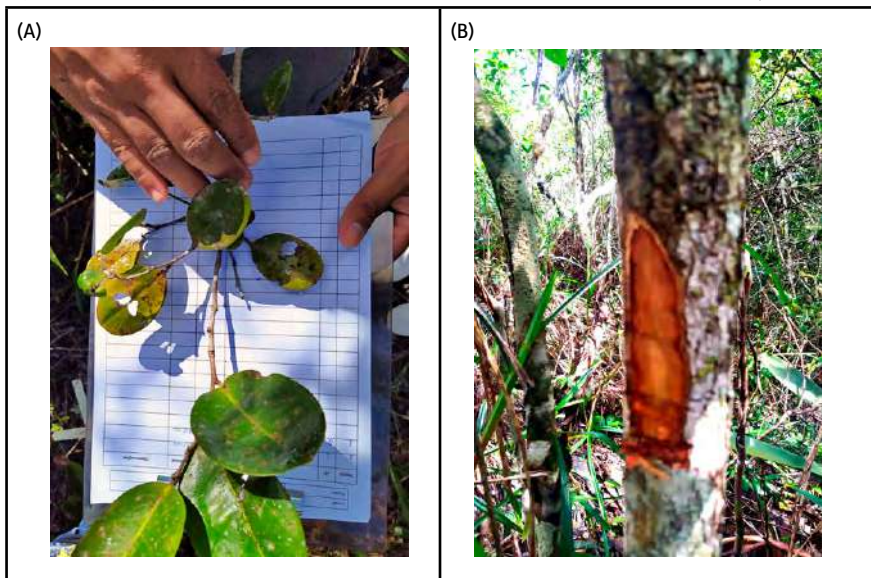
Fonte: (SANTANA *et al.*, 2021)

CARACTERIZAÇÃO FLORÍSTICA DE ÁREA DE VEGETAÇÃO CILIAR
DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO COTINGUIBA, SERGIPE

Para cada ponto foi considerado quatro indivíduos com Diâmetro a Altura do Peito (DAP) em relação ao solo, sendo o valor equivalente (DAP) $1,30 \text{ m} \geq 5,0 \text{ cm}$. Foram considerados os indivíduos bifurcados, desde que atendessem ao diâmetro mínimo estabelecido. Os indivíduos foram numerados registrando-se seu nome regional, número do quadrante e DAP.

A identificação das espécies foi realizada *in loco* por especialista, bem como foram realizados registros fotográficos para posterior identificação (figura 5a; 5b). A classificação seguiu o sistema Angiosperm Phylogeny Group IV (APG IV, 2016), além da utilização da literatura como material de apoio, bem como da comparação com material de herbários e consulta à especialistas.

Figura 5a; b – Registro fotográfico do ramo e caule de espécies arbóreas para identificação.



Fonte: (SANTANA *et al.*, 2021)

As espécies identificadas foram organizadas de acordo com os programas de restauração ambiental, ao qual foram agrupadas com base na classificação ecológica, sendo elas: Grupo Ecológico, Grupo Funcional e Grupo Ameaça de Extinção.

O Grupo Ecológico recebeu quatro categorias, sendo: Não Classificado (NC), Pioneiras (P), Clímax exigentes em Luz (CL) e Clímax tolerantes a Sombra (CS). Essa classificação foi baseada no trabalho de Swaine e Whitmore (1988), adaptado por Oliveira-Filho e colaboradores (1995).

O Grupo Funcional foi dividido em duas categorias: Recobrimento (GR) e Diversidade (GD). Esse grupo engloba espécies que em um mesmo ambiente exercem funções equivalentes, desta forma são agrupadas a partir dessa função, ao qual buscam facilitar a compreensão do funcionamento do ecossistema a qual pertencem (VALE *et al.*, 2011).

O grupo Ameaça de Extinção foi dividido em duas categorias: Pouco preocupante (LC) e a Não avaliada (NE). A classificação baseou-se nos dados do Livro Vermelho da Flora do Brasil de autoria de Martinelli e Moraes (2013). As espécies ameaçadas de extinção vão desde as espécies animais e vegetais que em um futuro não distante estão passíveis de desaparecer do ecossistema ao qual pertencem (ABREU *et al.*, 2018).

2.3 Análise Fitossociológica

Com relação aos dados coletados, estabeleceu-se critério de análise que avaliasse os parâmetros fitossociológicos das espécies identificadas, dentre eles estimou as seguintes variáveis: Densidade, Dominância e Frequência, respectivamente de caráter absoluto e relativo, além do Índice do Valor de Importância das referidas espécies (SCOLFORO, 2006). Bem como, o Índice de diversidade de Shannon-Weaver (H') e de equabilidade de Pielou (J) (SHANNON; WIEVER, 1949).

a) Densidade (D): avalia o grau de participação das diferentes espécies identificadas na comunidade vegetal.

a.1) Densidade Absoluta (DA): representa o número total de indivíduos de uma mesma espécie por unidade de área.

$$DA = n/ha$$



Onde:

DA = Densidade Absoluta;

n = número total de indivíduos amostrados de cada espécie.

ha = hectare.

a.2) Densidade Relativa (DR): indica a proporção percentual do número de indivíduos de uma determinada espécie, em relação ao número de indivíduos amostrados no levantamento.

$$DR = \frac{n/ha}{n/ha} \times 100$$

Onde:

DR = Densidade Relativa (%);

n = número total de indivíduos amostrados de cada espécie;

N= número total de indivíduos amostrados, de todas as espécies do levantamento.

ha = hectare.

b) Dominância (Do): indica a proporção de área basal de cada espécie sobre o solo. Este índice pode ser expresso pela:

b.1) Dominância Absoluta (DoA): expressa a soma das áreas seccionais dos indivíduos pertencentes a uma mesma espécie na área.

$$DoA = \sum g/ha$$

Onde:

DoA = Dominância Absoluta em m²/ha;

g = área seccional de cada espécie, encontrada pela expressão:

gi = $\pi \cdot Dap^2/4$;



DAP = diâmetro a 1,30m do solo, de cada indivíduo, em centímetros;

π = constante trigonométrica $\pi = 3,1416$;

ha = hectare.

b.2) Dominância Relativa (DoR): expressa a área basal de cada espécie que compõe a área basal total de todas as espécies, por unidade de área.

$$\text{DoR} = \frac{g/\text{ha}}{G/\text{ha}} \times 100$$

Onde:

DoR = Dominância Relativa (%);

g = área basal de cada espécie;

G = área basal total de todas as espécies encontradas;

ha = hectare.

c) Frequência (F): indica o aparecimento das espécies nas unidades amostrais e é considerada a uniformidade de distribuição horizontal de cada espécie no terreno, caracterizando a ocorrência das mesmas dentro das parcelas em que ela ocorre. Este índice pode ser expresso pela:

c.1) Frequência Absoluta (FA): expressa a porcentagem de unidade amostral em que cada espécie ocorre.

c.2) Frequência Relativa (FR): é a porcentagem de ocorrência de uma espécie em relação à soma das frequências absolutas de todas as espécies.

$$\text{DR} = \frac{\text{FA}}{\sum \text{FA}} \times 100$$



d) Índice de Valor de Importância (IVI): expressa a importância ecológica da espécie no ambiente, sendo calculado pela soma da densidade relativa, da dominância relativa e da frequência relativa.

$$IVI = DoR + FR + DR$$

e) Índice de diversidade de Shannon-Weaver (H'): é um dos índices mais comumente utilizados para medir diversidade em dados categóricos, sendo baseado na teoria da informação (SHANNON; WIEVER, 1949).

$$H' = -\sum p_i * \ln p_i, \quad p_i = n_i/N$$

Onde:

H' = Índice de Shannon-Wiener;

p_i = proporção de indivíduos da i-ésima espécie;

ln = logaritmo de base neperiano (e);

n_i = número de indivíduos amostrados para a espécie i;

N = número total de indivíduos amostrados.

f) Índice de equabilidade de Pielou (J): permite representar a uniformidade da distribuição dos indivíduos entre as espécies existentes. Seu valor apresenta uma amplitude de 0 (uniformidade mínima) a 1 (uniformidade máxima).

$$J = H'/\ln S$$

Onde:

S = número total de espécies

Utilizou-se de estatística descritiva para realizar a análise dos dados, além do uso de software como o pacote Microsoft Office 2019 para confecção de gráficos, tabelas e para a análise dos dados.

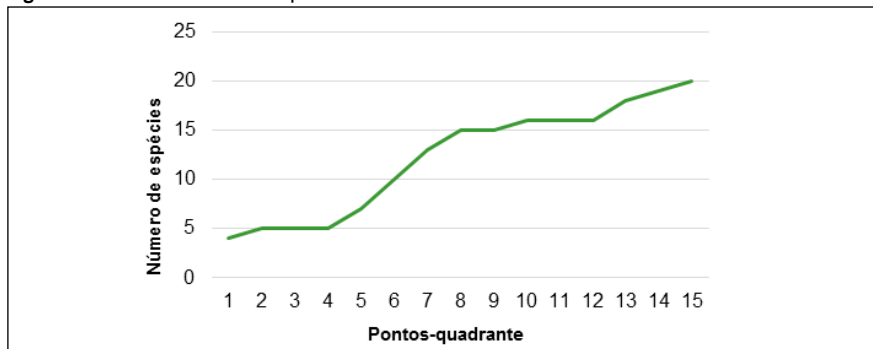


3. RESULTADOS

3.1 Composição Florística

Uma curva do coletor foi traçada, a fim de determinar a espécie-área identificada (Figura 6). Segundo Schilling e Ferreira Batista (2008) e Silva e colaboradores (2017), a curva coletora tem por finalidade a caracterização de comunidades vegetais quanto ao grau de ocorrência de espécies por ponto de coleta.

Figura 6 – Curva do coletor da espécie-área dos indivíduos amostrados.



Fonte: (SANTANA *et al.*, 2021).

A análise demonstra que uma estabilidade total de espécies a partir de uma determinada área (m^2) é inexistente, uma vez que a curva do coletor se mantém em um crescimento exponencial constante. Dessa forma denota-se razoável a amostragem utilizada no estudo, a fim, de caracterizar a vegetação nos fragmentos estudados, uma vez que se abrangesse a área de coleta além da estudada, eventualmente identificar-se-ia mais espécies vegetais.

Contudo, é possível analisar de forma parcial a ocorrência de estabilidade florística em três áreas de coleta, sendo estas localizadas nos pontos-quadrantes (2 a 4), (8 a 9) e (10 a 12), respectivamente. Apesar disso, Avila e colaboradores (2011) em um estudo realizado em mata ciliar mostrou uma tendência na estabilização da curva do coletor após $1.600 m^2$. Vale ressaltar, que os autores obtiveram um valor da amostragem sete vezes maior que a do presente trabalho.

CARACTERIZAÇÃO FLORÍSTICA DE ÁREA DE VEGETAÇÃO CILIAR DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO COTINGUIBA, SERGIPE

A partir dos resultados, obteve-se uma composição florística com amos- tra de 60 indivíduos, que compunham 20 espécies, distribuídas em 15 famílias botânicas, ao qual foram organizadas conforme a classificação ecológica (ta- bela 1), entretanto, uma dentre as 15 famílias foi classificada como desconheci- da, pois, não se chegou a uma classificação comum de família botânica.

Tabela 1 – Lista das famílias e espécies registradas no levantamento florístico e organizadas conforme a classificação ecológica.

Família/Espécie	Nome Popular	Grupo Ecológico				Grupo Funcional		Ameaça de Extinção	
		NC	P	CL	CS	GR	GD	LC	NE
Anacardiaceae									
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	Pau-pombo	-	X	-	-	X	-	-	X
Annonaceae									
<i>Annona</i> sp.	-	**	**	**	**		**	**	**
Apocynaceae									
<i>Himatanthus obovatus</i> (Müll. Arg.) Woodson	Pau-de-leite	X	-	-	-		X	-	X
Bignoniaceae									
<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S.Grose	Ipê-amarelo	-	-	X	-	-	X	-	X
<i>Tabebuia cf stenocalyx</i> Sprague & Stapf	Folha-larga	X	-	-	-	-	X	-	X
Bonnetiaceae									
<i>Bonnetia stricta</i> (Nees) Nees & Mart.	-	*	*	*	*	*	*	X	-
Chrysobalanaceae									
<i>Hirtella ciliata</i> Mart. & Zucc.	-	*	*	*	*	-	X	X	-
Fabaceae									
<i>Abarema cochliacarpus</i> (Gomes) Barneby & J.W.Grimes	Contas-de-nossa-senhora	X	-	-	-	-	X	X	-
Flacourtiaceae									
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	Camarão	-	X	-	-	-	X	-	X
Lauraceae									
<i>Ocotea</i> sp.	-	**	**	**	**	**	**	**	**
Lecythidaceae									
<i>Eschweilera ovata</i> (Cambess.) Mart. ex Miers	Biriba	-	-	X	-	*	*	-	X
Nyctaginaceae									
<i>Guapira cf noxia</i> (Netto) Lundell	-	-	-	X	-	-	X	-	X
Sapindaceae									
<i>Cupania impressinervia</i> Acev.–Rodr.	Camboatá	-	-	X	-	-	X	-	X
Sapotaceae									
<i>Pouteria</i> sp. 1	-	**	**	**	**	**	**	**	**
<i>Pouteria</i> sp. 2	-	**	**	**	**	**	**	**	**
Vochysiaceae									
<i>Vochysia cf lucida</i> C.Presl	-	*	*	*	*	*	X	X	-
Não Identificada									
Desconhecida 06	-	**	**	**	**	**	**	**	**
Desconhecida 08	-	**	**	**	**	**	**	**	**
Desconhecida 09	-	**	**	**	**	**	**	**	**
Desconhecida 10	-	**	**	**	**	**	**	**	**

NC = Não Classificado; P = Pioneiras; CL = Clímax exigente em Luz; CS = Clímax tolerante à Sobra; GR = Recobrimen- to; GD = Diversidade; LC = Pouco Preocupante; NE = Não avaliada; (X) = Presença; (-) = Ausência
 *Informação não encontrada nas bases de pesquisa oficiais.
 **Não foi possível obter a informação.

Fonte: (SANTANA et al., 2022).



Dentre as famílias botânicas identificadas, as mais representativas foram: Lecythidaceae, Vochysiaceae, Sapindaceae, Annonaceae, respectivamente, sendo a Lecythidaceae a família que possui maior número de espécies florísticas identificadas. Trabalhos realizados com o mesmo tipo de vegetação deste estudo, mostraram-se divergentes quanto as famílias botânicas mais representativas, sendo a Fabaceae a mais expressiva, sobre a qual predominava a maior riqueza de espécies florísticas (CIELO-FILHO *et al.* 2015; AVILA *et al.* 2011).

Dentre as espécies mais representativas a *Eschweilera ovata* (Cambess.) Mart. ex Miers, conhecida popularmente como Biriba, pertence à família da Lecythidaceae. A Lecythidaceae (Lecythidoideae), distribui-se pela Mata Atlântica, Cerrado, sendo o maior número de gêneros e de espécies encontrados na Amazônia. Diferentemente da espécie encontrada nesse estudo os autores descrevem que no Cerrado a espécie amplamente encontrada é a *Eschweilera nana*, a qual possui extensa distribuição geográfica (POTASCHEFF *et al.*, 2013).

A *Vochysia cf lucida* C.Presl da família Vochysiaceae, teve muitos exemplares identificados na presente pesquisa, mostrando-se uma espécie característica desse tipo de vegetação. De acordo com Rissi e Cavassan (2013), a família Vochysiaceae é encontrada especialmente no cerrado, abrangendo aproximadamente 240 espécies e 8 gêneros, sendo considerada como plantas lenhosas e normalmente arbóreas. Segundo Gimenes (2007), a *Vochysia lucida* é encontrada em ecossistemas do cerrado mais especificadamente na Bahia, entretanto, por ser uma espécie típica desse bioma, a presença dela em uma região localizada centralmente ao estado de Sergipe, se justifica uma vez que, está presente dentro de uma mesma formação de floresta, neste caso pelo cerrado.

Identificou-se nesse trabalho a *Cupania impressinervia* Acev.-Rodr., popularmente conhecida como Camboatá, da família das Sapindaceae (Angiospermae) que é considerada pantropical a subtropical, a qual apresenta poucos gêneros dentro de sua família. Consoante aos resultados, Groppo e colaboradores (2018) e Mello (2017), realizaram trabalhos na vegetação Savana onde também identificaram a presença da *Cupania impressinervia* Acev.-Rodr. Os autores relatam que essa espécie é normalmente encontrada em ecossistemas da Mata Atlântica bem como no Cerrado, Pantanal e Savanas, sendo a última com maior destaque.



A família Annonacea obteve uma boa representatividade florística com a identificação de vários indivíduos pertencentes a sua família. Entretanto, não foi possível obter uma classificação ecológica (tabela 1) em bases de pesquisa oficiais, uma vez que, não se chegou à classificação de sua espécie, apenas o seu gênero. No entanto, Paulino-Neto (2014), cita que a Annonacea é uma família encontrada no bioma do cerrado, possuindo uma distribuição Pantropical, ao qual difere-se das demais famílias de angiospermas basais por apresentar uma maior diversidade.

3.2. Parâmetros Fitossociológicos

Os índices de diversidade de Shannon-Weaver (H') e equabilidade de Pielou (J') obtidos nessa área foram de 2,66 e 0,89, respectivamente. Estudos de Felfli e Rezende (2003), apontam valores de H' entre 1,3 e 3,5. Sendo assim, o valor encontrado está em concordância com o esperado.

Observou-se que as espécies que apresentaram maior índice do valor de importância foram: *Eschweilera ovata* (IVI% = 17,92%), *Vochysia cf lucida* (IVI%=14,23%), Desconhecida 08 (IVI% = 9,84%) e *Cupania impressinervia* (IVI% = 9,37%) (tabela 2).

A espécie florística de IVI mais significado é a *Eschweilera ovata*, da família Lecythidaceae. Segundo Cruz e colaboradores (2021), esta é uma planta arbórea de característica tropical, com enorme potencial de comércio. Um estudo recente realizado no mesmo tipo de vegetação, identificou a maior dominância florística da *Eschweilera ovata*, onde foi mencionado que entre os pontos de coleta foi a espécie mais abundante, de forma que corrobora com os achados da presente pesquisa (ZICKEL et al. 2021).

É importante ressaltar que o índice de valor de importância (IVI) é mensurado através da soma entre os valores relativos da Densidade, Dominância e Frequência. Uma vez obtido, demonstra os maiores e menores valores de IVI, que é proporcional a quantidade de espécies florísticas que foram encontradas na região estudada (figura 7). Isso significa que a *Eschweilera ovata* se apresenta na área de estudo em maior abundância, bem como possui uma distribuição relativamente alta.



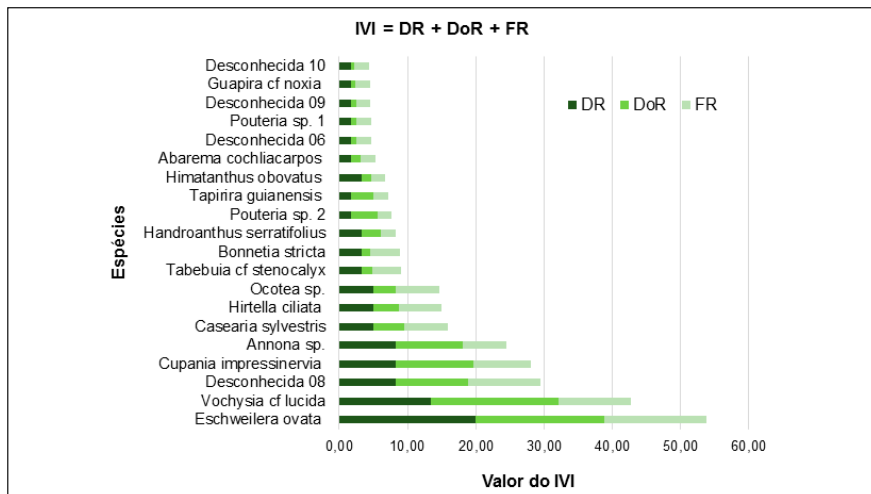
Tabela 2 – Estrutura horizontal das espécies florísticas identificadas.

Espécies	DA	DR	DoA	DoR	FA	FR	IVI	IVI%
<i>Eschweilera ovata</i>	423,23	20,00	2,1124	18,8621	46,67	14,89	53,76	17,92
<i>Vochysia cf lucida</i>	282,15	13,33	2,0962	18,7173	33,33	10,64	42,69	14,23
Desconhecida 08	176,35	8,33	1,1812	10,5475	33,33	10,64	29,52	9,84
<i>Cupania impressinervia</i>	176,35	8,33	1,2621	11,2698	26,67	8,51	28,11	9,37
<i>Annona sp.</i>	176,35	8,33	1,0994	9,8169	20,00	6,38	24,53	8,18
<i>Casearia sylvestris</i>	105,81	5,00	0,5011	4,4745	20,00	6,38	15,86	5,29
<i>Hirtella ciliata</i>	105,81	5,00	0,4102	3,6627	20,00	6,38	15,05	5,02
<i>Ocotea sp.</i>	105,81	5,00	0,3608	3,2216	20,00	6,38	14,60	4,87
<i>Tabebuia cf stenocalyx</i>	70,54	3,33	0,1691	1,5099	13,33	4,26	9,10	3,03
<i>Bonnetia stricta</i>	70,54	3,33	0,1396	1,2462	13,33	4,26	8,83	2,94
<i>Handroanthus serratifolius</i>	70,54	3,33	0,3144	2,8077	6,67	2,13	8,27	2,76
<i>Pouteria sp. 2</i>	35,27	1,67	0,4379	3,9101	6,67	2,13	7,70	2,57
<i>Tapirira guianensis</i>	35,27	1,67	0,3739	3,3387	6,67	2,13	7,13	2,38
<i>Himatanthus obovatus</i>	70,54	3,33	0,1473	1,3154	6,67	2,13	6,78	2,26
<i>Abarema cochliacarpus</i>	35,27	1,67	0,1685	1,5043	6,67	2,13	5,30	1,77
Desconhecida 06	35,27	1,67	0,1003	0,8952	6,67	2,13	4,69	1,56
<i>Pouteria sp. 1</i>	35,27	1,67	0,0919	0,8210	6,67	2,13	4,62	1,54
Desconhecida 09	35,27	1,67	0,0889	0,7940	6,67	2,13	4,59	1,53
<i>Guapira cf noxia</i>	35,27	1,67	0,0773	0,6906	6,67	2,13	4,48	1,49
Desconhecida 10	35,27	1,67	0,0666	0,5943	6,67	2,13	4,39	1,46
Total	2116,16	100,00	11,1993	100,00	313,33	100,00	300,00	100,00

DA: Densidade Absoluta; **DR:** Densidade Relativa; **DoA:** Dominância Absoluta; **DoR:** dominância relativa; **FA:** Frequência Absoluta; **FR:** frequência relativa; **IVI:** Índice do valor de importância.

Fonte: (SANTANA et al., 2022).

Figura 7 – Gráfico do índice de valor de importância com os parâmetros fitossociológicos analisados.



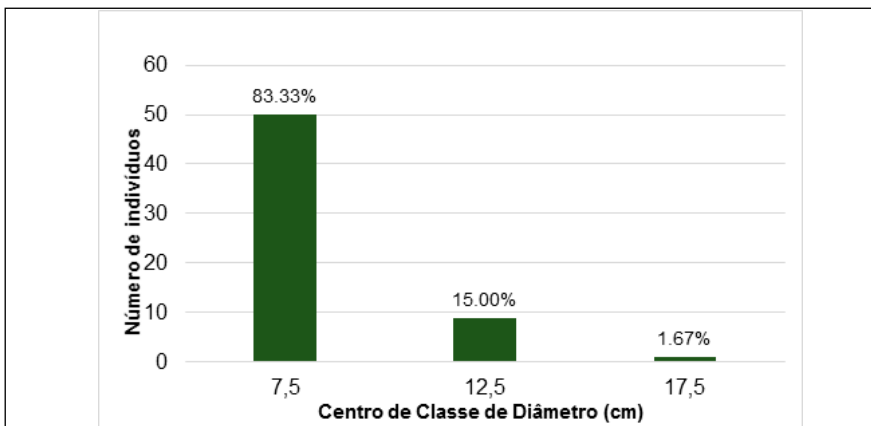
Fonte: (SANTANA et al., 2021).

Em contrapartida, as espécies *Guapira cf noxia* e desconhecida 10, destacam-se por possuírem o menor IVI, o que demonstra uma baixa distribuição e uma abundância não significativa.

A partir dos resultados, os indivíduos de cada espécie foram distribuídos, com a finalidade de realizar a avaliação da modelagem de distribuição em classes diamétricas (figura 8). Os dados da população amostrada apresentaram forma de “J” invertido em relação a sua distribuição diamétrica. Segundo Reis e colaboradores (2016), essa é uma distribuição balanceada característica de florestas inequidâneas, ao qual demonstra o declínio do número de árvores a partir das classes de diâmetro, onde ocorre uma redução de indivíduos da primeira para a última classe.

A partir disso, a distribuição em classes diamétricas do presente trabalho apresentou três níveis, sendo o valor de 7,5cm (83,33%) o centro de classe de diâmetro com maior proporção. Vale ressaltar, que este foi o menor diâmetro identificado. Segundo Brito e colaboradores (2021), a avaliação diamétrica traz a possibilidade de indicar potencial uso de uma determinada população florestal, sendo utilizada para dimensão de espécies de vegetais, com o intuito de estipular um controle de exploração volumétrica de madeira, bem como projetar mecanismos de prevenção.

Figura 8 – Estrutura diamétrica das espécies identificadas.



Fonte: (SANTANA et al., 2021).



O trabalho de Cerqueira e colaboradores (2017) realizado no mesmo tipo de vegetação identificou valores diamétricos diferentes, onde o maior diâmetro foi em torno de 15,9 cm e o menor identificado em maior proporção foi de 3,8 cm. Os autores mencionam que a concentração de indivíduos vegetais com diâmetros menores é característica de floresta nativa, altamente predominante de espécies florísticas do fragmento de Cerrado em regeneração. Destaca-se que nessa pesquisa estabeleceu-se um diâmetro maior que 5cm. Para tanto, de acordo com os autores, o diâmetro identificado na presente pesquisa mostra que as espécies florísticas do fragmento de Cerrado identificadas constam em um trecho de vegetação com altos índices de vegetação já regenerada naturalmente.

4. CONCLUSÃO

Observou-se que as espécies identificadas são comuns para esse tipo de vegetação e formação ciliar e desempenha função primordial no que se refere a estabilidade deste tipo de ecossistema.

As espécies *Eschweilera ovata*, *Vochysia cf lucida*, *Cupania impressinervis*, além da espécie classificada como, Desconhecida 08, apresentaram alta densidade, dominância e frequência, além de possuir os maiores valores de importância, mostrando assim que estas espécies têm acentuada distribuição.

A distribuição diamétrica da mata ciliar com vegetação do tipo Savana Gramíneo-Lenhosa e remanescente de Cerrado, apresentou sua maior concentração de indivíduos nas classes de menores diâmetro, tal indicativo mostra que o trecho estudado se encontra em elevado grau regenerativo de forma natural da sua biodiversidade florística.

A riqueza florística identificada na área estudada dá respaldo e assistência para a realização de atividades voltadas para a conservação de sua biodiversidade, uma vez que, o estudo não mostrou uma estabilidade total de espécies entre os pontos coletores, o que denota que ainda existe uma rica diversidade florística a ser identificada.



Por fim, o conhecimento fitossociológico da área é primordial na busca de programas que visem a restauração do ambiente, estes por sua vez subsidiado através de políticas públicas que busquem a preservação de toda sua biodiversidade. Assim, a restauração ambiental trará para a região mecanismos e formas de restaurar os processos naturais do respectivo ecossistema, de forma a reestabelecer suas características de forma rápida e equilibrada, além de propor para a comunidade que essa área possa ter um novo uso produtivo, além do atualmente presente, de forma que seja mais econômico e sustentável.

REFERÊNCIAS

- ABREU, J. T. L. et. al. Plantas com risco de extinção depositadas no herbário da Amazônia Meridional, Alta Floresta, Mato Grosso, Brasil. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer – Goiânia, v.15 n.28; p. 1109–1124, 2018.
- APG IV. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG II. **Botanical Journal of the Linnean Society**. v. 181, p.1–20, 2016.
- AVILA, A. L. et al. Caracterização da vegetação e espécies para recuperação de mata ciliar, Ijuí, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 2, p. 251–260, abr.–jun., 2011.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166–67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm>. Acesso em: 02 jan. 2022.
- BRITO, A. C. et al. Modelagem da distribuição diamétrica de espécies lenhosas da Amazônia, Brasil. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer – Jandaia–GO, v.18 n.35, p. 231–241, 2021.
- CASTRO, J. L.S. et al. Mata ciliar: Importância e funcionamento. In: **VIII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental Campo Grande/MS**. 2017.
- CERQUEIRA, C. L. et. al. Florística, Fitossociologia e Distribuição Diamétrica em um Remanescente de Cerrado *sensu stricto*, Brasil. **Revista Espacios**. v.38 n.23, p. 13–29, 2017.



CHAVES, A.; KLEIN, V. A. **Importância da mata ciliar (legislação) na proteção dos cursos hídricos, alternativas para sua viabilização em pequenas propriedades rurais.** Passo Fundo, Universidade de Passo Fundo (UPF), 2009.

CIELO-FILHO, R. et al. A vegetação da estação ecológica de Avaré: subsídios para o plano de manejo. **IF, Série Registros**, v. 53, p. 5–42, 2015.

CLIMATE-DATA.ORG. Dados Climáticos para Cidades Mundiais. **Clima povoado Areia Branca (Brasil)**. 2021. Disponível: <<https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/sergipe/povoado-areia-branca-1022394/#climate-graph>>. Acesso em: 19 jan. 2022.

CRUZ, L.L. et al. Distribuição diamétrica de três espécies de Lecythidaceae após exploração de impacto reduzido na Amazônia Oriental. **Ciência Florestal**, v. 31, p. 171–190, 2021.

FEITOSA, A. P; MELO, T. M. Avaliação das áreas de preservação permanente da microbacia b-5.1 do rio cocó, fortaleza-ce. **Revista geouece**, v. 5, n. 9, p. 67–92, 2016.

FELFILI, J.M.; REZENDE, R.P. **Comunicações – Técnicas Florestais: Conceitos e métodos em fitossociologia.** V.5, n.1, Brasília, dezembro de 2003, 68p.

GIMENES, M. Polinização de *Vochysia lucida* C. Presl (Vochysiaceae) em uma área de restinga na Bahia. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 51, n. 4, p. 465–470, 2007.

GROPPO, M. et al. Check-list de Sapindaceae (Angiospermae) do estado de Mato Grosso do Sul, Brasil. **Iheringia, Série Botânica.**, v. 73, p. 342–347, 2018.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapa de Solos do Brasil.** Escala: 1:5.000.000. Rio de Janeiro, 2001.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapa de Vegetação do Brasil.** Escala: 1:5.000.000. Rio de Janeiro, 2004.

MARTINELLI, G.; MORAES, M. A. **Livro vermelho da flora do Brasil.** Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson Editora e Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 1100 p., 2013.

MARTINS, F.R. Critérios para avaliação de recursos vegetais. In: Simpósio sobre a Comunidade Vegetal como Unidade Biológica, Turística e Econômica, São Paulo. **Anais do Simpósio sobre a Comunidade Vegetal como Unidade Biológica, Turística e Econômica.** São Paulo: Academia de Ciências do Estado de São Paulo–ACIESP 15, p.136–49, 1978.

MARTINS, L.; CAVARARO, R. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira: Sistema fitogeográfico Inventário das formações florestais e campestres Técnicas e manejo de coleções botânicas Procedimentos para mapeamentos.** Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Manuais Técnicos em Geociências número 1. Rio de Janeiro, 2012.



MELLO, P. P. A. C. **Análise florística e estrutural das savanas costeiras no Nordeste brasileiro**. 2017. 82 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2017.

MENDES, G. F.; LUCENA, E. M. P.; SAMPAIO, V.S. Levantamento Florístico da Área de Proteção Ambiental (APA) da Lagoa da Maraponga, Fortaleza, Ceará, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 05, p. 3206–3224, 2021.

OLIVEIRA-FILHO, A. T.; VILELA, E. A.; CARVALHO, D. A.; GAVILANES, M. L. **Estudos florísticos e fitossociológicos em remanescentes de matas ciliares do alto médio Rio Grande**. Belo Horizonte: CEMIG, 1995. 27p.

PAULINO-NETO, H. F. Polinização e biologia reprodutiva de Araticum-liso (*Annona coriacea* Mart.: Annonaceae) em uma área de cerrado paulista: implicações para fruticultura. **Revista Brasileira de fruticultura**, v. 36, p. 132–140, 2014.

POTASCHEFF, C. M.; MORI, S. A.; LOMBARDI, J. A. Pollination ecology of the Cerrado species *Eschweilera nana* (Lecythidaceae subfam. Lecythidoideae). **Brittonia** (Bronx, N.Y.), v. 65, p. 1–18, 2013.

REIS, P. C. M. R. et al. Distribuição diamétrica após colheita de madeiras com ênfase às espécies de Lecythidaceae. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer – Goiânia, v.13 n.24; p. 423–434, 2016.

RISSI, M. N; CAVASSAN, O. Uma proposta de material didático baseado nas espécies de Vochysiaceae existentes em uma trilha no cerrado de Bauru–SP. **Biota Neotropica**, v. 13, p. 27–41, 2013.

SANTOS, W. A.; ARAÚJO, H. M. Geologia e recursos hídricos superficiais e subterrâneos da sub-bacia hidrográfica do rio Cotinguiba–SE. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 31, n. 3, p. 5–18, 2013.

SANTOS, W. A.; ARAÚJO, H. M. HIDROGRAFIA E HIDROGEOLOGIA: qualidade e disponibilidade de água para abastecimento humano na sub-bacia hidrográfica do rio Cotinguiba–SE. **Revista Geografares**, nº13, p.102–134, 2012.

SCHILLING, A. C.; FERREIRA BATISTA, J. L. Curva de acumulação de espécies e suficiência amostral em florestas tropicais. **Revista Brasileira de Botânica**. v.31, n.1, p.179–187, jan.–mar. 2008

SCOLFORO, J.R.S. **Inventário florestal**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2006, 341p.

SILVA, F. A. M.; LEITE, G. S.; BIM, O. J. B. Florística e fitossociologia de áreas de restauração com diferentes históricos de uso. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 41, 2021.

SILVA, P. O. et al. Influência de projetos de reflorestamento de matas ciliares no controle/mitigação da erosão por ondas em reservatórios. **Geologia USP**. Série Científica, v. 21, n. 3, p. 109–124, 2021.



SILVA, R. M. et al. Curva de acumulação de espécies e suficiência amostral em uma floresta de terra firme em Vitória do Jari, Amapá. In: **Anais do Fórum de Anatomistas de Madeira da Amazônia**, 2017, Belém. Anais eletrônicos do Fórum de Anatomistas de Madeira da Amazônia. Campinas, Galoá, 2017. Disponível em: <<https://proceedings.science/famazon/papers/curva-de-acumulacao-de-especies-e-suficiencia-amos-tral-em-uma-floresta-de-terra-firme-em-vitoria-do-jari--amapa>>. Acesso em: 17 jan. 2022.

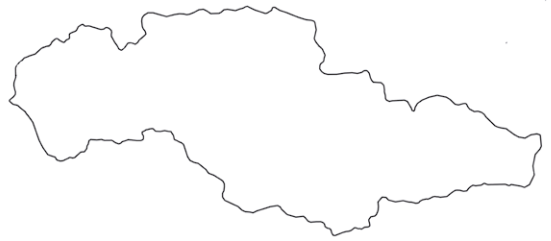
SNIF. Sistema Nacional de Informações Florestais. **Boletim SNIF 2018**. ed.1. 2018. Disponível em: < <http://www.floresta.gov.br/publicacoes/1645-boletim-snif-2018-ed-1>>. Acesso em: 18 jan. 2022.

SWAINE, M. D.; WHITMORE, T. C. On the definition of ecological species groups in tropical rain forest. **Vegetatio**, Dordrecht, v. 75, n. 1-2, p. 81-86, 1988






VALE, V. S. et al. Grupos funcionais e sua importância ecológica na vegetação arbórea em um remanescente florestal urbano, Uberlândia, MG. **Natureza on line**. 9 (2): 67-75.

ZICKEL, C. S. et al. Vegetação de tabuleiro: diversidade de espécies lenhosas em áreas da Paraíba, Nordeste do Brasil. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 6, n. 4, p. 286-298, 2021.





DIAGNÓSTICO DOS IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS DA CARCINICULTURA NO MANGUEZAL DO RIO COTINGUIBA – SE

-  Danielle Barros Santos
-  Edison Barbieri
-  Pedro Henrique Carvalho de Azevedo
-  Ricardo Carlos Ferreira Alves Santos
-  Thadeu Ismerim Silva Santos

1. INTRODUÇÃO

Os manguezais do Rio Sergipe estão localizados nas proximidades da zona estuarina às margens de seus principais afluentes, são eles: pela margem esquerda estão os rios Pomonga, Parnamirim, Ganhamoroba e Cágado; e, pela margem direita, os rios Poxim, Sal e Cotinguiba totalizando uma área equivalente a 8.498,51 hectares (ha) segundo Atlas Digital dos Recursos Hídricos desenvolvido pela Superintendência Especial de Recursos Hídricos e Meio Ambiente (SERMAH). Por serem considerados parte integrante do bioma Mata Atlântica, os manguezais são protegidos por duas Leis Federais (Lei da Mata Atlântica, 11.428/2006, e Código Florestal, 12.651/2012) (BRASIL, 2006, 2012) e ainda por três Leis Estaduais (Lei 2.683/1988, Lei 3.117/1991 e Lei 5.858/2006), as quais determinam que estes ecossistemas só podem sofrer supressão em casos excepcionais, como por exemplo, para uso ecologicamente sustentável dos apícuos em atividades de carcinicultura e salinas desde que sejam adotadas práticas sustentáveis de manejo de solo, água e de recursos hídricos (SERGIPE, 1988, 1991, 2006).

Os rios tributários da margem direita a montante do Rio Sergipe, nomeadamente Rio do Sal e Rio Cotinguiba, abrigam a maior área da atividade



de carcinicultura dessa Bacia Hidrográfica. Não é à toa que o município de Nossa Senhora do Socorro, localizado entre esses rios, tem se destacado na produção de camarão de viveiro e, atualmente, ocupa o posto de 2º maior produtor do estado (1.344.000 kg/ano) (SANTOS; ANDRADE, 2020) contribuindo para elevar Sergipe à 4º posição no ranking nacional de produtores de camarão do país (IBGE, 2020). Esse município concentra o maior número de produtores e possui uma das maiores áreas de cultivo em área estuarina (282 ha). Em geral, a carcinicultura sergipana é de pequena unidade de produção familiar. De 2004 para 2011 a área cultivada pelo micro produtor aumentou de 514 para 1.040 ha em todo Estado (ROCHA *et al.*, 2013). Apesar de ser uma atividade econômica com valores significativos para o Estado e município, esse tipo de atividade ocasiona diversos tipos de impactos como a degradação do manguezal; contaminação de corpos d'água; perda da biodiversidade; intensificação de processos erosivos; modificação do fluxo dos corpos hídricos; salinização de lençóis freáticos; risco de introdução de espécies exóticas; privatização de terras da União; extinção de áreas de pesca e alterações na morfologia dos ambientes costeiros e campos de dunas (JUNIOR *et al.*, 2021)

O Rio Cotinguiba conta com a presença de áreas protegidas como a Unidade de Conservação (UC) Floresta Nacional do Ibura e do Território da Comunidade Tradicional Quilombo da Mussuca, reconhecido pela Fundação Cultural Palmares. Tanto um quanto o outro são agentes importantes na preservação/conservação e na utilização sustentável da biodiversidade local. A presença de ambos, de certa forma, contrabalança os impactos gerados pela atividade de carcinicultura em Nossa Senhora do Socorro, mas infelizmente não impede seu avanço. Há registro de denúncias encaminhadas ao Ministério Público Federal e Polícia Militar relacionadas a desmatamentos em área de preservação permanente (APP) nessa localidade, especificamente na área do mangue, o que configura crime conforme Lei Federal nº 9.605/1998.

Com relação à construção de fazendas de cultivo de camarão, a Resolução nº 312 do Conselho Nacional de meio ambiente (CONAMA) de 2002 apresenta os critérios para realização de licenciamento ambiental em empreendimentos costeiros dessa categoria (CAVALCANTI, 2012; SANTOS; FURLAN,



2021). De acordo com a Associação Brasileira de Criadores de Camarão (ABCC), em 2011, apenas 29% dos produtores do país operavam dentro da legalidade. Em Sergipe somente 6% dos produtores detinham do licenciamento de seus empreendimentos (ROCHA *et al.*, 2013). Considerando as características da carcinicultura estadual, predominantemente de micro produtor, o esforço institucional para solucionar a falta de licença ambiental se faz urgente. A exigência de licenciamento é a única forma do Estado ordenar a atividade para que esta se desenvolva dentro da legalidade e com o mínimo de danos aos manguezais visto que se trata de um ambiente que comporta a gênese de toda a cadeia de desenvolvimento costeiro (CAVALCANTI, 2012).

O mapeamento realizado pela Fundação SOS Mata Atlântica (SOSMA) e Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) em ecossistemas costeiros da Mata Atlântica no ano de 2018 quantificou 1.356 ha como área ocupada por carcinicultura e salinas em Sergipe (SOSMA; INPE, 2018). Os estudos realizados pela SOSMA/INPE, ao longo desses 17 anos, têm mostrado que, apesar do aumento da atividade de carcinicultura no estado, a área de mangue em Sergipe tem aumentado (passou de 22.254 ha em 2005 para 24.591 ha em 2018) e essa tendência tem se repetido nos demais estados do nordeste. Esse aumento na área de mangue tem sido atribuído às mudanças no uso do solo da Bacia Hidrográfica (ex. construção de barragens) e/ou alterações climáticas globais (ex. aumento da cunha salina) (GODOY *et al.*, 2018). A compreensão de como esses fatores afetam o fornecimento dos serviços ambientais é de extrema importância e por isso é necessário que haja um mapeamento constante como forma de gerar informações para execução de um planejamento de ações para conservação e preservação desse ecossistema.

Ferramentas de sensoriamento remoto e geoprocessamento são métodos fundamentais para um efetivo monitoramento pois analisam a paisagem e suas transformações sejam elas de origem natural ou antrópica. Existem diversas plataformas que desenvolvem metodologias para automatizar a classificação do uso da terra e estimar sua mudança através de dados do sensoriamento remoto (ex. Mapbiomas, Google Earth Pro, Aqui tem mata, etc). Em Sergipe é possível acessar a base de dados do uso da terra através



do atlas digital da SERMAH e trabalhar essas informações em programas de sistema de informação geográfica (SIG), como por exemplo Qgis, para identificar, comparar e atualizar o quantitativo referente às áreas de manguezal e viveiros de camarão nas Bacias do Estado.

O método descrito anteriormente foi aplicado a esse estudo com o objetivo de mapear as possíveis alterações ao longo do curso do Rio Cotinguiba, dada sua importância socioambiental, a fim de apontar as principais alterações ocorridas entre o ano de 2010 e 2021. O mapeamento detalhado foi elaborado a partir das imagens obtidas pelo Google Earth Pro. Espera-se com esse trabalho contribuir para obtenção de um conjunto de informações que possam guiar futuros estudos que levem à preservação e valorização da região do Rio Cotinguiba.

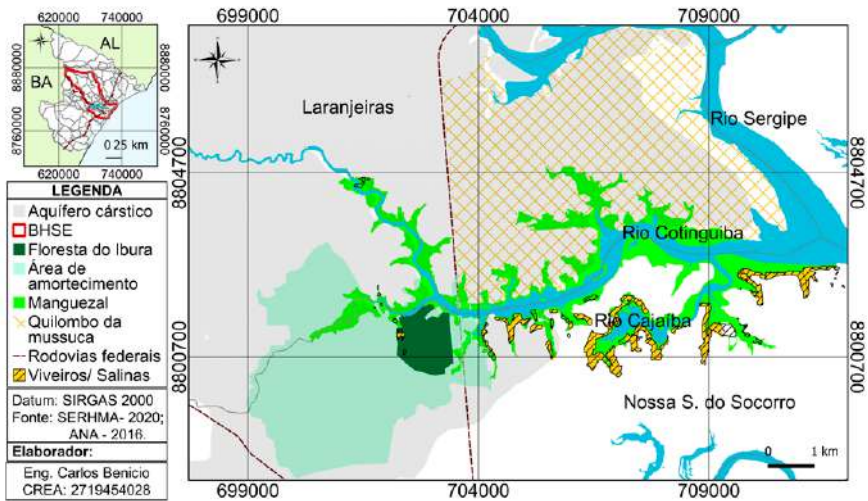
2. DESENVOLVIMENTO DO ASSUNTO

2.1 Caracterização da área de estudo

Os manguezais da sub-bacia hidrográfica do Rio Cotinguiba estão localizados entre os municípios de Laranjeiras e Nossa Senhora do Socorro. A vegetação com influência fluviomarinha no perímetro próximo à foz da sub-bacia segue à direita pelo Rio Cotinguiba por cerca de 13 Km em direção a montante e, à esquerda, segue pelo Rio Cajaíba por cerca de 4 km recortando parte do município de Nossa Senhora do Socorro (Figura 1). Essa é uma região privilegiada da Bacia hidrográfica do Rio Sergipe (BHRS) pois coincide com a bacia hidrogeológica do Sistema Aquífero Cárstico do Sapucari (um dos maiores aquíferos do nordeste do Brasil responsável por 22% do abastecimento da água da cidade de Aracaju) (RIBEIRO *et al.*, 2017), faz fronteira com as terras do Quilombolo da Mussuca (margem esquerda) e com a UC Floresta Nacional do Ibura (margem direita). Esses manguezais compõem uma das maiores faixas contínuas de mangue da BHRS formando um corredor ecológico de alta relevância para a sub-bacia hidrográfica do Rio Cotinguiba.



Figura 1. Manguezais do Rio Cotinguiba e do Rio Cajaíba



A área de estudo apresenta um contraste bastante evidente entre as margens esquerda e direita do mangue do Rio Cotinguiba relacionado ao uso da terra: De um lado (Laranjeiras), estão a pesca artesanal e a mariscagem comumente praticadas pelos membros da comunidade tradicional (Quilombo da Mussuca) e, do outro (Nossa Senhora do Socorro), estão carcinicultores, que desenvolvem principalmente o cultivo de camarão em suas propriedades. Por ocuparem margens opostas, não há registro de conflitos territoriais. No entanto, a atividade de carcinicultura acaba afetando o modo de vida dos pescadores e pescadoras artesanais e marisqueiras, já que os efeitos dessa atividade atingem as áreas vizinhas utilizadas para as práticas extrativistas.

Os manguezais que limitam a UC, por motivos não identificados, foram excluídos da UC quando foi elaborado seu decreto de criação. A redefinição desses limites é uma das estratégias de recuperação apontadas no plano de manejo com objetivo de impedir o avanço do assentamento de tanques de piscicultura e criação de camarão na APP da UC (ICMBIO, 2016b). Alguns trabalhos de caracterização da vegetação têm sido realizados a fim de auxiliar

futuros projetos de manejo e recuperação dessa área. Gonçalves (2020) abrindo comunidades vegetais específicas e grande diversidade faunística. Por serem bastante explorados economicamente pelas populações ribeirinhas, caracterizar sua vegetação é importante para projetos de manejo e recuperação, porém estudos em tais ambientes ainda são escassos. Nesse sentido, o presente trabalho foi realizado com o objetivo de conhecer a composição florística e a estrutura da vegetação de uma área de manguezal da Floresta Nacional do Ibura, situada no município de Nossa Senhora do Socorro, Sergipe. A área tem 7,65 ha e está situada na margem direita do Rio Cotinguiba. Foram estabelecidas seis transecções perpendiculares à margem do rio e demarcadas 13 parcelas de 10 m x 10 m, sendo mensurados todos os indivíduos com circunferência à altura do peito ≥ 15 cm. Foram encontrados 237 indivíduos de *Laguncularia racemosa* (L por exemplo, identificou no bosque do manguezal da Flona duas espécies típicas de mangue: *Laguncularia racemosa* e *Rhizophora mangle*, esta última em menor frequência, densidade e abundância. Foram encontrados também dois indivíduos da espécie *Avicennia schaueriana*, conhecida como mangue-preto e pertencente à família *Acanthaceae*. No apicum, identificaram-se indivíduos da espécie *Conocarpus erectus* L., que é conhecido como mangue-de-botão e pertence à família *Combretaceae*. É provável que essa caracterização retrate o todo o mangue do Rio Cotinguiba assim como também o mangue do Rio Cajaíba já que toda essa região se encontra sob influência de mesmos fatores ambientais.

Por se tratar da região do baixo curso do Rio Cotinguiba, os manguezais estão sujeitos a uma forte pressão antrópica oriunda do montante da sub-bacia (SANTOS, 2012). Os municípios circunvizinhos a esse trecho do rio, Laranjeiras e Nossa Senhora do Socorro, estão entre os mais urbanizados do Estado (83,85% e 98,58%, respectivamente) e com o menor percentual em termos de sistema de tratamento de esgoto (14,1% e 46,3%, respectivamente), ou seja, mais da metade do esgoto é lançado no ambiente intensificando os impactos negativos nos mananciais acarretando consequências indesejadas (SOARES, 2016). Além do esgoto destaca-se ainda os impactos ocasionados pelo lançamento da vinhaça, produto da calda na destilação



do licor de fermentação do álcool de cana-de-açúcar, caracterizado como efluente com alto poder poluente devido a sua riqueza em matéria orgânica, baixo pH, elevada corrosividade e altos índices de demanda bioquímica de oxigênio, além de elevada temperatura na saída dos destiladores (SANTOS et al., 2020). Apesar da elevada poluição hídrica, o baixo curso do Rio apresenta uma grande variação no conteúdo de sais, que diminui sua concentração de montante para jusante em consequência do aporte de águas com baixo teor de salinidade, influência do Aquífero do Sapucari (SANTOS, 2012), o que leva ao favorecimento da formação do manguezal, que funciona como um depurador, ou filtro natural, importante serviço ambiental prestado por esses ecossistemas.

2.2 A atividade de carcinicultura nos manguezais do Rio Cotinguiba

Segundo a Resolução 303/CONAMA os manguezais são *“ecossistemas litorâneos que ocorrem em terrenos baixos, sujeitos à ação das marés, formados por vasas lodosas que se associam, predominantemente, a vegetação natural conhecida como mangue, com influência fluviomarinha, típica de solos limosos de regiões estuarinas e com dispersão descontínua ao longo da costa brasileira”*. Mesmo não citando as feições lavado e apicum, a Resolução deixa claro que o ecossistema não ocorre somente onde há vegetação típica de mangue. O manguezal propriamente dito é constituído por um contínuo de feições, são elas: lavado, bosque de mangue, ou simplesmente mangue, e apicum, também denominado salgado ou planície hipersalina, feição esta muitas vezes desprovida de vegetação arbórea que pode estar no meio da feição bosque de mangue ou na parte posterior do ecossistema (SANTOS; FURLAN, 2021).

Compreender a diferença entre manguezal, mangue, lavado, apicum e salgado é extremamente importante para a escolha da camada com a qual se pretende trabalhar nos programas de SIG. O atlas digital da SERMAH, base de dados utilizada para esse estudo, usa a palavra manguezal para delimitar o mangue. Mesmo com a nomenclatura trocada é válido usar os dados da SERMAH para verificação da supressão da área do mangue. Os dados mais



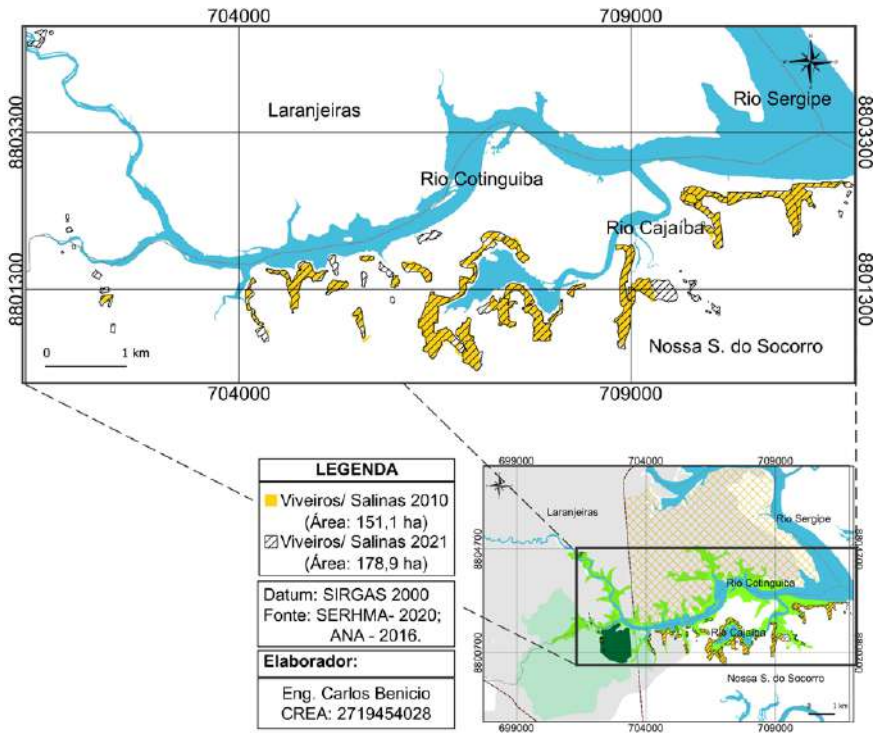
recentes de Viveiros/salinas do atlas são do ano de 2010 e estão disponíveis na camada 'Uso da terra'. Quanto aos dados de Viveiros/salinas para o ano de 2021, estes foram demarcados mediante a interpretação visual criteriosa de imagens de alta resolução do Google Earth Pro. Os polígonos demarcados foram tradados no Qgis junto com as demais camadas (unidades de conservação, aquíferos, populações tradicionais, etc).

Segundo os dados da SERMAH a área de mangue e viveiros de camarão em 2010 media 878,6 ha e 151,1 ha, respectivamente. Já em 2021, a área de mangue e viveiros passou a medir 852,1 e 178,9 ha, respectivamente (Figura 2). Isso significa dizer que a área de viveiros de camarão aumentou 27,8 ha. Levando em consideração a área calculada, é correto afirmar que o Rio Cotinguiba e o Rio Cajaíba perderam aproximadamente em termos de área de manguezal, 17,4% da cobertura original para a carcinicultura nos últimos anos. Como era de se esperar, o aumento dessa atividade no município de Nossa Senhora do Socorro provocou um decréscimo diretamente proporcional de áreas de mangue na região e, aquele que resta, está impensado entre a urbanização periférica, os tanques de carcinicultura e o próprio Rio.

Em 2010 todos os viveiros mapeados estavam localizados na margem direita do curso do Rio. Naquele ano o município de Nossa Senhora do Socorro se destacava como maior produtor do Estado (cerca de 685.000kg/ano), lembrando que além dos viveiros do Rio Cotinguiba e Cajaíba o município conta também com os viveiros localizados no Rio do Sal. Os novos viveiros identificados em 2021 foram assentados nas vizinhanças daqueles já existentes em Nossa Senhora do Socorro, também foram identificados alguns próximos à cidade de Laranjeiras e ao lado esquerdo da Floresta Nacional do Ibura (dentro da zona de amortecimento da área de conservação, o que deveria ser proibido). Esses novos viveiros estão sujeitos a penalidades administrativas pois estão dentro da APP, o que pode ser facilmente comprovado através das imagens de satélites. A rigor, nessas áreas, não são permitidas interferências do homem sobre o ambiente natural. De certo que esses tanques não possuem licenciamento ambiental, o que constitui crime conforme Lei Federal nº 9.605/1998.



Figura 2. Área de Viveiro/Salinas do Rio Cotinguiba e Rio Cajaíba em 2010 e 2021



Embora utilizem uma pequena área do entorno, os viveiros de camarão instalados em APP causam impactos ambientais negativos (ICMBIO, 2016a) e, em alguns casos, impactos irreversíveis como por exemplo a introdução de novas espécies exóticas (ex. *Litopenaeus Vannamei*) no meio ambiente, o que pode gerar consequências ecológicas, sanitárias e socioeconômicas imprevisíveis. Por se tratar de um tipo de monocultura, a carcinicultura exclui a possibilidade de múltiplos usos do manguezal provocando o deslocamento e/ou extinção das espécies nativas. É praticamente impossível impedir que indivíduos da espécie introduzida escape para o meio por ocasião das despesas ou do possível rompimento dos diques de contenção. O guia de orientação para o manejo de espécies exóticas invasoras em UC elaborado pelo ICMBio em 2019 recomenda a elaboração e execução de programa de monitoramen-

to, controle e prevenção para a espécie *L. Vannamei*; o guia ressalta que é importante (i) inibir a implementação e a expansão de empreendimentos que impliquem em impactos negativos em manguezais; (ii) mitigar os impactos desses empreendimentos; (iii) minimizar oportunidades de invasão biológica por essas espécies; (iv) estimular o uso de novas tecnologias na carcinicultura, como o uso de tanques de recirculação, para reduzir o potencial de escape. (v) investir na restauração de ecossistemas já afetados por essas práticas já que existem muitos tanques abandonados.

Perder área de mangue significa perder serviços ambientais, serviços estes desprezados em nome de benefícios monetários de curto prazo para poucos interessados. Encolher o tamanho do manguezal é colocar em riscos os princípios de um ambiente ecologicamente equilibrado do ponto de vista da preservação, precaução e da proteção que encontram fundamento na Constituição Federal (Art. 225) e em diversas convenções internacionais das quais o Brasil é membro signatário. Essa perda é praticamente irreversível, pois conseguir recuperar o uso do solo em ambientes onde impera a grande propriedade e em áreas onde há adensamentos urbanos é um grande desafio, uma vez que os usos já estão configurados nessa paisagem (SILVA *et al.*, 2013). Tanto os ecossistemas costeiros como as populações que fazem uso desses ambientes perdem com a perda de habitat pois diminui recursos alimentares costeiros e marinhos, reduz as áreas de pousio, intensificam os processos erosivos costeiros, aumenta os gases causadores do efeito estufa, há um maior impacto da elevação do NMRM além da perdas de áreas importantes para a cultura e pesquisa (SANTOS; FURLAN, 2021). Em um cenário futuro, essas alterações ambientais poderão agravar as desigualdades entre populações ribeirinhas por conta da poluição, diminuição no quantitativo de mariscos e, conseqüentemente, instauração de conflitos de terra (BALANÇO SERGIPE GERAL, 2018).



2.3 Aspectos legais com foco na área de estudo

Grande parte dos viveiros de carcinicultura presentes na margem direita do Rio Cotinguiba foram construídos dentro de APP antes de 2008. Tal fato é importante porque, pela Lei Estadual 8.327/2017, elaborada nos mesmos termos que a Lei Federal 12.727/2012, o exercício de atividade de carcinicultura em APP continuou sendo permitido para tanques assentados até o referido ano, especificamente até a data de 22 de julho de 2008, ou seja, todos os tanques ali assentados, nesse quesito, estão dentro da legalidade. Em relação ao licenciamento, outorga de uso ou dispensa da água é necessário que os órgãos responsáveis realizem um levantamento atualizado dos empreendimentos em atividade a fim de atuar àqueles que se encontram fora da legalidade.

A continuidade da prática de carcinicultura e salinas em áreas de apicum¹ mediante o licenciamento ambiental é permitida por lei (Lei 12.727/2012) (SANTOS, 2020) mesmo contrariando a resolução do CONAMA nº 312/2002 que proíbe empreendimentos de carcinicultura em áreas de manguezais. Especialistas alertam que o conflito referente à definição de manguezal gera um grande impasse na garantia dos direitos de proteção desse ecossistema (MOURA-FÉ et al., 2015; SANTOS; FURLAN, 2021). Esse desentendimento legal abre possibilidades de ocupação das feições que não são consideradas APPs implica diretamente na perturbação da dinâmica e o equilíbrio do mangue que só pode ser garantido com a proteção total do ecossistema manguezal (SCHAEFFER-NOVELLI, 2002; SILVA; SILVA; ARAÚJO, 2020) formando na realidade um estágio sucessional natural do ecossistema. Tanto manguezal como marisma são ecossistemas complexos, altamente resilientes e resistentes. Manguezais são inquestionavelmente considerados como um dos ecossis-

1 O apicum (ou salgado) “pode apresentar-se hipersalino, limitando a ocorrência de espécies arbóreas vasculares e dando a falsa impressão de que não faz parte do manguezal e que nele não há vida”, adicionando ainda que pode haver espécies vegetais rasteiras a colonizarem esta área. O apicum apenas ocorre associado ao ecossistema manguezal. No entanto, há manguezais que não apresentam a feição apicum. O código Florestal diferencia salgado de apicum, o que não é correto (ICMBIO, 2018).



temas mais produtivos do planeta. Os ecossistemas manguezal, marisma e apicum encontram-se entre as zonas úmidas de importância internacional no contexto da Convenção de Ramsar (1971). Sobre esse assunto, está em tramitação no senado um projeto de Lei (108/2019) que pretende alterar o Código Florestal no quesito que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa, reclassificando os apicuns como APP a fim de eliminar controvérsias existentes entre o Código Florestal e a Resolução nº 303/2002 do CONAMA.

Sobre o uso ecologicamente sustentável dos apicuns, a Lei 12.727/2012, em seu artigo 11-A, sanciona que a área ocupada por atividade de carcinicultura e salinas (excluídas as ocupações consolidadas até 2008) não ultrapasse 35% (trinta e cinco por cento) da área de total de apicum dentro do território estadual (OLIVEIRA; FREITAS FILHO, 2017). Em Sergipe é preciso verificar a quantidade de tanques consolidados até 2008 para saber se a Lei está sendo respeitada. Segundo os dados da SOSMA/INPE referente ao mapeamento dos ecossistemas costeiros no ano de 2018, a área de carcinicultura e salina (1.356 ha) em Sergipe é 2,4 vezes superior à área de apicum identificada (563 ha) (SOSMA E INPE, 2018), caso esse valor tenha ultrapassado os 35% determinados pela lei, a Administração Pública Estadual de Meio Ambiente (ADEMA) precisa proibir veementemente a instalação de novos tanques, mesmo que estes apresentem estudos e relatórios de impactos apreciáveis à aprovação de licença ambiental.

A instalação de novos viveiros na área de mangue da Zona de Amortecimento (ZA) da UC fere tanto o Código Florestal como a Lei Federal 9.985/2000 que institui o Sistema Nacional de Conservação da Natureza (SNUC), pois destrói o corredor ecológico existentes entre a Flona e os fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual e vegetação de mangue nos arredores. Segundo o plano de manejo da Flona do Ibura, um dos objetivos estratégicos para sua gestão é, justamente, contribuir para conservação dos fragmentos da vegetação remanescente da Mata Atlântica, com destaque para as áreas mangue, contidos na proposta de ZA. A desconectividade entre esses fragmentos florestais promove o isolamento de diversas espécies podendo resultar na extinção das mesmas. Vale lembrar que duas espécies de mamíferos



registradas nessa região estão ameaçadas de extinção – a preguiça-de-coleira *Bradypus torquatus* e a lontra *Pteronura brasiliensis* (ICMBIO, 2016b). Além disso, a região que engloba a ZA foi apontada como uma das áreas de maior vulnerabilidade situadas sobre o aquífero Sapucari por conta das atividades potencialmente contaminantes desenvolvidas nas proximidades como por exemplo exploração mineral do calcário, indústria, aglomerados urbanos, dolinas e abertura de poços de água subterrânea (RIBEIRO *et al.*, 2016). Em função desses fatores se faz necessário intervir nesse espaço para que haja recuperação das APP de forma a melhorar a viabilidade ambiental dessa área protegida.

A ZA da Flona do Ibura faz interseção com outra importante área protegida da região: o território do Quilombo da Mussuca, comunidade tradicional composta por 548 famílias na parte leste do município de Laranjeiras. Dentro do Bioma Mata Atlântica, as populações tradicionais, sejam elas quilombolas, indígenas, caiçaras, etc., são responsáveis pela utilização e proteção da vegetação nativa ali presente (Lei 11.428/2006) isso porque o modo de vida dessas populações (em harmonia com o ambiente natural, desenvolvendo atividades de baixo impacto ambiental), além de fortalecer a identidade cultural da região, ajuda na conservação dos recursos naturais tornando seus territórios verdadeiras áreas protegidas (CUNHA *et al.*, 2022a). Por essa razão, não surpreende que a área de mangue dentro do território quilombola (margem esquerda) no Rio Cotinguiba seja superior a área de mangue do município de Nossa Senhora do Socorro (margem direita). É importante destacar que a área sob o Quilombo da Mussuca, assim como a ZA da Flona do Ibura, é considerada vulnerável para o aquífero Sapucari por apresentar feições cársticas como *karrens*, cavernas, dolinas e abertura de poços de água subterrânea (RIBEIRO *et al.*, 2016).

Ainda sobre o Quilombo da Mussuca, apesar de ter sido certificado pela Fundação Cultural Palmares em 2006 (três anos após a edição do decreto 4.887/2003 que traz os procedimentos de identificação, reconhecimento, delimitação, demarcação e titulação das terras ocupadas por quilombolas), o processo de regularização fundiária, etapa crucial para posse da terra, reali-



zado pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), ainda não foi concretizado; a última atualização em relação ao processo foi em setembro de 2018. Essa etapa é crucial porque com a posse da terra a comunidade garante o acesso aos serviços básicos de saúde, educação e transporte além de evitar conflitos com os atuais detentores dos domínios abrangidos pelo perímetro do Quilombo (COSTA FILHO; VIANNA MENDES, 2013).. Essa demora na desocupação das terras tem relação direta com a redução do orçamento destinado aos processos de regularização da titulação (queda de mais de 97% nos últimos 5 anos) (CUNHA *et al.*, 2022b). Políticas que reconhecem a posse consuetudinária sobre terras tradicionais fortalecem a conservação das áreas protegidas, promovem a manutenção de sistemas agrícolas diversificados o que, conseqüentemente, colabora para a diversidade de espécies dentro de uma abordagem de soberania alimentar e, assim, proporcionam benefícios mútuos para a natureza e as pessoas (HILL *et al.*, 2019).

2.4 Projeções futuras e perspectivas de conservação

A expansão de empreendimentos de carcinicultura ao longo da costa do município de Nossa Senhora do Socorro na última década, vem sendo alvo de diversas denúncias encaminhadas ao poder público. O Ministério Público (G1, 2013; TRF5, 2021a, 2021b) e a Polícia Militar (INFONET, 2021; POLÍCIA MILITAR, 2018) registraram denúncias relacionadas a desmatamentos em APP, especificamente na área do mangue. Em um dos casos o relatório da perícia técnica apontou que os novos viveiros foram assentados em área de baixo relevo, o que significa que não estavam em área de apicum como determina o Código Florestal. Além do desmatamento do manguezal e da mata ciliar, a perícia identificou bloqueio do fluxo das marés, contaminação da água por efluentes do viveiro, redução de habitats de numerosas espécies, extinção de áreas de mariscagem, pesca e captura de caranguejos, entre outros danos (TRF5, 2021b). O comitê BHRS também recebeu denúncias relacionadas a contaminação por lançamento de efluentes (48%), deposição de resíduos sólidos (19%), expansão da urbanização (11%), empreendimentos de infraestrutura



(11%), atividades irregulares de pesca e carcinicultura (7%) e desmatamento (4%) em toda Bacia Hidrográfica (SANTOS *et al.*, 2015). Todas essas alterações afetam o balanço de sedimentos da BHRS e irão influenciar diretamente na resposta dos manguezais às mudanças climáticas, uma vez que podem resultar no aumento de salinidade das águas superficiais e subterrâneas, na alteração da hidrodinâmica dentro da Bacia Hidrográfica, na quantidade de sedimento que chega nas regiões costeiras e, conseqüentemente, no equilíbrio entre sedimentação e erosão na linha de costa assim como a mobilização de nutrientes e poluentes em estuários (GODOY, 2015) marismas, corais e recifes servem como proteção para a linha de costa contra erosão, inundação, área de pouso para espécies migratórias, berçário para diversas espécies além de possuir valor cultural para diversas comunidades que retiram desse ambiente o seu sustento. Estudos realizados para avaliar o risco para espécies de mangues mostrou que 70 espécies foram consideradas como em risco de extinção e poderiam desaparecer na próxima década, essa perda teria conseqüências econômicas e ambientais devastadoras para as comunidades costeiras devido à importância dessas espécies. Nos últimos 50 anos, entre 30% e 50% das áreas mangues no mundo desapareceram e essa perda continua a acontecer em alguns locais e, em certos pontos, está aumentando. Atualmente, a diminuição anual da área ocupada por ecossistemas costeiros ocorre em um ritmo quatro vezes maior do que para florestas tropicais. O foco desse estudo foi mapear as alterações nas áreas de mangue em doze estuários do litoral do estado do Ceará entre os anos de 1992 e 2011, e identificar os principais vetores dessas alterações, sejam esses as alterações do uso de solo das suas respectivas bacias hidrográficas ou as alterações climáticas globais. Também foi realizado o mapeamento das tendências dos índices pluviométricos dentro da Bacia Hidrográfica do Rio Jaguaribe, utilizando dados da Agência Nacional de Águas (ANA).

Devido a sua condição como interface entre continente-oceano, a elevação do Nível Médio Relativo do Mar (NMRM) em regiões ocupadas pela carcinicultura (apicuns) irá, fatalmente, encurralar o mangue. É o que mostra a Figura 3 na qual podemos observar a foz do Rio Cotinguiba a esquerda,



seu encontro com o Rio Sergipe ao fundo e, na margem direita, o município de Nossa Senhora do Socorro cercado por tanques de criação de camarão e construções muito próximas às margens sem respeito a faixa de APP determinada que seria de 200 m já que, nesse trecho, o Rio possui 300 m de largura (BRASIL, 2012). Sem espaço para migrar, a recolonização por espécies típicas de mangue na parte interior do continente será comprometida e haverá afogamento desse ecossistema (BEZERRA, 2014). Por esse motivo é importante a conservação das áreas de apicum, que servem de reservatório de nutrientes e áreas de expansão para colonização de bosque de mangue (SANTOS; FURLAN, 2021). O ideal é que, mesmo no pior cenário (máxima elevação do nível do mar) o mangue possa migrar sem perdas significativas e isso só ocorrerá se houver área de apicum para recolonizar.

Figura 3. Tanques de carcinicultura assentados no município de Nossa Senhora do Socorro (Taiçoca) próximo a foz do Rio Cotinguiba



Como explanado anteriormente, apesar do aumento da atividade de carcinicultura no Estado, a área de mangue em Sergipe tem aumentado. Pelos dados disponibilizados pelo SOSMA/INPE não é possível saber em quais Bacias Hidrográficas isso vem acontecendo, mas é bem provável que

seja onde haja o maior número de represamento por barragens; esse comportamento era esperado e é similar àqueles encontrados na bibliografia (GODOY, 2015). Das 30 barragens Sergipanas catalogadas pelo Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB) reguladas pela Lei nº12.334 de 2010, da Política Nacional de Segurança de Barragens, 11 delas estão localizadas na BHRS (NASCIMENTO *et al.*, 2019). Segundo os relatórios elaborados pelo Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC), ações que alterem o volume de água e transporte de sedimentos, como no caso da redução de chuvas anuais e barramento de rios, podem causar diferentes impactos que aumentam a intrusão salina e aceleram a expansão e a migração dos manguezais em direção aos apicuns (AMBRIZZI; ARAUJO, 2013).

Por outro lado, nos últimos anos, em todos os continentes, tem havido redução acentuada de áreas de manguezal, contabilizando um total de 3.560.000 hectares de áreas destruídas (SOUZA *et al.*, 2018). No Brasil, projetos de restauração ecológica de manguezal se resumem a poucas tentativas isoladas com baixas taxas de reabilitação (ICMBIO, 2018). Para se ter uma ideia, em termos de extensão de área, apenas 2.617 ha foram plantados entre 1994 e 2010, o equivalente a 5% de área total perdida no país, ou seja, o desmatamento ocorre em maior ritmo que a recuperação da floresta de manguezal (ROVAL, 2012). Em Sergipe, tais ações ainda são incipientes estando concentradas em torno dos manguezais urbanos próximos à capital, Aracaju (ex. recuperação do Parque Ecológico do Tramanday em 2000, criação do Museu do mangue em 2010, implementação do projeto Muda Mangue em 2018, e, mais recentemente, a criação do Parque Ecológico do Poxim em 2020). Apesar dos poucos projetos existentes, a perda contínua de áreas de manguezal tem despertado um interesse crescente em implementar uma melhor gestão das áreas de mangue em todo o mundo principalmente em projetos objetivando a proteção da linha de costa (impedindo a erosão e assoreamento das margens) e diminuição de poluentes atmosféricos (1 hectare de floresta de mangue em fase de crescimento é capaz de absorver até 200 toneladas de carbono) (LÓPEZ-PORTILLO *et al.*, 2017).



O monitoramento através de imagens aéreas e de satélites são, atualmente, um recurso essencial para acompanhar os impactos naturais e de atividades humanas em manguezais. Souza, B.B et.al (2016) realizou o mapeamento e a quantificação de áreas de manguezal no Estado de Sergipe encontrou indícios de que parte dos manguezais mapeados encontravam-se submetidos a forte pressão antrópica, principalmente em função da ocupação humana de seus entornos. O olhar atento às sedes dos municípios costeiros permitiu verificar a relação entre o crescimento da zona urbana e a fragmentação dos mangues. A recomendação sugerida foi a continuidade dos estudos para o acompanhamento da evolução dos manguezais. Barreto, R. et.al. (2009) analisou o progresso da carcinicultura no Estado de Sergipe entre 2005 e 2008, identificando áreas com grande aumento da atividade. Os resultados mostram o aumento da carcinicultura para até 408,2% em alguns municípios, levando a uma perspectiva real de degradação de manguezais em Sergipe. Em Nossa S^a do Socorro esse incremento foi de 78,27% (BARRETO *et al.*, 2009).

Apesar da atividade de criação de camarão ter uma importância econômica e social significativa não somente para o Estado, mas para o país, a maioria dos impactos positivos desse tipo de atividade se refere geralmente a aspectos econômicos, em detrimento dos fatores ambientais e sociais que também fazem parte de todo contexto dos empreendimentos. A conversão de manguezal para carcinicultura é apontada como um dos maiores vetores de perda de manguezal no mundo. Remover florestas de manguezais para instalar tanques de cultivo de camarão lança na atmosfera mais de 1 tonelada de CO₂ por ha, 10 vezes mais carbono do que o liberado pela conversão da mesma área de floresta amazônica em pasto. Estudos indicam que a carcinicultura é responsável por 38% a 50% da supressão de áreas de manguezal no Brasil (ICMBIO, 2018). Medidas como: (I) ampliação do controle do ordenamento do uso dos recursos naturais; (II) ocupação adequada dos espaços costeiros; (III) correta aplicação dos instrumentos legais de uso e ocupação destes ambientes por atividades produtivas; (IV) restauração de florestas de manguezais a fim de aumentar as taxas de sequestro de carbono, podem tra-



zer resultados positivos ao gerenciamento das zonas litorâneas. A capacidade produtiva deve estar alinhada a um modelo de desenvolvimento sustentável que associe os amplos serviços da natureza. Só haverá crescimento econômico equilibrado e boa qualidade de vida nas zonas litorâneas quando houver como garantir a proteção e restauração dos nossos ecossistemas costeiros e continentais.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Entre 2010 e 2021 a área destinada à atividade de carcinicultura na sub-bacia hidrográfica do Rio Cotinguiba teve aumento, de forma fragmentada, de 27,8 ha (essa área equivale a 33 campos de futebol, aproximadamente). Grande parte dos viveiros identificados foram assentados no município de Nossa Senhora do Socorro em APP e dentro da ZA da UC da Flona do Ibura o que configura crime ambiental segundo a Lei 9605/1998.

Dentro do mesmo intervalo de tempo o território do Quilombo da Musuca, localizado na margem oposta, não sofreu alteração em relação a APP. Isso significa que a presença da população tradicional nesse território é tão importante quanto, ou mais, que a presença da UC da Flona do Ibura no que se refere à proteção da biodiversidade local e da bacia hidrogeológica do Sistema Aquífero Cárstico do Sapucari sob aquela região. Portanto, a regularização fundiária se faz necessária e urgente para garantia e preservação da sociobiodiversidade local.

Embora o Estado tenha implementado um arcabouço legal abrangente objetivando assegurar a conservação dos manguezais, alguns obstáculos impedem a efetiva proteção desse ecossistema. Um deles está relacionado à ausência de um levantamento da área de apicum para todas as planícies fluviomarinhas dos nossos estuários bem como a área total passível de ocupação. Esses dados são primordiais para o ordenamento dessa atividade beneficiada por essa flexibilização da legislação. Isso evitaria o extrapolamento do máximo permitido (35%). A existência do apicum para o ecossistema manguezal é inquestionável, seja como fonte de nutrientes como habitat, área de



expansão/regressão ou por sua utilização pela fauna e, portanto, precisa ser garantida.

É preciso garantir a manutenção dos serviços ecossistêmicos que o manguezal pode oferecer. Medidas como a ampliação do controle do ordenamento do uso dos recursos naturais e da ocupação adequada dos espaços costeiros, além da correta aplicação dos instrumentos legais de uso e ocupação destes ambientes por atividades produtivas pode trazer resultados positivos ao gerenciamento das zonas litorâneas.

REFERÊNCIAS

AMBRIZZI, T.; ARAUJO, M. Relatório de Avaliação Nacional do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. p. 21, 2013.

BALANÇO SERGIPE GERAL. **Marisqueiras protestam contra desmatamento de manguezal em Laranjeiras – Balanço Geral Sergipe** BrasilTv Atalaia, , 2018. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=4DjBSz9_xvA>. Acesso em: 3 mar. 2022.

BARRETO, R.; PIERROBON, J. L.; RAMOS, A. L. DE A. Uso de imagens CBERS para avaliação da evolução da atividade de Carcinicultura em Sergipe entre 2005 e 2008. In: **Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento remoto**. [s.l.: s.n.]. v. 1p. 1951–1958.

BEZERRA, D. DA S. **Modelagem da dinâmica do manguezal frente à elevação do nível do mar**. Tese de Doutorado. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2014.

BRASIL. **Lei Nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006**. Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, 2006.

BRASIL. **Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre o Código Florestal, 2012.

CAVALCANTI, L. E. Aspectos geoambientais da carcinicultura no Rio Grande do Norte e seus desdobramentos legais: A implementação da licença ambiental em defesa do meio ambiente. **REDUnB**, v. v. 10–E, n. 2012, p. 71–88, 2012.

COSTA FILHO, A.; VIANNA MENDES, A. B. Direitos dos povos e comunidades tradicionais. **Organizado por: Coordenadoria de Inclusão e Mobilização Social (CIMOS) – Ministério Público De Minas Gerais**, p. 52, 2013.

CUNHA, M. C. DA; MAGALHÃES, S. B.; ADAMS, C. Comunidades tradicionais. In: SBPC (Ed.). **Provos tradicionais e Biodiversidade no Brasil: contribuições dos povos indígenas, quilombolas e comunidades tradicionais para a biodiversidade, políticas e**



ameaçãs. São Paulo: Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência – SBPC, 2022a. p. 292.

CUNHA, M. C. DA; MAGALHÃES, S. B.; ADAMS, C. Dificuldades na efetivação dos direitos territoriais. In: SBPC (Ed.). . **Provos tradicionais e Biodiversidade no Brasil: contribuições dos povos indígenas, quilombolas e comunidades tradicionais para a biodiversidade, políticas e ameaças.** São Paulo: Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência – SBPC, 2022b. v. 1p. 52.

G1. Ministério Público Federal move ação para preservar área de mangue em Socorro, SE. Disponível em: <<http://g1.globo.com/se/sergipe/noticia/2013/10/mpf-move-acao-para-preservar-area-de-mangue-em-socorro-se.html>>. Acesso em: 3 mar. 2022.

GODOY, M. D. P. **Alteração nas áreas de mangue em estuários no estado do Ceará devido a mudanças nos usos do solo e mudanças climáticas.** [s.l.] Universidade Federal do Ceará, 2015.

GODOY, M. D. P.; DE ANDRADE MEIRELES, A. J.; DE LACERDA, L. D. Mangrove Response to Land Use Change in Estuaries along the Semiarid Coast of Ceará, Brazil. **Journal of Coastal Research**, v. 34, n. 3, p. 524–533, 2018.

GONÇALVES, F. B. et al. Composição e estrutura de uma área de manguezal da Floresta Nacional do Ibura, estado de Sergipe. **Acta Biológica Catarinense**, v. 7, n. 1, p. 103–112, 2020.

HILL, R. et al. Biocultural approaches to pollinator conservation. **Nature Sustainability**, v. 2, n. 3, p. 214–222, 2019.

IBGE. **Produção camarão no Brasil.** Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/se/pesquisa/18/16459?tipo=ranking&indicador=16464>>. Acesso em: 3 mar. 2021.

ICMBio. **Plano de Manejo da Floresta Nacional do Ibura (Volume I – Diagnóstico).** Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade; 99 p.; Brasília, 2016 a.

ICMBio. **Plano de Manejo da Floresta Nacional do Ibura (Volume II – Planejamento).** Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade; 96 p.; Brasília, 2016 b.

ICMBio. **Atlas dos Manguezais do Brasil.** Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade; 179p.; 2018.

INFONET. **Polícia Militar flagra homem construindo viveiro de camarão sem licença ambiental.** Disponível em: <<https://infonet.com.br/noticias/cidade/pm-flagra-homem-construindo-viveiro-de-camarao-sem-licenca-ambiental/>>. Acesso em: 3 mar. 2022.

JUNIOR, M. A. C. DE O.; GOMES, É. R.; ROCHA, G. C. Impactos ambientais (negativos e positivos) da carcinicultura em ambientes costeiros: avaliação a partir de análise bibliométrica. **Revista de Geociência do Nordeste**, v. 2, p. 9, 2021.



LÓPEZ–PORTILLO, J. et al. Mangrove Forest Restoration and Rehabilitation. In: RIVERA–MONROY, V. H. et al. (Eds.). **Mangrove Ecosystems: A Global Biogeographic Perspective: Structure, Function, and Services**. Cham: Springer International Publishing, 2017. p. 301–347.

MOURA–FÉ, M. M. et al. A Proteção do Ecossistema Manguezal pela Legislação Ambiental Brasileira. **GEOgraphia**, v. 17, n. 33, p. 126, 2015.

NASCIMENTO, J. H. M. et al. **Panorama de riscos das barragens no Estado De Sergipe, Nordeste do Brasil**. XII Encontro de Recursos Hídricos em Sergipe. **Anais...**2019

OLIVEIRA, L. M. M. DE; FREITAS FILHO, M. R. DE. Quantificação Dos Ambientes De Apicum E Salgado Na Planície Fluviomarina Do Rio Coreaú/Ce À Luz Do Novo Código Florestal. **Caminhos de Geografia**, v. 18, n. 63, p. 184–201, 2017.

POLÍCIA MILITAR. **Flagra de desmatamento de mangue em Nossa Senhora do Socorro – SE**. Disponível em: <<https://pm.se.gov.br/pm-flagra-desmatamento-de-mangue-em-socorro/>>. Acesso em: 3 mar. 2022.

RIBEIRO, D. D. DE M.; NASCIMENTO, S. A. DE M.; GARCIA, A. J. V. Vulnerabilidade dos Aquíferos Cársticos Sapucari e Maruim, bacia sedimentar de Sergipe–Alagoas. **Águas Subterrâneas**, v. 30, n. 3, p. 375, 2016.

RIBEIRO, D. D. DE M.; NASCIMENTO, S. A. DE M.; GARCIA, A. J. V. Caracterização hidrogeológica dos Aquíferos Cársticos Sapucari e Maruim, Bacia Sedimentar de Sergipe – Alagoas, Nordeste do Brasil. **Águas Subterrâneas**, v. 31, p. 207–221, 2017.

ROCHA, I. DE P. et al. **Levantamento da infraestrutura produtiva e dos aspectos tecnológicos, econômicos, sociais e ambientais da carcinicultura marinha no Brasil em 2011**. Convênio ABCC/MPA: Nº 756578/2011. Natal–RN, 2013.

ROVAI, A. S. **Restauração de manguezais no Brasil: retrospectiva e perspectivas**. [s.l.] Universidade Federal de Santa Catarina, 2012.

SANTOS, A. L. G. DOS; FURLAN, S. A. Quem ganha e quem perde com a falta de proteção aos manguezais? Aspectos da Resolução Conama nº303/2002. **Revista do Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo**, v. 41, p. 16, 2021.

SANTOS, G. T. DOS; ANDRADE, C. B. DE. **Perfil da Pecuária Sergipana**. Observatório de Sergipe, p. 45, 2020.

SANTOS, W. A. DOS. Ocupação e dinâmica socioambiental da sub-bacia hidrográfica do rio Cotinguiba/se. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Sergipe.p. 160, 2012.

SANTOS, E. M. et al. Ação universitária em auxílio à gestão participativa das águas no município de Laranjeiras/SE. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 3, p. 13658–13670, 2020.

SANTOS, L. et al. Atuação do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Sergipe na denúncia e encaminhamento de conflitos socioambientais/Performance of the Sergipe River



Basin Committee in reporting and measuring environmental conflicts. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, v. 12, n. 2, p. 35–45, 2015.

SANTOS, R. S. **Permissivo legal para continuidade de atividade de carcinicultura em áreas de preservação permanente (APP)**. Disponível em: <<https://direitoambiental.com/permissivo-legal-para-continuidade-de-atividade-de-carcinicultura-em-areas-de-preservacao-permanente-app/>>. Acesso em: 3 mar. 2022.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. **Situação atual do grupo de ecossistemas “Manguezal, Marisma e Apicum” Grupo de ecossistemas: Manguezal, Marisma e Apicum**. 2002. Disponível em: <http://brazilrounds.anp.gov.br/arquivos/Round7/arquivos_r7/SISMICA_R7/refere/manguezal_marisma_apicum.pdf>. Acesso em: 3 mar. 2022.

SERGIPE. Governo do Estado de Sergipe. **Lei nº 2.683, de 16 de setembro de 1988**. Protege as áreas de mangue no Estado de Sergipe e dá outras providências. Aracaju, 1988.

SERGIPE. Governo do Estado de Sergipe. **Lei Estadual nº 3.117, de 19 de dezembro de 1991**. Altera o art. 1º da Lei nº 2.683, de 16 de setembro de 1988, que protege as áreas de mangue no Estado de Sergipe, e dá outras providências. Aracaju, 1991.

SERGIPE. Governo do Estado de Sergipe. **Lei Estadual nº 5.858, de 22 de março de 2006**. Política Estadual do Meio Ambiente. Aracaju, 2006.

SILVA, A. P. DA; SILVA, J. B. DA; ARAÚJO, E. D. S. Marisma, Manguezal (Mangue e Apicum): Ecossistemas de transição Terra–Mar do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 727–742, p. 1275–1291, 2020.

SILVA, M. DO S. F. DA; SILVA, E. G. DA; SOUZA, R. M. E. Uso e cobertura do solo na Floresta Nacional do Ibura e seu entorno, em Nossa Senhora do Socorro e Laranjeiras–SE. **Revista Geografar**, v. 8, n. July, p. 83–103, 2013.

SOARES, M. S. **Análise do estado de conservação do manguezal do rio Sergipe**. Tese de doutoramento. Universidade Federal de São Carlos, 2016.

SOSMA E INPE. Atlas dos remanescentes florestais da mata atlântica mapeamento dos sistemas costeiros. **Fundação SOS Mata Atlântica, Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação e comunicações**, p. 43, 2018.

SOUZA, C. A. et al. Biodiversidade e conservação dos manguezais: Importância Bioecológica e econômica. In: **Educação Ambiental sobre Manguezais**. 1º Edição ed. São Vicente, p. 164, 2018.

SOUZA, B. B. DE et al. Sensoriamento remoto aplicado ao mapeamento e quantificação de áreas de manguezal no Estado de Sergipe. **Caminhos de Geografia**, v. 17, n. 57, p. 126–134, 11 mar. 2016.

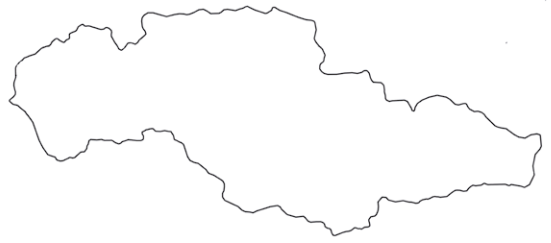
TRF5, D. DE COMUNICAÇÃO S. **Empresa é condenada a retirar criadouros de camarões de manguezal em Sergipe**. Disponível em: <<https://www.trf5.jus.br/index.php/noticias/leitura-de-noticias/?id=323660>>. Acesso em: 3 mar. 2022a.







DIAGNÓSTICO DOS IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS DA CARCINICULTURA
NO MANGUEZAL DO RIO COTINGUIBA - SE

TRF5, D. DE COMUNICAÇÃO S. **Carcinicultor terá que reparar danos ambientais em área de manguezal.** Disponível em: <<https://www.trf5.jus.br/index.php/noticias/leitura-de-noticias/?id=323552>>. Acesso em: 3 mar. 2022b.





DIAGNÓSTICO DA CARCINICULTURA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SERGIPE E POSSÍVEIS IMPACTOS AMBIENTAIS

-  Mônica Conceição de Santana
-  Ubirajara Rodrigues Xavier
-  Carlos Alexandre Borges Garcia
-  Helenice Leite Garcia

1. INTRODUÇÃO

O presente capítulo tem por objetivo realizar um diagnóstico da situação de regularidade da atividade de Carcinicultura na Bacia Hidrográfica do Rio Sergipe (BHSE), junto aos órgãos competentes, quanto ao licenciamento ambiental e ao uso de recursos hídricos, bem como os possíveis impactos ambientais em uma de suas sub-bacias, a do rio Cotinguiba. A identificação da ocupação de áreas nos municípios inseridos na BHSE por essa atividade, bem como dos possíveis impactos por ela provocada na qualidade das águas nos corpos hídricos da região, é de grande relevância para verificar o comprometimento ambiental dos mananciais superficiais existentes nas áreas definidas para estudo. Neste contexto, para que a atividade de carcinicultura venha a ser exercida de forma a promover o mínimo de impacto negativo ao meio ambiente, os empreendimentos necessitam de regularização, conforme legislações vigentes.

A criação de camarões, denominada tecnicamente de carcinicultura ou carcinocultura, consiste em uma atividade econômica, na qual essas espécies de crustáceos (marinhos ou de águas doces) são cultivadas em ambiente controlado e por período de tempo específico. Brasil ocupa a nona posição no

ranking global e de acordo com os dados publicados pela Associação Brasileira de Criadores de Camarão – ABCC (2021), a produção de camarão cultivado no Brasil em 2019 foi de aproximadamente 90.000 toneladas, entretanto, em 2020 ocorreu um aumento significativo de 33% com uma produção de 120.000 toneladas.

A região nordeste em 2020 foi responsável por 99,6% da produção de camarão cultivado, liderado pelos estados do Rio Grande do Norte (35%), Ceará (33%), Paraíba (8%) e Sergipe (7%) com a 4ª posição no ranking, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas – IBGE (2021).

No estado de Sergipe, os modelos de carcinicultura semi-intensiva convencional e carcinicultura de base familiar de baixa intensidade coexistem utilizando os mesmos recursos estuarinos. A maior parte do volume de camarão marinho produzido no Estado é originária de pequenas propriedades manejadas por centenas de famílias vinculadas cultural e historicamente às zonas estuarinas (EMBRAPA, 2014). A principal espécie de camarão marinho cultivada no Estado é o camarão branco (*Litopenaeus vannamei*) oriundo do oceano Pacífico oriental.

A carcinicultura é determinante para a economia do país, no entanto, gera impactos ambientais negativos que devem ser levados em consideração. Dentre eles, destacam-se o desmatamento na construção dos viveiros, o lançamento de efluentes com elevada carga orgânica e nutriente no corpo d'água receptor. Com o aumento do número de empreendimentos, houve um movimento para regulamentar essa atividade. Essa mudança não ocorreu de forma específica, sendo a carcinicultura, em vários casos, normalizada por inúmeros códigos e leis adaptados de instrumentos legais já vigentes, gerando dificuldades para a compreensão e a adequada implementação das normas (RIBEIRO, 2014).

Costa (2013) observou o impacto da carcinicultura sobre a qualidade da água, eutrofização, aumento de DBO (demanda bioquímica de oxigênio), aumento de sólidos totais em suspensão, aumento de toxicidade e possibilidade de bioacumulação ou resistência a substâncias químicas; utilização da água do estuário no abastecimento dos viveiros nos quais se capta a água limpa e



devolve-se água contendo matéria orgânica e elementos químicos nocivos às espécies nativas.

Com o mapeamento dos empreendimentos de carcinicultura da BHRS, através do Atlas digital e por meio de programa Quantum GIS 2.18, é possível identificar os empreendimentos licenciados e outorgados (portaria ou declaração de isenção). O Atlas Digital Sobre Recursos Hídricos de Sergipe condensa uma série de mapas digitais, em Sistema de Informação Geográfica (SIG), sobre vários temas de interesse aos recursos hídricos de Sergipe (SERGIPE, 2012). Além disso, com o estudo de caso na sub-bacia do rio Continguiuba é possível analisar a influência de empreendimentos de carcinicultura na qualidade da água.

Desta forma, espera-se que os resultados do presente trabalho possam fornecer subsídios quanto à situação ambiental dos empreendimentos de carcinicultura, bem como quanto aos possíveis impactos ambientais na qualidade das águas dos corpos hídricos da sub-bacia do rio Cotinguiuba.

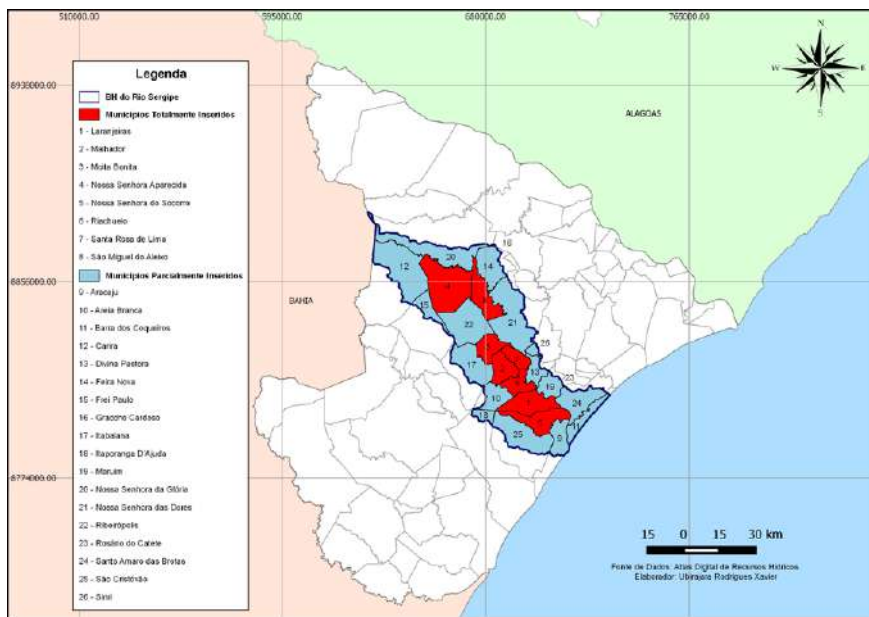
2. DESENVOLVIMENTO DO ASSUNTO

A Bacia hidrográfica do Rio Sergipe – BHSE ocupa uma área 3.753,81km², o que equivale a 17% do território estadual e abrange 26 municípios, dentre os quais 08 (Laranjeiras, Malhador, Moita Bonita, Nossa Senhora Aparecida, Nossa Senhora do Socorro, Riachuelo, Santa Rosa de Lima e São Miguel do Aleixo) possuem a totalidade de suas terras inseridas nesta Bacia. Os demais municípios (Aracaju, Areia Branca, Barra dos Coqueiros, Carira, Divina Pastora, Feira Nova, Itaporanga D’Ajuda, Maruim, Nossa Senhora da Glória, Nossa Senhora das Dores, Ribeirópolis, Rosário do Catete, Frei Paulo, Graccho Cardoso, Itabaiana, Santo Amaro das Brotas, São Cristóvão e Siriri) estão incluídos de forma parcial (SERGIPE, 2015), conforme Figura 1.



DIAGNÓSTICO DA CARCINICULTURA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SERGIPE E POSSÍVEIS IMPACTOS AMBIENTAIS

Figura 1. Bacia Hidrográfica do Rio Sergipe com seus municípios



Fonte: Autoria própria (2021).

Os limites geográficos da Bacia Hidrográfica do Rio Sergipe abrangem ao norte, com a Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, ao Sul e Oeste com a Bacia Hidrográfica do Rio Vaza Barris e a Leste com a Bacia Hidrográfica do Rio Japarutuba (SILVA, 2014).

Apesar de alguns estudiosos defenderem que a BHSE é uma bacia hidrográfica localizada totalmente dentro do território sergipano, o seu principal manancial, ou seja, o rio Sergipe com extensão de 206,55 km, nasce na Serra da Boa Vista (BA), próximo ao município de Poço Redondo (SE), e deságua no oceano Atlântico, entre os municípios de Aracaju e Barra dos Coqueiros (SERGIPE, 2015). Sendo, portanto, a gestão desse manancial de competência da União, através da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA).

A sub-bacia do rio Cotinguiba abrange terras dos municípios de Areia Branca, Riachuelo, Laranjeiras e Nossa Senhora do Socorro, desembocando no rio Sergipe, logo faz parte da BHSE (SANTOS, 2012; CARVALHO, 2006).



O rio Contiguiba constitui um dos principais afluentes, pela margem direita, do rio Sergipe com 51 km de extensão. Suas nascentes encontram-se na Serra Comprida no município de Areia Branca e a sua desembocadura ocorre entre os municípios de Nossa Senhora do Socorro e Laranjeiras, sob a forma de estuário (CARVALHO, 2006).

Dentro desse contexto, a área de estudo consiste nos empreendimentos de carcinicultura, nos municípios que estão inseridos total ou parcialmente na Bacia Hidrográfica do Rio Sergipe (BHSE).

O levantamento dos dados foi realizado junto a Administração Estadual do Meio Ambiente – ADEMA (órgão de gestão ambiental do Estado), a Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Sustentabilidade – SEDURBS, através da Superintendência Especial de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – SERHMA e a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA (órgãos responsáveis pela gestão de recursos hídricos na esfera estadual e federal, respectivamente).

O estudo levou em consideração os empreendimentos regularizados, entre o período de janeiro de 2017 a janeiro de 2021, com licença ambiental emitida pela ADEMA e com autorização de recursos hídricos (portaria de outorga ou declaração de isenção), entre o período de abril de 2014 a abril de 2021, emitida pela SEDURBS/SERHMA, e de maio de 2001 a setembro de 2021 pela ANA.

Essa diversidade no período de estudo transcorreu em virtude dos dados disponibilizados, bem como em função da validade dos atos administrativos emitidos pelos citados órgãos gestores.

Para avaliar o possível impacto provocado pelos empreendimentos de carcinicultura nos corpos hídricos, foi realizado um levantamento de monitoramento da qualidade das águas do rio Cotinguiba, o mais importante afluente da sub-bacia do rio Cotinguiba e o principal manancial que percorre o território do município de Nossa Senhora do Socorro, um dos polos de carcinicultura no Estado de Sergipe.

Os dados de monitoramento (parâmetros da qualidade da água) foram obtidos dos laudos constantes no estudo para o Enquadramento dos Corpos



Tabela 1. Pontos de coleta de água superficial

Ponto de Monitoramento *	Localização Coordenadas UTM Sirgas 2000 – 24S	Descrição
Ponto 24	688.697m N 8.805.174m E	1º ponto de coleta no rio Cotinguiba, sentido Nascente – Foz, município de Laranjeiras (próximo a divisa com o município de Areia Branca).
Ponto 27	693.622m N 8.809.763m E	2º ponto de coleta no rio Cotinguiba, sentido Nascente – Foz, município de Riachuelo na divisa com o município de Laranjeiras.
Ponto 26	697.874m N 8.805.118m E	3º ponto de coleta no rio Cotinguiba, sentido Nascente – Foz, município de Laranjeiras (região central, antes da sede do município).
Ponto 25	701.039m N 8.804.774m E	4º ponto de coleta no rio Cotinguiba, sentido Nascente – Foz, município de Laranjeiras (região central, depois da sede do município).
Ponto 38	704.297m N 8.801.707m E	5º ponto de coleta no rio Cotinguiba, sentido Nascente – Foz, divisa dos municípios de Laranjeiras e Nossa Senhora do Socorro.
Ponto 04	713.176m N 8.802.237m E	Ponto de coleta no rio Sergipe na proximidade da foz do rio Cotinguiba.

*Tabela 2.3 – RT3 – Relatório da Primeira Campanha de Campo – Enquadramento dos Corpos D'Água da Bacia Hidrográfica do Rio Sergipe, no Estado de Sergipe.

Para o presente trabalho, foram utilizados os seguintes parâmetros de qualidade de água: concentrações de fósforo total (P-total), nitrito (N-NO₂) demanda bioquímica de oxigênio (DBO), oxigênio dissolvido (OD) e carbono orgânico total (COT) de duas campanhas de monitoramento (setembro/2017 e janeiro/2018), para o enquadramento dos corpos d'água da bacia do rio Sergipe. Os limites foram definidos pela Resolução CONAMA n° 357/2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes para o enquadramento de corpos de água doce de classe 2, conforme estabelece o art. 15 da referida resolução, como também de corpos de água salobra classes 1 e 2, de acordo com os arts. 21 e 22, respectivamente. A avaliação da qualidade das águas também levou em consideração o enquadramento e a classificação dos trechos do Rio Cotinguiba estabelecidos na Resolução n° 40, de 15 de julho de 2019, pelo CONERH.

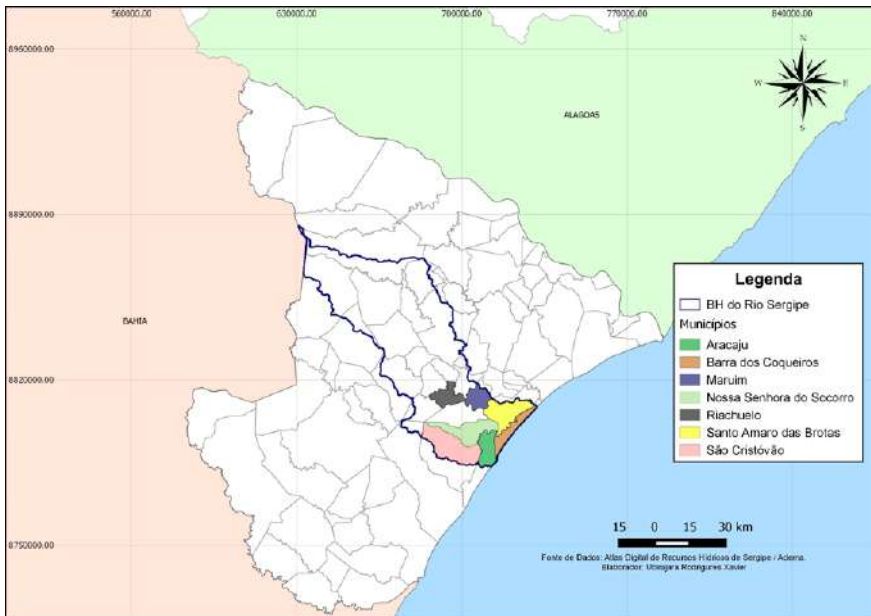
Em relação ao levantamento de empreendimentos de carcinicultura, dentre os 26 municípios inseridos na BHSE, apenas 07, ou seja, Aracaju, Barra



DIAGNÓSTICO DA CARCINICULTURA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SERGIPE E POSSÍVEIS IMPACTOS AMBIENTAIS

dos Coqueiros, Maruim, Nossa Senhora do Socorro, Riachuelo, Santo Amaro das Brotas e São Cristóvão, possuem empreendimentos de carcinicultura apresentando algum tipo de ato administrativo emitido pelos órgãos gestores de meio ambiente e/ou recursos hídricos, conforme Figura 3.

Figura 3. Municípios na bacia hidrográfica do rio Sergipe com empreendimentos de carcinicultura devidamente regularizados.



Fonte: Autoria própria (2021).

No total foram identificados 85 empreendimentos de cultivo de camarão, que apresentam licença ambiental e/ou autorização para o uso de recursos hídricos (outorga ou declaração de dispensa de outorga). A Tabela 2 demonstra os empreendimentos de carcinicultura regularizados nos municípios da BHSE.

Tabela 2. Municípios da BHSE com empreendimentos de carcinicultura regularizados com algum ato administrativo emitido pela ADEMA, SEDURBS/SERHMA ou ANA.

Município da BHSE	Empreendimentos de carcinicultura regularizados na ADEMA e/ou SEDURBS/SERHMA e/ou ANA
Aracaju	4
Barra dos Coqueiros	2
Maruim	2
Nossa Senhora do Socorro	62
Riachuelo	1
Santo Amaro das Brotas	13
São Cristóvão	1
Total	85

Fonte: Autoria própria (2021).

De acordo com os dados obtidos junto a ADEMA, no período entre 01/2017 e 01/2021, todos os 07 municípios da BHSE possuem empreendimentos de carcinicultura com licença ambiental vigente. Durante esse período, 65 empreendimentos obtiveram licenças ambientais, conforme Tabela 3.

Tabela 3. Municípios da BHSE com empreendimentos de carcinicultura regularizados junto a ADEMA.

Município da BHSE	Empreendimentos de carcinicultura com licença ambiental emitida pela ADEMA
Aracaju	3
Barra dos Coqueiros	2
Maruim	2
Nossa Senhora do Socorro	44
Riachuelo	1
Santo Amaro das Brotas	12
São Cristóvão	1
Total	65

Fonte: Autoria própria (2021).

Após avaliação dos dados adquiridos perante a SEDURBS/SERHMA e ANA, foi identificado que apenas 05 dos 07 municípios que possuem empreendimentos de carcinicultura regularizados ambientalmente, apresentam autorizações para o uso de recursos hídricos, são eles: Aracaju, Barra dos Coqueiros, Nossa Senhora do Socorro, Riachuelo e Santo Amaro das Brotas.



DIAGNÓSTICO DA CARCINICULTURA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SERGIPE E POSSÍVEIS IMPACTOS AMBIENTAIS

Os resultados indicaram que 41 autorizações foram emitidas, sendo 08 outorgas de direito de uso de recursos hídricos e 33 declarações de isenção de outorga.

A quantificação dos empreendimentos de carcinicultura regularizados junto aos órgãos gestores de recursos hídricos para cada município é demonstrada na Tabela 4.

Tabela 4. Municípios inseridos na bacia hidrográfica do rio Sergipe, com a quantificação de empreendimentos de carcinicultura regulares juntos aos órgãos gestores de recursos hídricos.

Município da BHSE	Empreendimentos com autorizações de uso de recursos hídricos emitidos pelos órgãos competentes			
	Declaração de Isenção de outorga (SEDURBS/ SERHMA)	Portaria de Outorga (SEDURBS/SERHMA)	Outorga (ANA)	Total
Aracaju	1	-	-	
Barra dos Coqueiros	1	-	-	
Nossa Senhora do Socorro	28	-	-	
Riachuelo	-	-	1	
Santo Amaro das Brotas	3	6	1	
Total	33	6	2	41

Fonte: Autoria própria (2021).

Na Tabela 5 são apresentadas as licenças ambientais e as autorizações de uso de recursos hídricos emitidas por município. Nesta, observa-se que ao total foram emitidos 106 atos administrativos (licenças, portarias e declarações de isenção de outorga) para empreendimentos de carcinicultura, sendo que a maior concentração deles é encontrada no município de Nossa Senhora do Socorro (72), seguido por Santo Amaro das Brotas (22), Aracaju (4), Barra dos Coqueiros (3), Maruim (2), Riachuelo (2) e São Cristóvão (1).



Tabela 5. Atos administrativos emitidos pelos órgãos de gestão ambiental e de recursos hídricos nos municípios da BHSE.

Município da BHSE	Atos administrativos		Total
	Licença ambiental (ADEMA)	Autorizações de uso de recursos (SEDURBS/SERHMA e ANA)	
Aracaju	3	1	4
Barra dos Coqueiros	2	1	3
Maruim	2	-	2
Nossa Senhora do Socorro	44	28	72
Riachuelo	1	1	2
Santo Amaro das Brotas	12	10	22
São Cristóvão	1	-	1
Total	65	41	106

Fonte: Autoria própria (2021).

Após análise cruzada dos dados concedidos pelos órgãos ADEMA, SE-DURBS/SERHMA e ANA, com o intuito de unificar as informações, foram observados que 21 empreendimentos de carcinicultura são detentores de licença ambiental juntamente com outorga (portaria ou declaração de isenção), conforme Tabela 6.

Tabela 6. Municípios inseridos na bacia hidrográfica do rio Sergipe, com empreendimentos de carcinicultura detentores de licença ambiental juntamente com outorga.

Município da BHSE	Empreendimentos de Carcinicultura			Total
	Licença ambiental (ADEMA) / Declaração de Isenção de Outorga (SEDURBS/SERHMA)	Licença ambiental (ADEMA) / Portaria de Outorga (SEDURBS/SERHMA)	Licença ambiental (ADEMA) / Outorga (ANA)	
Barra dos Coqueiros	1	-	-	1
Nossa Senhora do Socorro	10	-	-	10
Riachuelo	-	-	1	1
Santo Amaro das Brotas	3	5	1	9
Total	14	5	2	21

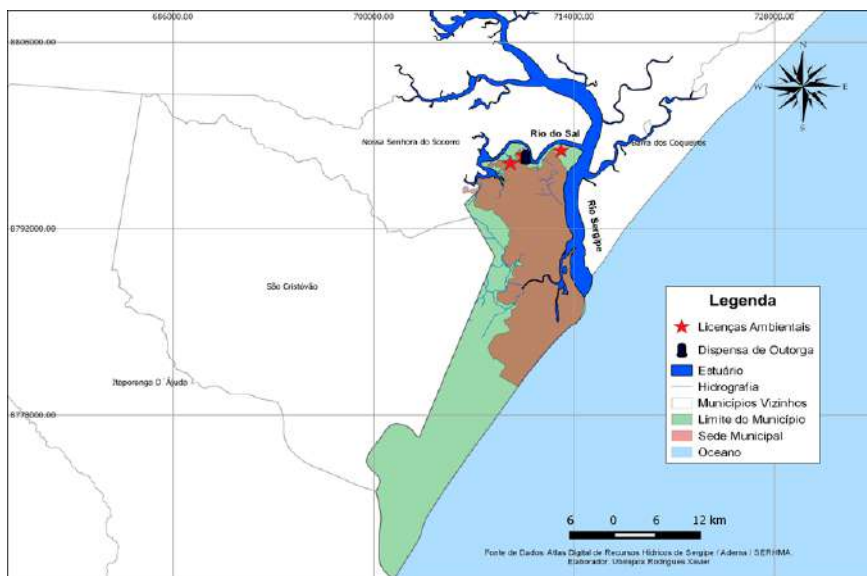
Fonte: Autoria própria (2021).

Os empreendimentos estão distribuídos nos municípios da Barra dos Coqueiros (1), Nossa Senhora do Socorro (10), Riachuelo (1) e Santo Amaro das Brotas (9), sendo que os dois últimos municípios apresentam os únicos empreendimentos outorgados pela ANA na BHSE, em virtude da captação ser realizada na calha do rio Sergipe, corpo hídrico de domínio da União.

Essa situação demonstra a existência de empreendimentos licenciados ambientalmente, sem a devida autorização do uso de recursos hídricos, componente fundamental para o funcionamento da atividade.

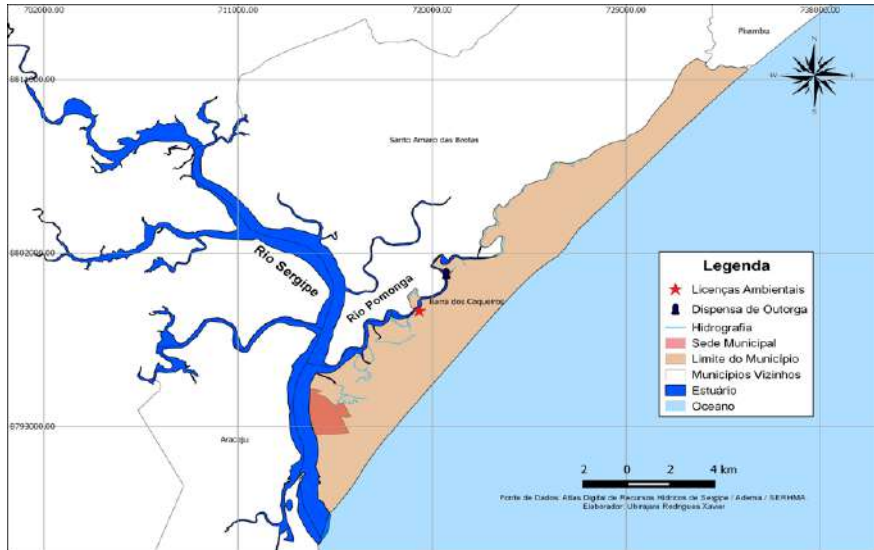
Para melhor visualização da situação em análise, as figuras de número 4 a 10, e a Tabela 7 apresentam os empreendimentos de carcinicultura regularizados junto aos órgãos competentes, distribuídos nos municípios de Aracaju (Figura 4), Barra dos Coqueiros (Figura 5), Maruim (Figura 6), São Cristóvão (Figura 7), Riachuelo (Figura 8), Santo Amaro das Brotas (Figura 9) e Nossa Senhora do Socorro (Figura 10), bem como os mananciais de captação, os quais estão inseridos na bacia hidrográfica do rio Sergipe.

Figura 4. Empreendimentos de carcinicultura regularizados junto aos órgãos ADEMA e SEDURBS/SERHMA, no município de Aracaju.



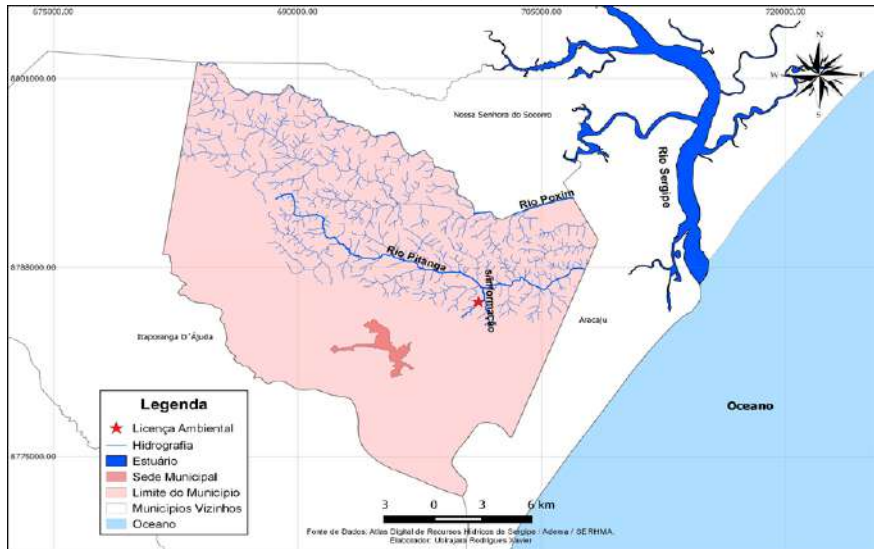
Fonte: Autoria própria (2021).

Figura 5. Empreendimentos de carcinicultura regularizados junto aos órgãos ADEMA e SEDURBS/SERHMA, no município da Barra dos Coqueiros.



Fonte: Autoria própria (2021)

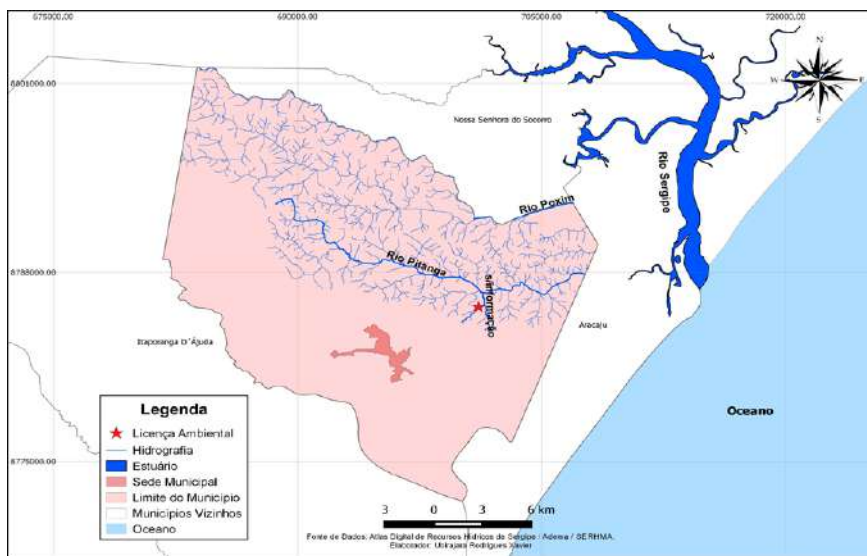
Figura 6. Empreendimentos de carcinicultura regularizados junto à ADEMA, no município de Maruim.



Fonte: Autoria própria (2021).

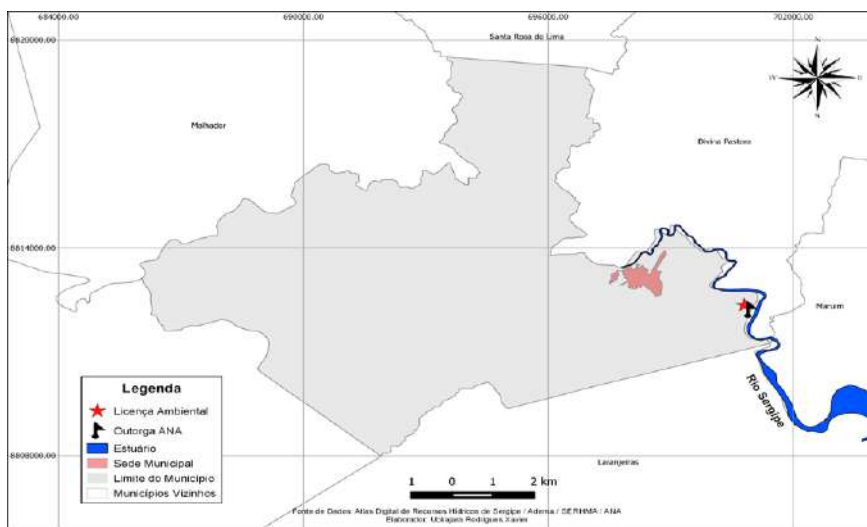
DIAGNÓSTICO DA CARCINICULTURA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SERGIPE E POSSÍVEIS IMPACTOS AMBIENTAIS

Figura 7. Empreendimentos de carcinicultura regularizados junto à ADEMA, no município de São Cristóvão.



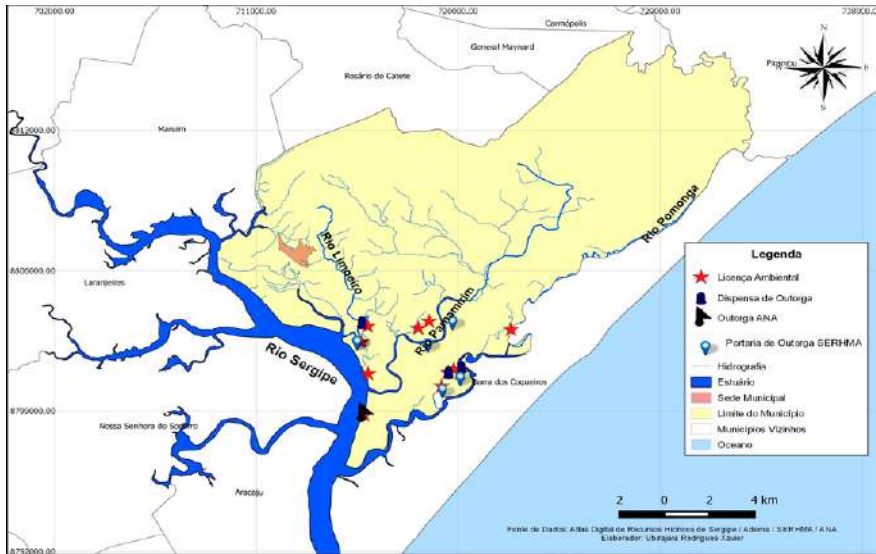
Fonte: Autoria própria (2021).

Figura 8. Empreendimentos de carcinicultura regularizados junto aos órgãos ADEMA e ANA, no município de Riachuelo.



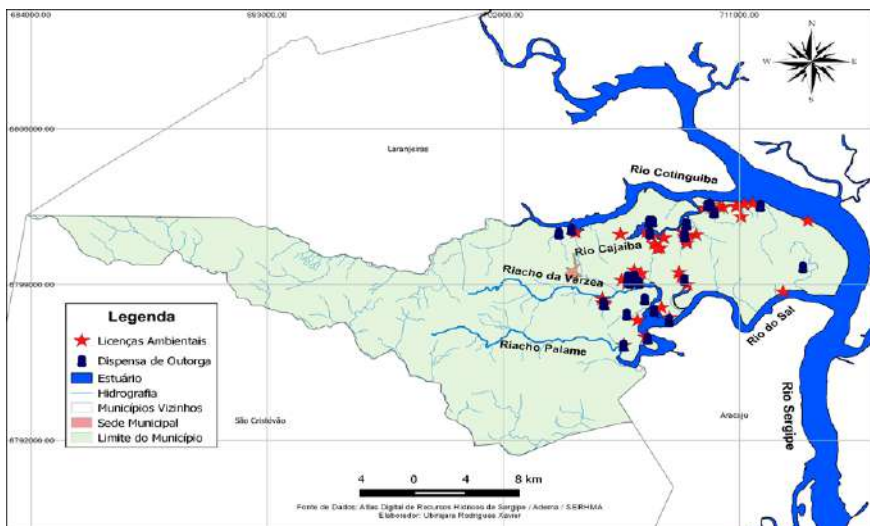
Fonte: Autoria própria (2021).

Figura 9. Empreendimentos de carcinicultura regularizados junto aos órgãos ADEMA, SEDURBS/SERHMA e ANA, no município de Santo Amaro das Brotas.



Fonte: Autoria própria (2021).

Figura 10. Empreendimentos de carcinicultura regularizados junto aos órgãos ADEMA e SEDURBS/SERHMA, no município de Nossa Senhora do Socorro.



Fonte: Autoria própria (2021).

DIAGNÓSTICO DA CARCINICULTURA NA BACIA HIDROGRÁFICA
DO RIO SERGIPE E POSSÍVEIS IMPACTOS AMBIENTAIS

Em relação ao município de Nossa Senhora do Socorro, pode-se observar na Tabela 7, que a maioria dos empreendimentos de carcinicultura realiza a captação de água nas sub-bacias do rio Cotinguiba e rio do Sal.

Tabela 7. Quantidade de empreendimentos de carcinicultura da BHSE regularizados junto aos órgãos competentes, bem como, os mananciais de captação.

Município da BHSE	Licença Ambiental ADEMA	Outorga SEDURBS/SERHMA e ANA		Manancial
		Portaria	Declaração de Isenção	
Aracaju	02	-	01	Rio do Sal
	01	-	-	Manancial sem informação, afluente do Rio Sergipe
Barra dos Coqueiros	02	-	01	Rio Pomonga, afluente do Rio Sergipe
Maruim	01	-	-	Rio Ganhamoroba, afluente do Rio Sergipe
Nossa Senhora do Socorro	01	-	-	Manancial sem informação, afluente do Rio Sergipe
	06	-	04	Manancial sem informação, afluente do Rio do Sal
			03	Manancial sem informação, afluente do Rio Cotinguiba
	11	-	04	Rio Cajaíba, afluente do Rio Cotinguiba
	10	-	03	Rio Cotinguiba
	08	-	01	Rio do Sal
	03	-	06	Riacho da Várzea (Sub-bacia do Rio do Sal)
	-	-	01	Riacho Imbura (Sub-bacia do Rio do Sal)
	-	-	01	Riacho das Mangabeiras (Sub-bacia do Rio do Sal)
	02	-	-	Rio Sergipe
	-	-	01	Riacho Morcego (Sub-bacia do Rio do Sal)
	-	-	01	Riacho Piabeta afluente do Rio Sergipe
	03	-	01	Rio Aratu (Sub-bacia do rio do Sal)
	01	-	02	Rio Palame (afluente do Rio do Sal)
Riachuelo	01	01	-	Rio Sergipe
Santo Amaro das Brotas	05	02	02	Rio Pomonga, afluente do Rio Sergipe
	02	02	-	Rio Parnamirim, afluente do Rio Sergipe
	01	02	01	Rio Limoeiro, afluente do Rio Sergipe
	02	01	-	Rio Sergipe
	01	-	-	Riacho Mosquito, afluente do Rio Pomonga
	01	-	-	Riacho sem informação, afluente do Rio Limoeiro
São Cristóvão	01	-	-	Manancial sem informação, afluente do Rio Pitanga, que por sua vez é afluente do Rio Sergipe
Total	65	08	33	

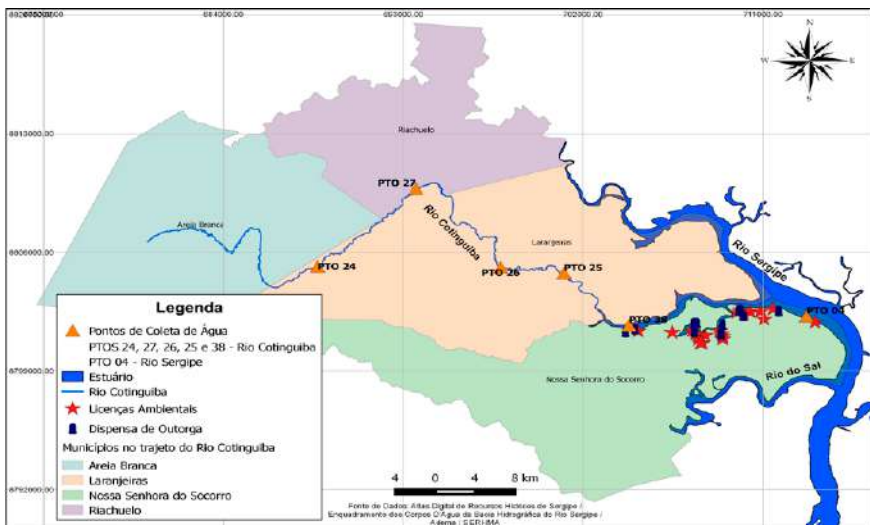
Fonte: Autoria própria (2021).



O levantamento dos empreendimentos de carcinicultura regularizados na Bacia Hidrográfica do Rio Sergipe identificou Nossa Senhora do Socorro como o município com a maior concentração dessa atividade. O maior percentual de empreendimentos de cultivo de camarão devidamente regularizados pode ser encontrado na sub-bacia do rio Cotinguiba. Partindo dessa constatação, a escolha da avaliação do possível impacto provocado pelos empreendimentos de carcinicultura, através da avaliação da qualidade da água do principal afluente da sub-bacia do rio Cotinguiba, ou seja, o rio Cotinguiba, constituiu-se um estudo de caso.

Na Figura 11 são identificados os pontos de coleta de água nos rios Cotinguiba (Pontos 24, 27, 26, 25 e 38) e Sergipe (Ponto 04), bem como os locais dos empreendimentos de carcinicultura que apresentam licenças ambientais e declaração de isenção de outorga de recursos hídricos.

Figura 11. Pontos de coleta de água na sub-bacia do rio Cotinguiba e no rio Sergipe, relacionados com Licenças Ambientais e Declaração de Isenção de Outorga.



Fonte: Autoria própria (2021).

DIAGNÓSTICO DA CARCINICULTURA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SERGIPE E POSSÍVEIS IMPACTOS AMBIENTAIS

Com os dados da Tabela 7 e identificação dos pontos na Figura 11, observa-se que entre os pontos 38 (rio Cotinguiba) e 04 (rio Sergipe), foram emitidas 32 autorizações (11 dispensas de outorga e 21 licenças ambientais) para empreendimentos de carcinicultura, demonstrando uma concentração da atividade nesse trecho do rio Cotinguiba.

Partindo para a avaliação da qualidade da água, de acordo com Resolução CONERH nº 40, de 15 de julho de 2019, o trecho do rio Cotinguiba situado entre os pontos 24 e 38, as águas são enquadradas como doces, ou seja, apresentam um teor de salinidade de até 0,5 ‰ (Art. 2º, inciso I da Resolução CONAMA nº. 357/2005), enquanto o trecho situado entre o Ponto 38 e o Ponto 04, as águas são enquadradas como salobras, cujo teor de salinidade encontra-se acima de 0,5 ‰ e abaixo de 30 ‰ (Art. 2º, inciso II da Resolução CONAMA nº. 357/2005).

As Tabelas 8 e 9 apresentam os parâmetros indicadores de poluição, referentes à 1ª campanha (setembro/2017) e à 2ª campanha (janeiro/2018), respectivamente.

Tabela 8. Concentração dos parâmetros químicos da água nos diferentes pontos de coleta (1ª campanha/2017).

Ponto de Monitoramento	Localização Coordenadas UTM Sirgas 2000 – 24S	Parâmetro				
		P – TOTAL (mg/L)	N-NO2 (mg/L)	DBO (mg/L)	OD (mg/L)	COT (mg/L)
		Valor Máximo – Resolução CONAMA nº 357/2005 (Art. 15 – Águas Doces – Classe 2)				
		0,100	1,0	5,0	> 5,0	–
		Limite de Quantificação do Laboratório				
		0,01	0,02	3,0	–	1,0
Ponto 24	688.697m N 8.805.174m E	0,05	0,02	< 3,0	4,4	8,3
Ponto 27	693.622m N 8.809.763m E	0,05	< 0,20	5,8	4,23	9,0
Ponto 26	697.874m N 8.805.118m E	0,14	< 0,02	< 3,0	4,14	10,1
Ponto 25	701.039m N 8.804.774m E	0,09	0,02	< 3,0	4,6	9,2
Ponto de Monitoramento	Localização Coordenadas UTM Sirgas 2000 – 24S	Valor Máximo – Resolução CONAMA nº 357/2005 (Art. 21 – Águas Salobras – Classe 1)				
		0,124	0,07	–	> 5,0	3,0
Ponto 38	704.297m N 8.801.707m E	0,07	0,03	< 3,0	7,12	5,3
Ponto de Monitoramento	Localização Coordenadas UTM Sirgas 2000 – 24S	Valor Máximo – Resolução CONAMA nº 357/2005 (Art. 22 – Águas Salobras – Classe 2)				
		0,186	0,20	–	> 4,0	5,0
Ponto 04	713.176m N 8.802.237m E	0,04	0,04	< 3,0	6,79	2,7

Fonte: Mérieux NutriSciences – Bioagri Ambiental – enquadramento da Bacia Hidrográfica do Rio Sergipe (2019).



Tabela 9. Concentração dos parâmetros químicos da água nos diferentes pontos de coleta (2ª campanha/2018).

Ponto de Monitoramento	Localização Coordenadas UTM Sirgas 2000 – 24S	Parâmetro				
		P-TOTAL (mg/L)	N-NO2 (mg/L)	DBO (mg/L)	OD (mg/L)	COT (mg/L)
		Valor Máximo – Resolução CONAMA n° 357/2005 (Art. 15 – Águas Doces – Classe 2)				
		0,100	1,0	5,0	> 5,0	–
Limite de Quantificação do Laboratório						
		0,01	0,02	3,0	–	1,0
Ponto 24	688.697m N 8.805.174m E	0,0953	< 0,01	< 3,0	6,88	3,1
Ponto 27	693.622m N 8.809.763m E	0,107	0,02	< 3,0	5,17	13,2
Ponto 26	697.874m N 8.805.118m E	0,114	< 0,01	< 3,0	4,0	4,3
Ponto 25	701.039m N 8.804.774m E	0,209	0,04	7,6	7,42	37,3
Ponto de Monitoramento	Localização Coordenadas UTM Sirgas 2000 – 24S	Valor Máximo – Resolução CONAMA n° 357/2005 (Art. 21 – Águas Salobras – Classe 1)				
		0,124	0,07	–	> 5,0	3,0
Ponto 38	704.297m N 8.801.707m E	0,0472	< 0,01	< 3,0	3,42	161,0
Ponto de Monitoramento	Localização Coordenadas UTM Sirgas 2000 – 24S	Valor Máximo – Resolução CONAMA n° 357/2005 (Art. 22 – Águas Salobras – Classe 2)				
		0,186	0,20	–	> 4,0	5,0
Ponto 04	713.176m N 8.802.237m E	0,03	< 0,01	< 3,0	4,92	<1,0

Fonte: Mériex NutriSciences – Bioagri Ambiental – enquadramento da Bacia Hidrográfica do Rio Sergipe (2019).

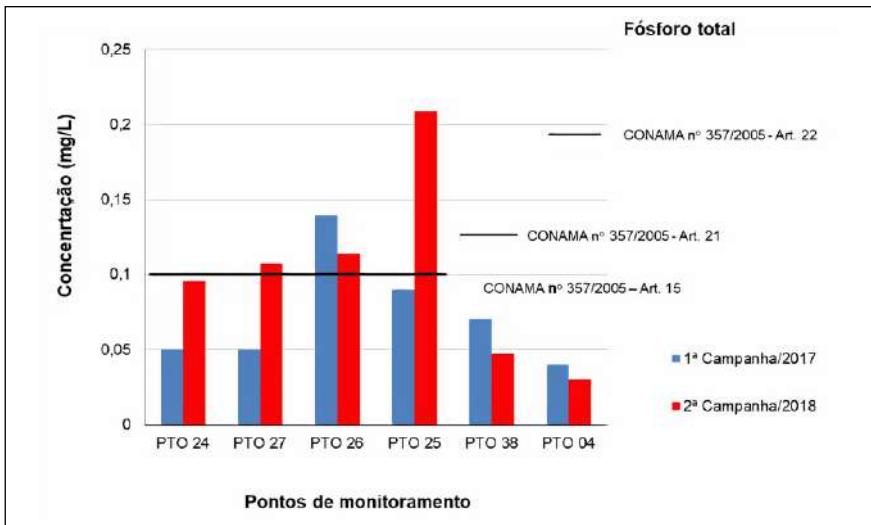
Fazendo uma avaliação dos dados obtidos, tomando como referência o fósforo total, foi observado ocorrência de maiores concentrações desse parâmetro no ponto 26 (0,14 mg/L) na 1ª campanha (Tabela 8), o que equivale a uma concentração de 40,0% acima do valor de referência, e nos pontos 27 (0,107 mg/L), 26 (0,114 mg/L) e 25 (0,209 mg/L), na 2ª campanha (Tabela 9) os quais ultrapassaram respectivamente, 7,0%, 14,0% e 109% do limite estabelecido pela Resolução CONAMA n° 357/2005 (Art. 15) que é de 0,100 mg/L, para águas enquadradas como doces, classe 2, referência do trecho do rio Cotinuíba onde os pontos estão localizados.

A Figura 12 apresenta a variação de fósforo total nos pontos de amostragem durante as campanhas de monitoramento, com o comparativo aos valores máximos estabelecidos pela legislação vigente: 0,1 mg/L (Águas Do-



ces – Classe 2), 0,124 mg/L (Águas Salobras – Classe 1) e 0,186 mg/L (Águas Salobras – Classe 2).

Figura 12. Concentração do Fósforo total (P-total) nos pontos de amostragem durante as campanhas de monitoramento.



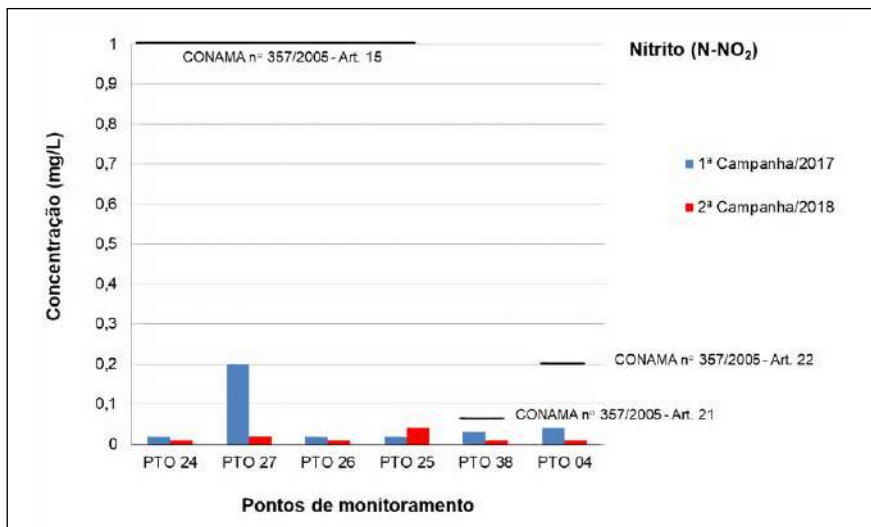
Fonte: Autoria própria (2021).

A presença de fósforo total acima do padrão estabelecido pode ser explicada pela possível contribuição do esgoto doméstico e industrial, detergente para limpeza doméstica e uso de fertilizantes de forma indevida nas áreas próximas ao recurso hídrico.

Um aumento na concentração de fósforo nos corpos d'água pode causar poluição devido ao acúmulo de nutrientes, denominado processo de eutrofização. Esse processo pode ser natural (descarga produzida pelo próprio ambiente de fósforo (P) e nitrogênio (N) nos sistemas aquáticos) ou antropogênica (quando fósforo e nitrogênio são derivados de despejos de esgotos domésticos e industriais e da descarga de fertilizantes). O acréscimo de nutrientes provoca danos ao meio aquático, como a anóxia (falta de oxigênio), aumento de biomassa fitoplantônica (clorofila-a) e proliferação de macrófitas aquáticas (TUNDISI, 2011 apud SILVA, 2019).

Em relação ao parâmetro Nitrito (NO_2) (Tabelas 8 e 9), observa-se que os valores de nitrito nos pontos amostrais (24, 27, 26 e 25), enquadrados como doces, classe 2, estiveram na faixa de 0,01 e 0,20 mg/L, bem abaixo do limite estabelecido pela legislação de referência, que é de 1,0 mg/L. Os pontos 38 e 04, cujas águas são enquadradas como salobras, classes 1 e 2 respectivamente, os resultados encontrados são inferiores aos limites estabelecidos, que são de 0,07 mg/L (classe 1) e 0,20 mg/l (classe 2), conforme Figura 13.

Figura 13: Concentração de Nitrito (N- NO_2) nos pontos de amostragem durante as campanhas de monitoramento.



Fonte: Autoria própria (2021).

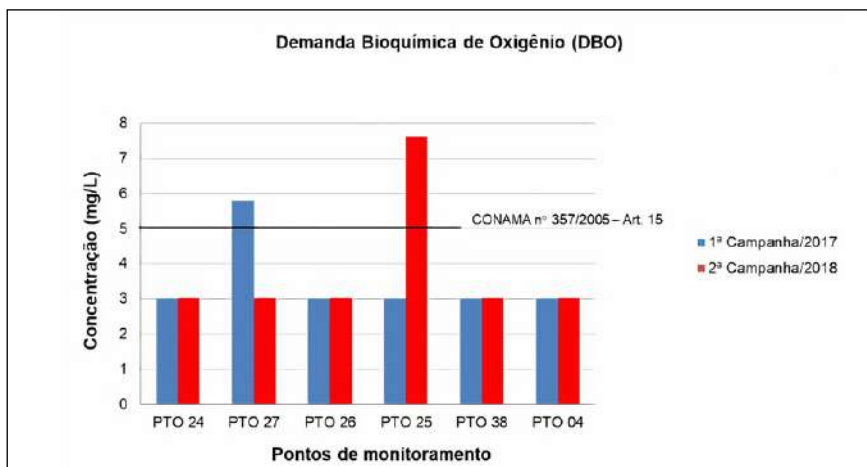
O nitrito tem a importância na verificação da qualidade da água para consumo, pois sua presença é um indicativo de contaminante recente, procedente de matéria orgânica (GADELHA *et al.*, 2005).

Segundo a CETESB (2007 apud Veronez, 2011) se na amostra de água estiver predominância das formas oxidadas de nitrogênio (nitrito e nitrato), significa que as descargas de esgoto se encontram distantes. Se estiver predominância na forma reduzida (nitrogênio orgânico e amoniacal), significa que o foco da poluição se encontra próximo ao ponto de análise hídrica.

No que diz respeito à Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), a Resolução CONAMA nº 357/2005, apresenta valores de referências apenas para as águas enquadradas como doces, para tanto foram avaliados os resultados obtidos nos pontos 24, 27, 26 e 25. Os valores de DBO que ultrapassaram o limite de referência de 5,0 mg/L, encontram-se no ponto 27 (5,8 mg/L), na primeira campanha (Tabela 8), com o acréscimo de 16,0%, e no ponto 25 (7,6 mg/L) na segunda campanha (Tabela 9), excedendo 52,0%.

A Figura 14 apresenta a variação da DBO nos pontos de amostragem durante as campanhas de monitoramento, com o comparativo do valor máximo (5,0 mg/L) estabelecido na legislação vigente.

Figura 14: Variação da concentração da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) nos pontos de amostragem durante as campanhas de monitoramento.



Fonte: Autoria própria (2021).

A demanda bioquímica de oxigênio retrata de forma indireta, o teor de matéria orgânica nos esgotos ou no corpo d'água, sendo, portanto, uma indicação do potencial de consumo do oxigênio (VON SPERLING, 1996 apud VERONEZ, 2011). De acordo com VIGIAK (2019), altas concentrações de DBO em água doce são provenientes de fontes antropogênicas como atividades pecuárias, lançamento de efluentes industriais e domésticos.

Na continuidade da avaliação dos parâmetros, destaca-se o oxigênio dissolvido (OD), que é um elemento essencial para os organismos aquáticos. Baixas concentrações de OD podem indicar uma intensa oxidação da matéria orgânica por microrganismos decompositores (depleção de oxigênio) e a concentração muito elevada de OD pode indicar supersaturação do meio (rico em nutrientes e matéria orgânica).

A Resolução CONAMA nº 357/2005 estabelece que os valores para águas enquadradas como doces, classe 2 (pontos 24, 27, 26 e 25) e salobras, classe 1 (ponto 38), não devam ser inferiores a 5,0 mg/L, já para as águas salobras, classe 2 (ponto 04) os resultados devem apresentar-se acima de 4,0 mg/L.

Na 1ª campanha, as concentrações ficaram abaixo do limite nos pontos 24 (4,4 mg/L), 27 (4,23 mg/L), 26 (4,14 mg/L) e 25 (4,6 mg/L), ou seja, apresentaram um percentual médio de 13,0% abaixo do limite de referência. Ao longo do curso d'água, a concentração de OD foi diminuindo até o ponto 26, conforme Tabela 8.

Na 2ª campanha, as concentrações ficaram abaixo do limite nos pontos 26 (4,0 mg/L) e 38 (3,42 mg/L), conforme Tabela 9, o que equivale respectivamente a 20,0% e 31,6% do valor necessário de OD no corpo hídrico, o que pode comprometer a vida existente no mesmo. No ponto 38, a presença de empreendimentos de carcinicultura pode ter contribuído na diminuição da concentração de OD para 3,42 mg/L (ocorre uma redução de 7,42 mg/L no ponto 25 para 3,42 mg/L no ponto 38) devido a introdução de matéria orgânica somada as demais contribuições, como o esgoto doméstico e industrial, tendo um impacto negativo na qualidade da água.

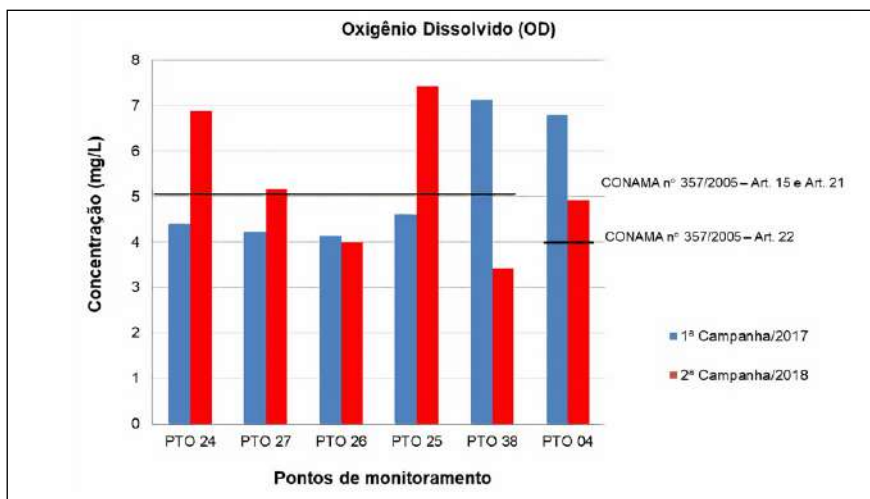
Observa-se que o decaimento nas concentrações de OD nos pontos 38 e 04 ocorreram no período de estiagem (2ª campanha – janeiro/2018). Nesse período, a concentração de poluentes provenientes das ações antrópicas pode ter aumentado devido à redução da vazão no rio.

Para melhor visualização, a Figura 15 apresenta a variação da OD nos pontos de amostragem durante as campanhas de monitoramento, com o comparativo dos valores de referência estabelecido na legislação vigente.



DIAGNÓSTICO DA CARCINICULTURA NA BACIA HIDROGRÁFICA
DO RIO SERGIPE E POSSÍVEIS IMPACTOS AMBIENTAIS

Figura 15: Variação da concentração de Oxigênio Dissolvido (OD) nos pontos de amostragem durante as campanhas de monitoramento.



Fonte: Autoria própria (2021).

Um dos parâmetros utilizados para identificação de poluição nos corpos hídricos é o Carbono Orgânico Total (COT) é um dos indicadores da concentração de matéria orgânica. A Resolução CONAMA nº 357/2005 não estabelece padrões de concentração de COT para as classes de águas doces, somente para águas salinas e salobras.

Dentre os pontos avaliados, dois deles encontram-se enquadrados como águas salobras, sendo eles: ponto 38 (classe 1), cujo o limite máximo permitido é 3,0 mg/L e ponto 04 (classe 2), no qual o valor máximo aceitável é 5,0 mg/L.

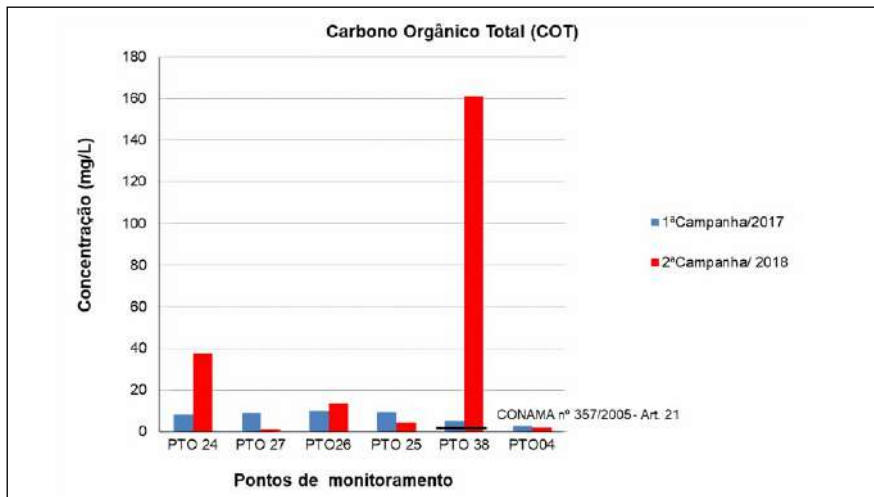
No intuito de verificar o atendimento da legislação de referência para o COT, foi observado no ponto 38 (município de Nossa Senhora do Socorro), os valores de 5,3 mg/L (1ª campanha), e de 161,0 mg/L (2ª campanha), o que equivale a um acréscimo no limite máximo permitido para águas salobras, classe 1, que é de 3,0 mg/L, nos percentuais de 76,7 % e 5.366,7%, respectivamente.

Estes valores da concentração do COT no ponto 38 podem ser atribuído à adição de matéria orgânica, proveniente dos empreendimentos de carcinicul-

tura que se encontram instalados em grande número no município de Nossa Senhora do Socorro.

A Figura 16 apresenta a variação do Carbono Orgânico Total (COT) nos pontos de amostragem durante as campanhas de monitoramento, com o comparativo do valor máximo para águas salobras, classe 1, conforme Resolução CONAMA N°. 357/2005.

Figura 16. Variação da concentração de Carbono Orgânico Total (COT) nos pontos de amostragem durante as campanhas de monitoramento.



Fonte: Autoria própria (2021).

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No cenário do Estado, o levantamento dos empreendimentos de carcinicultura regularizados, bem como, a caracterização dos recursos hídricos quanto aos possíveis impactos provocados pela operação das citadas atividades, através da busca de dados realizada junto aos órgãos gestores, propiciaram a elaboração de um diagnóstico da ação do cultivo de camarão na Bacia Hidrográfica do Rio Sergipe.

Com os dados levantados foi possível diagnosticar que dos 85 empreendimentos de carcinicultura, identificados nos municípios da Bacia Hidrográ-

fica do Rio Sergipe, 65 são detentores de licença ambiental e 41 apresentam autorizações de uso de recursos hídricos (outorga ou declaração de isenção). Após o cruzamento desses dados, foi identificado que apenas 21 empreendimentos apresentam licença ambiental juntamente com autorizações de uso de recursos hídricos. Esta situação demonstra uma deficiência na comunicação entre as entidades responsáveis pelas gestões do meio ambiente e dos recursos hídricos no Estado de Sergipe, e apontam a necessidade de promover uma maior interação entre esses órgãos gestores, como forma de atender a política nacional e estadual dos recursos hídricos.

Com relação à qualidade das águas do rio Cotinguiba, o estudo de caso aplicado, identificou locais com parâmetros em desacordo com a Resolução CONAMA nº. 357/2005. Os valores encontrados podem ter sido influenciados pelas diversas atividades antrópicas que vem sendo exercidas nas margens desse manancial, dentre as quais podemos destacar o lançamento de efluentes industriais (fábrica de cimento e usina de cana-de-açúcar), despejos domésticos sem tratamento, aplicação sem controle de fertilizantes e agrotóxicos, criação de camarão, além de outras.

Dentro desse contexto, os resultados obtidos demonstram que o rio Cotinguiba sofre processo de degradação ambiental ao longo do seu curso, alterando a qualidade das águas. No que tange a atividade de carcinicultura, o trecho da sub-bacia do rio Cotinguiba que sofre o maior impacto ambiental em suas águas, encontra-se no município de Nossa Senhora do Socorro, onde existe a maior concentração desses empreendimentos, justificando assim um monitoramento ambiental mais rigoroso.

REFERÊNCIAS

ABCC. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE CAMARÃO. Industrialização: a alternativa para interiorizar e aumentar o consumo de camarão cultivado pelo Brasil. **Revista da ABCC**, p, 40, Ano XXIII, nº 1, janeiro de 2021. ISSN 1982-4823.

CARVALHO, M. E. S.; FONTES, A. L. Estudo geomorfológico da alta sub-bacia do rio Cotinguiba/SE como subsídio ao ordenamento territorial. **VI Simpósio Nacional de Geomorfologia/Regional Conference on Geomorphology**. Goiânia, 2006. 75p.



CETESB, Companhia de Tecnologia em Saneamento Ambiental. Governo do Estado de São Paulo. **Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo**, 2007.

COSTA, T. C. P. **Impacto da carcinicultura marinha sobre o mangue**. 2013. 29 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Zootecnia) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, 2013.

EMBRAPA. **Carcinicultura Marinha Familiar no Estuário do Rio Vaza-Barris, Sergipe: Implicações para uma Produção Sustentável**. 1ª Edição, 2014.

GADELHA, F. J. S; DOMINGUES, M.S.C; NOGUEIRA, M. F. L.; SILVA, M. L. L; MADEDO, R. E. F; SOUZA, G. C; NESS, Ricardo Luiz. Verificação da presença de nitrito em águas para consumo humano da comunidade de várzea da Cobra em Limoeiro do Norte–C. A. Ciências Exatas e da Terra – 4. Química – 8. Química. **Anais da 57ª reunião anual da SBPC** – Fortaleza, CE. Jul. 2005.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção camarão no Brasil**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/se/pesquisa/18/16459?tipo=ranking&indicador=16464>. Acesso em: 07 dez. 2021.

RIBEIRO, Luisa Ferreira; SOUZA, Manuel Macedo; BARROS, Francisco; HATJE, Vanessa. Desafios da carcinicultura: aspectos legais, impactos ambientais e alternativas mitigadoras. **Revista de Gestão Costeira Integrada**. Journal of Integrad Coastal Zone Management, 14 (3):365–383, 2014.

SANTOS, W.S. **Ocupação e dinâmica socioambiental da sub-bacia hidrografia do rio Cotinguiba – Sergipe**. 2012. 160 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, 2012.

SERGIPE. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Sustentabilidade. Portal de Recursos Hídricos. **Atlas Digital de Recursos Hídricos**, 2012. Disponível em: <https://sedurbs.se.gov.br/portalrecursosohidricos/#>. Acesso em: 15 ago.2021.

SERGIPE. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Sustentabilidade. Portal de Recursos Hídricos. **Enquadramento dos corpos d'água da bacia hidrográfica do rio Sergipe**, 2019. Disponível em: <https://www.sedurbs.se.gov.br/portalrecursosohidricos/#>. Acesso em: 01 maio 2021.

SERGIPE. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. Superintendência de Recursos Hídricos. **Elaboração de planos das bacias hidrográficas dos rios Japarutuba, Piauí e Sergipe**. 2015.

SILVA, Aichely Rodrigues da. **Avaliação dos processo de eutrofização das águas superficiais, do cenário nacional ao local: estudo de caso nas bacias hidrográficas costeiras dos rios Ratonos, Itacorubi e Tavares (Ilha de Santa Catarina/Brasil)**. 2019. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2019.

SILVA, Luiz Carlos Sousa. **Fragilidade hídrica e ecodinâmica na bacia hidrográfica do rio Sergipe: desafios à gestão das águas**. 2014. 270 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, 2014.



DIAGNÓSTICO DA CARCINICULTURA NA BACIA HIDROGRÁFICA
DO RIO SERGIPE E POSSÍVEIS IMPACTOS AMBIENTAIS

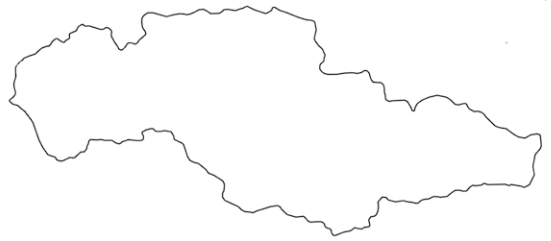
TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. **Recursos hídricos no século XXI**. São Paulo: Oficina de textos, 2011.

VERONEZ, Brunello Prianna. **Análise da influência da precipitação pluviométrica e do uso do solo sobre a qualidade da água em microbacias hidrográficas no nordeste paraense, Amazônia Oriental**. 2011. 174 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, SE, 2011.





VIGIAK, O.; GRIZZETI, B.; UDIAS, A.; ZANNI, M.; DORATI, C.; BOURAOUI, F.; PISTOCCHI, A. Predicting biochemical oxygen demand in European freshwater bodies. **Science of Total Environment** 666 (2019) 1089–1105.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade da água e do tratamento de esgoto**. 2ª ed. Belo Horizonte. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Minas Gerais, 1996, 243 p. ISBN 85-7041-114-6.





ENDEMIAS HÍDRICAS: PREVALÊNCIA DA ESQUISTOSSOMOSE MANSONI NO MUNICÍPIO DE LARANJEIRAS, SERGIPE, NO PERÍODO DE 2016 A 2020

-  Ítalo Fernando Lisboa de Melo
-  Luciene Barbosa
-  Ana Denise Santana de Oliveira
-  Antenor de Oliveira Aguiar Netto

1. INTRODUÇÃO

O presente capítulo tem por objetivo de avaliar a prevalência no período de 2016 a 2020 da Esquistossomose Mansônica (EM) em Laranjeiras, área endêmica, banhada pelo rio Cotinguiba, estado de Sergipe. Trata-se de uma infecção parasitária de origem africana e se instalou no Brasil por meio do tráfico de escravos para trabalharem nas lavouras de cana-de-açúcar, se espalhando principalmente em maior parte da faixa litorânea do país, com alta notificação no Nordeste.

É uma doença de veiculação hídrica causada pelo agente etiológico o verme *Schistosoma mansoni*. Associada à pobreza, ao baixo nível socioeconômico, cultural, às más condições sanitárias, ambientais e ao hábito comportamental da população, pelo contato frequente com os corpos hídricos, onde o hospedeiro intermediário está presente, os caramujos gastrópodes aquáticos, que quando infectados permitem a reprodução do verme.

Apresenta um ciclo complexo, heteroxênico, em que o homem é hospedeiro definitivo e um caramujo de água doce como hospedeiro intermediário. As espécies desse caramujo são encontradas em coleções hídricas de água

doce, de pouca correnteza ou águas paradas naturais (córregos, lagoas, riachos, rios) ou artificiais (valas de irrigação e drenagem, açudes, caixas d'água), de preferência vivem em águas rasas, próximo às margens.

No Brasil, existem três espécies de molusco do gênero *Biomphalaria* (PRESTON, 1910) que podem ser naturalmente infectadas por *S. mansoni*: *Biomphalaria glabrata* (SAY, 1818); *Biomphalaria tenagophila* (D'ORBIGNY, 1835) e *Biomphalaria straminea* (DUNKER, 1848). A transmissão ocorre quando o homem tem contato com águas contaminadas por larvas (cercárias) ao realizar atividades profissionais ou de lazer, como banhos, pescas, lavagem de roupa e louça ou plantio de culturas irrigadas, com presença de moluscos infectados por *S. mansoni*, Sambon, 1907 (BRASIL, 2019).

A sintomatologia da doença corresponde ao estágio de desenvolvimento do parasito no hospedeiro, se dividem em aguda e crônica, assintomática e sintomática (BRASIL, 2019). Para a prevenção e controle da doença necessita-se de várias ações, a educação em saúde, o diagnóstico precoce e o tratamento oportuno, a vigilância e o controle dos hospedeiros intermediários, e principalmente adequação do sistema de saneamento básico (BRASIL, 2012).

A EM é prevalente em áreas tropicais e subtropicais, faz parte do rol das Doenças Tropicais Negligenciadas, atinge 54 países, configurando a um sério problema de saúde pública (BRASIL, 2014; WHO, 2020).

No Brasil, estima-se que aproximadamente 1,5 milhão de pessoas estejam infectadas pela EM, em 19 Unidades Federativas, distribuídas pela faixa contínua e contígua do país (BRASIL, 2014, 2019). No país, segundo dados do Sistema de Informação do Programa de Controle da Esquistossomose (SISPCE), no período de 2009 a 2019, o percentual de positividade para *S. mansoni* nas áreas endêmicas variou de 5,20% em 2009 e 2,90% em 2018 (BRASIL, 2021).

Recentemente, de acordo com os dados do Inquérito Nacional de Prevalência da Esquistossomose mansoni e Geo-helmintoses (INPEG), o Nordeste apresentou um dos maiores índices de positividade para esquistossomose, 1,27% do total de 111.606 amostras analisadas e Sergipe foi o estado que liderou em proporção de positivos para a enteroparasitose com 10,67% dos muni-



cípios com população até 500 mil habitantes (KATZ, 2018). Dos 75 municípios de Sergipe 51 são considerados endêmico para a parasitose e Laranjeiras está entre eles (DOS SANTOS *et al.*, 2016).

O rio Cotinguiba tem 232,5 km² de área, a qual abrange quatro municípios Sergipanos: Areia Branca, Riachuelo, Nossa Senhora do Socorro e Laranjeiras. Este último concentra-se a maior parte da área da sub-bacia com 45,81%, a qual há registro de moluscos hospedeiros intermediários da esquistossomose (SANTOS, 2012). O município de Laranjeiras por integrar a região do Baixo Cotinguiba foi considerado uma área endêmica e de importância epidemiológica histórica para a esquistossomose, apresentando durante os anos de 2010 a 2015 uma prevalência variável entre 8,51% a 15,3% do total de casos dos nove municípios que compõe a grande Aracaju (SILVA, 2018).

A presença de recursos hídricos aliados aos moluscos infectados pelo verme são condições fundamentais para o estabelecimento do ciclo da parasitose. Além disso, os fluxos migratórios e principalmente os hábitos de vida do homem favorecem o contato estreito e frequente da população humana com a água contaminada. A EM é uma das doenças de maior prevalência entre aquelas veiculadas pela água, que segue a trajetória de importantes bacias hidrográficas, além do mais, é considerada uma endemia rural urbanizada (BRASIL, 2008, 2014; CARDIM *et al.*, 2011).

2. METODOLOGIA

Trata-se de um estudo descritivo epidemiológico, de natureza qualitativa/quantitativa, realizado com dados secundários sobre esquistossomose, no período de 2016 a 2020, referentes ao município de Laranjeiras, Sergipe, área endêmica para a parasitose.

O município de Laranjeiras está localizado na região leste do Estado de Sergipe, limita-se ao norte com os municípios de Maruim e Riachuelo, ao sul com Nossa Senhora do Socorro, ao oeste com Areia Branca e Itaporanga d`Ajudá e a leste com Santo Amaro das Brotas (SERGIPE, 2002) (Figura 1). A sede tem o percurso total de 18 km a capital Aracaju. Está inserido na microrregião



ENDEMIAS HÍDRICAS: PREVALÊNCIA DA ESQUISTOSSOMOSE MANSONI NO MUNICÍPIO DE LARANJEIRAS, SERGIPE, NO PERÍODO DE 2016 A 2020

do Baixo Cotinguiba, tendo como bioma a Mata Atlântica, apresenta como unidade territorial de 162, 273 km² e esgotamento sanitário de 34,6% (IBGE, 2010, 2011, 2019).

Figura 1. Mapa de localização do município de Laranjeiras, Sergipe



Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a população deste município em 2010 foi de 26.902 indivíduos, distribuída em 73,8% urbana e 26,2% rural, com Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) de 0,642, e para 2020 apresentou estimativa populacional de 30.080 habitantes.

Os dados secundários foram oriundos da Secretaria de Estado da Saúde de Sergipe (SES-SE) /Núcleo de Endemias, através dos bancos do SISPC e Atenção Básica (AB). Para acesso a essas informações foi utilizado o código B 65.9, correspondente ao Código Internacional de Doenças (CID), versão 10, para a esquistossomose (OLIVEIRA *et al.*, 2020).

Foram colhidas do SISPC as seguintes variáveis: exames realizados, cobertura de indivíduos tratados, não tratados e carga parasitária (leve, moderada e alta) da esquistossomose, além da positividade (para esquistossomose e outras helmintoses) (BRITO, SILVA, QUININO; 2020; BRASIL, 2014). Por meio da AB foi coletado o quantitativo de casos detectados no município em questão.

Para melhor entendimento das variáveis do SISPC segue abaixo de forma explicativa a tabela 1.



Tabela 1. Descrição das variáveis, seus conceitos e cálculos do Sistema de Informação do Programa de Controle da Esquistossomose (SISPCE), preconizadas pelo Ministério da Saúde.

VARIÁVEL	CONCEITO	DESCRIÇÃO DE CÁLCULO
Exames realizados	Trata-se do quantitativo de exames coprocópicos realizados dentro da população trabalhada.	Representa o número de exames realizados na população que foi alvo dos inquéritos no ano estabelecido.
Prevalência da esquistossomose (%)	Trata-se do percentual de indivíduos positivos para esquistossomose.	Representa o número de indivíduos com exame positivo no ano/exames realizados no mesmo ano x 100.
Carga parasitária leve e moderada	Trata-se do número de ovos (carga parasitária), indicando a gravidade dos casos de esquistossomose.	Representa o número de casos com 1 a 4 ovos por grama de fezes (leve) e 5 a 16 ovos por grama de fezes (moderada), no ano.
Carga parasitária alta	Trata-se do número de ovos (carga parasitária), indicando a gravidade dos casos de esquistossomose.	Representa o número de casos com 17 ou mais ovos por grama de fezes, no ano.
Exame positivo para outras parasitoses (<i>Ascaris lumbricoides</i>, <i>Ancilostomídeos</i>).	Trata-se do número de indivíduos que obtiveram resultado de exame positivo para outras parasitoses.	Representa o número de exames positivos para outras parasitoses no ano.
Tratamento realizado	Trata-se do percentual de cobertura de tratamento para os casos que obtiveram resultado positivo.	Representa o número de indivíduos tratados no ano/total de indivíduos com exame positivo no mesmo ano x 100.

Fonte: (BRITO *et al.*, 2020; BRASIL, 2014– adaptada pelos autores, 2021).

Os dados do SISPCE apresentam os casos notificados a partir das ações do Programa do Controle da Esquistossomose (PCE), através de busca ativa. Enquanto os dados ofertados pela AB representam-se resultados de busca passiva, caracterizados pelos indivíduos que buscaram auxílio médico por causa do surgimento de sinais e sintomas relacionados à endemia (ARAÚJO *et al.*, 2020; OLIVEIRA *et al.*, 2020)

Os dados foram inseridos em planilha eletrônica do programa Microsoft Office Excel 2016 e analisados de forma descritiva as variáveis qualitativas através de frequências e percentuais. Para as variáveis quantitativas, a análise dos dados foi calculada a média e desvio padrão, processados com auxílio do *software* RStudio versão 1.4.1106.



3. POSITIVIDADE DA ESQUISTOSSOMOSE E OUTRAS PARASITÓSES NO MUNICÍPIO DE LARANJEIRA/SE

No município de Laranjeiras, Sergipe, no período de 2016 a 2020 teve o total de 9.045 indivíduos examinados para a esquistossomose. Nos 2016, 2017, 2018 foram os que apresentaram maior prevalência da doença, com 10,75%, 7,86%, 7,79%, respectivamente (Tabela 2). Os índices altos de prevalência nos primeiros anos da série histórica podem ser explicados pela realização das ações efetivas dos setores de controle e vigilância epidemiológica junto as equipes do Programa de Saúde e da Família. A explicação acima também pode ser plausível aos achados de Silva (2019), em que o município de Laranjeiras pelo PCE, no período de 2010 a 2015, evidenciou os seguintes índices de prevalência, 15,1%, 15,3%, 12,6%, 13,2%, 10,5%, 8,51%, respectivamente. Em analogia aos dados desta pesquisa, os resultados supracitados mostraram-se elevados.

Em 2020 houve a diminuição da população examinada e consequentemente de prevalência, tanto em indivíduos de 5 a 16 ovos (0,58%) quanto os maiores ou iguais de 17 ovos (0,0%) (Tabela 2). Possivelmente refletiu como um dos impactos negativos da pandemia no Brasil, em que os serviços de saúde ficaram mais direcionados aos casos positivos da COVID/19, negligenciando cada vez mais as ações de controle e combate à esquistossomose, fortalecendo a sua endemicidade principalmente na área em estudo.

Tabela 2. Série histórica da população examinada e da sua prevalência pelo *Schistosoma mansoni* no município de Laranjeiras, Sergipe, 2016 a 2020.

ANO	POPULAÇÃO	PREVALÊNCIA DA ESQUISTOSSOMOSE (%)		
	EXAMINADA	5-16 ovos	>= 17 ovos	TOTAL
2016	1163	1,89	0,43	10,75
2017	3333	1,65	0,33	7,86
2018	2902	1,17	0,24	7,79
2019	1303	1,38	0,08	5,83
2020	344	0,58		3,49
MÉDIA	1.809	1,33	0,36	35,7

Fonte: Secretaria de Estado da Saúde/SE/Núcleo de Endemias/PCE.



É importante deixar claro que, os municípios inseridos ao SISPCE realizam as atividades de controle e vigilância à endemia de maneira autônoma e muitas vezes limitadas, conforme suas condições, dentre os fatores que interferem são: recursos materiais e humanos, este último sofre rotatividade, substituindo por profissionais não capacitados para tal função; emprego de metodologia variável, em que podem realizar levantamento censitário nos escolares e como também utilizam resultados de exames decorrentes das demandas locais dos serviços de saúde (BRASIL, 2014; GONÇALVES *et al.*, 2014; MELO, 2014). Informações reveladas por Silva (2018) reforçam através da SES que os exames realizados pelo PCE são realizados de maneira aleatória a critério de cada município e a distribuição de coletores universais é apenas para uma parcela da população.

Durante todo intervalo de tempo do estudo, obteve-se média de 14% de prevalência da endemia entre o PCE e a AB. Observou-se que nos anos 2016, 2017 e 2018, o número de indivíduos parasitados com esquistossomose foi maior na busca ativa (PCE), enquanto nos anos de 2019 e 2020 apresentou a maior demanda na busca passiva (AB) (Tabela 3). Esses resultados estão relacionados com as possíveis limitações já mencionadas acima pelas ações tradicionais do PCE, o que acarretou um aumento progressivo de números de casos notificados pelos serviços de AB principalmente no ano de 2019. E o ano de 2020, em decorrência do isolamento social, uma das medidas restritivas de proteção sanitária para enfrentamento da COVID/19, tornou-se impossibilitado de desenvolver ações ativas de controle da esquistossomose (GARRIDO; GARRIDO, 2020). Assim, os indivíduos que apresentaram sinais e sintomas típicos da doença, possivelmente procuraram os serviços básicos de saúde, favorecendo ao aumento de notificação de casos da parasitose somente na AB.

ENDEMIAS HÍDRICAS: PREVALÊNCIA DA ESQUISTOSSOMOSE MANSONI NO MUNICÍPIO DE LARANJEIRAS, SERGIPE, NO PERÍODO DE 2016 A 2020

Tabela 3. População infectada pelo *Schistosoma mansoni* e tratamento realizado, no município de Laranjeiras, Sergipe, 2016 a 2020.

ANO	POPULAÇÃO	INFECTADA	TRATAMENTO	PREVALÊNCIA	TRATAMENTO
	PCE	A B	REALIZADO	(%)	(%)
2016	125	52	122	15,2	69
2017	262	110	238	11,2	64
2018	266	54	151	11	47
2019	76	110	38	14,3	20
2020	12	52	8	18,6	12
MÉDIA	148,2	75,6	111,5	14	42,4

Fonte: Secretaria de Estado da Saúde/SE/Núcleo de Endemias/PCE.

Através da análise do PCE e a AB obteve-se o total de 1.119 indivíduos infectados, apenas 557 foram tratados com maiores percentuais nos dois primeiros anos, 2016 (69%) e 2017 (64%) (Tabela 3). O percentual de tratamento foi obtido entre a população tratada em relação a população infectada em cada ano. Os resultados apresentados são preocupantes, devido ao baixo índice de tratamento realizado, muitas vezes relacionado ao receio por parte dos indivíduos parasitados aos efeitos colaterais do medicamento, podendo favorecer a manutenção da transmissão da parasitose no meio ambiente pela eliminação dos ovos, por exemplo (GOMES *et al.*, 2016). E, quanto a patogenia, os ovos do verme podem ficar retidos na luz intestinal dos infectados, o que possibilita desencadear a forma grave da esquistossomose (BRASIL, 2014; BRITO *et al.*, 2020). Ainda, é considerável ressaltar que o controle da endemia hídrica envolve muito mais que tratar os infectados, necessita integralmente de ações educativas da população, junto ao controle malacológico e investimentos no saneamento básico domiciliar e ambiental (BRASIL, 2014; WHO, 2017).

Entre os indivíduos notificados pelo PCE com resultados de exame coproscópico positivo, a carga parasitária leve (1-4 ovos) apresentou-se mais acentuada com média de 109,2 e desvio padrão 80,6, seguida de moderada (5-16 ovos) com média de 26,2 e desvio padrão 19,8, e por último, a alta (>17 ovos) apresentada pela média 4,8 e desvio padrão 4,5. De acordo com o intervalo de tempo da pesquisa, os três tipos de cargas parasitárias foram mais prevalentes no ano de 2017 e menos em 2020 (Tabela 4). Achados semelhantes



quanto a intensidade das cargas parasitárias foi encontrada numa pesquisa realizada no período de 2001 a 2015 em 6 municípios localizados no Leste e Agreste Sergipano, em que 66,19% possuíam de 1 a 4 (Infecção leve), 26,30% 5 a 16 (Infecção moderada) e 7,52%, 5 a 16 acima de 17 ovos (Infecção grave) de *S. mansoni* nas amostras fecais analisadas (LIMA *et al.*, 2018). A predominância de infectados com a carga parasitária leve pode ser explicada pelas inúmeras reinfeções e tratamento com o fármaco Praziquantel, embora para a epidemiologia da esquistossomose é um dado preocupante, quando esses infectados são assintomáticos podem ser responsáveis pela contaminação do ambiente e, conseqüentemente, manutenção dos focos da doença em uma determinada área (GOMES *et al.*, 2016; ROSS *et al.*, 2002).

Tabela 4. Intensidade de carga parasitária em indivíduos positivos para o *Schistosoma mansoni*, no município de Laranjeiras, Sergipe, 2016 a 2020.

ANO	CARGA PARASITÁRIA		
	Leve: 1–4 ovos	Moderada: 5–16 ovos	Alta: > 17 ovos
2016	98	22	5
2017	196	55	11
2018	185	34	7
2019	57	18	1
2020	10	2	
MÉDIA	109,2	26,2	4,8
DESVIO PADRÃO	80,6	19,8	4,5

Fonte: Secretaria de Estado da Saúde/SE/Núcleo de Endemias/PCE.

Para outras helmintoses, foram positivos 1.310 indivíduos. Destes, 1309 eram infectados por *Ascaris lumbricoides* e 1 Ancilostomídeos. Podemos destacar que a quantidade mínima de Ancilostomídeos refere a leitura das lâminas que devem ser examinadas no máximo até uma hora após sua preparação, passando desse intervalo de tempo, os ovos ficam difíceis de serem visualizados com precisão (NEVES, 2011). Quanto ao período anual, 2018 foi o mais representativo, 501 infectados, e 2020 apresentou o menor número, 69 indivíduos parasitados (Tabela 5). Se comparando com a esquistossomose, as outras helmintoses foram mais prevalentes neste estudo, possivelmente



ENDEMIAS HÍDRICAS: PREVALÊNCIA DA ESQUISTOSSOMOSE MANSONI NO MUNICÍPIO DE LARANJEIRAS, SERGIPE, NO PERÍODO DE 2016 A 2020

está associada pelas formas de transmissão dos parasitos, que necessitam de águas e solos contaminados por ovos de helmintos ou do uso dessas mesmas águas para alimentação e higiene, situações caracterizadas pelas precárias condições socioeconômicas, comportamentais e déficit de saneamento básico (condições inadequadas de abastecimento de água, esgoto), presentes na área em estudo (BRITO *et al.*, 2020; KATZ, 2018). Em uma pesquisa realizada com dados do SISPEC no município de São João Evangelista, Minas Gerais, entre 1997 e 2013, dos 27.734 exames realizados, constatou-se uma maior prevalência de *Ascaris lumbricoides*, que variou entre 2,1% a 29,2%; seguida de ancilostomídeos, de 0% a 52,9%, e por último, de esquistossomose de 0,7% a 19,2% (SILVA *et al.*, 2017). Já Santos *et al.* (2021) realizaram um trabalho numa localidade da zona rural do município de Maruim, Sergipe, e constatou das 160 amostras processadas, 111 foram positivas, das quais, o *S. mansoni* foi mais prevalente 49,37%, seguido de *T. trichiura* 12,50 %.

Tabela 5. Positividade para outras helmintoses em indivíduos do município de Laranjeiras, Sergipe, 2016 a 2020.

ANO	<i>Ascaris lumbricoides</i>	Ancilostomídeos	TOTAL
2016	163	-	163
2017	326	1	327
2018	501	-	501
2019	250	-	250
2020	69	-	69
TOTAL	1309	1	1310

Fonte: Secretaria de Estado da Saúde/SE/Núcleo de Endemias/PCE.

Considera-se regiões endêmicas para a esquistossomose, as localidades contínuas ou descontínuas onde a transmissão da endoparasitose intestinal está estabelecida, mas diante da sua dinamicidade necessita de monitoramento para adequar, quando necessário, as estratégias para o controle e ou eliminação. A vigilância em saúde tem o objetivo de prevenir o surgimento de formas graves da parasitose, reduzir a prevalência por localidade, evitar a sua dispersão, utilizando inquérito coprocópicos periódicos, tratamento de infectados, ações de saneamento básico, educação em saúde e malacologia



(MELO, 2014, BRASIL, 2014). Estas três últimas foram as possíveis limitações deste estudo.

Estudo malacológico não deve ser desprezado, uma vez que a esquistossomose está relacionada aos corpos hídricos, pois os moluscos aquáticos das espécies *B. glabrata*, *B. straminea* e *B. tenagophila* têm possibilidade de albergar o verme, os quais liberam a forma infectante no meio aquático e o contato do homem com estes corpos hídricos é o fator mais predisposto a transmissão da doença (MICHELSON, 1987). O tempo de exposição, a intensidade de contato da água infectada por larvas de *S. mansoni*, além dos fatores ambientais como, a qualidade da água, suas características físico-química, tipos de vegetação e sedimento dos criadouros são elementos essenciais para a manutenção da doença (MOZA *et al.*, 1998; PARAENSE, 1959; PIERI, 1995).

Achados de Silva (2018) reforçam que na região do Vale do Cotinguiba há uma prevalência significativa de esquistossomose, e ainda, enfatiza através de inquéritos realizados pelo PCE que alguns municípios do Baixo Cotinguiba se caracterizam por elevados índices de infecção humana por *S. mansoni*. As altas prevalências registradas na região que integram ao Vale têm relação histórica e cultural por causa do cultivo de cana de açúcar e presença dos quilombolas (SILVA, 1985; SILVA, 2018).

Em estudo realizado no Sul do estado de Sergipe sobre a vulnerabilidade ambiental da esquistossomose por Melo (2014), relata que os recursos hídricos são importantes influenciadores na transmissão da doença, visto que as águas podem ser utilizados nas atividades agrícolas, lazer, turismo, recreativas, alimentação, lavagem de roupas, utensílios, banho de animais, além das residências serem desprovidas de fossas, de saneamento e serem instaladas próximas a corpos hídricos, este último, por sua vez, está evidente na área de estudo, como pode-se ver na figura 2 (BARBOSA *et al.*, 2015; SANTOS *et al.*, 2021; SILVA *et al.*, 2017;). A disponibilidade de corpos hídricos em determinada área endêmica, como a do presente estudo, constitui um atributo relevante na caracterização das áreas potenciais à ocorrência da esquistossomose por ser considerada uma epidemia de veiculação hídrica (SILVA, 2018).



ENDEMIAS HÍDRICAS: PREVALÊNCIA DA ESQUISTOSSOMOSE MANSONI NO MUNICÍPIO DE LARANJEIRAS, SERGIPE, NO PERÍODO DE 2016 A 2020

Figura 2. Mapa do município de Laranjeiras, Sergipe, banhado por corpos hídricos e demonstração das suas margens próximas às residências.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio do presente estudo foi possível avaliar, no período estabelecido, a prevalência da esquistossomose no município de Laranjeiras, Sergipe. Segundo o PCE, os anos que se mostraram mais acentuados para a endemia foram 2016, 2017, 2018, com 10,75%, 7,86%, 7,79%, respectivamente. Enquanto isso, os dados unidos do PCE e AB, a doença foi expressiva nos anos de 2020 (18,6%), 2016 (15,2%) e 2019 (14,3%). Constatou-se que a localidade ainda permanece endêmica, sendo considerada de média prevalência quanto a sua positividade. O PCE é uma ótima estratégia de controle à doença, apesar das limitações neste estudo quanto ao número de população examinada em alguns anos e ausência de ações educativas e malacológicas. Esta última é de grande necessidade, por causa da enorme diversidade de recursos hídricos na região, aliada a interação dos moluscos aos vermes e ao contato estreito da população a esses corpos hídricos, são fatores



que predisõem a manutenção da esquistossomose e de outras parasitoses. Sugere-se planejamento integral e reforço dessas ações para o controle das endoparasitoses, que ainda são consideradas um grande problema de saúde pública.

REFERÊNCIAS

ARAUJO, M. P. ; SANTOS, C. M. A. ; GOMES, D. S. ; CIRILO, T. M. ; BEZERRA, L. P. ; LIMA, P. D. ; MACHADO, J. P. V. ; RAMOS, R. E. S. ; GOMES, S. C. ; ALENCAR, V. J. B. ; SILVA, G. I. L. ; DAMASCENO, I. A. ; SILVA, L. O. ; PAZ, W. S. ; SANTOS, I. G. A. . Epidemiologia da esquistossomose em uma área de baixa prevalência de Alagoas entre 2010 e 2016. **PUBVET (LONDRINA)** , v. 14, p. 1-6, 2020.

BARBOSA, C. S.; SOUZA, A.T.O.F.; ONICIO, O.B.L.; GOMES, E.C.S.; KARINA ARAUJO, K.G.M.; GUIMARÃES, R.J.P.S. Turismo de risco para esquistossomose mansônica em Porto de Galinhas, Estado de Pernambuco, Brasil. **Revista Pan-Amazônica de Saúde**, v. 6, n. 3, p. 51-58, 2015.

BARBOSA, C. S. et al. Turismo de risco para esquistossomose mansônica em Porto de Galinhas, Estado de Pernambuco, Brasil. **Revista Pan-Amazônica de Saúde**, v. 6, n. 3, p. 51-58, 2015.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Imunização e Doenças Transmissíveis. **Doenças tropicais negligenciadas: 30 de janeiro – Dia mundial de combate às Doenças tropicais negligenciadas**. Boletim epidemiológico. Número Especial, Mar. 2021. 76p.

-----Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Coordenação-Geral de Desenvolvimento da Epidemiologia em Serviços. **Guia de Vigilância em Saúde: volume único**. 3ª. ed. Brasília, 2019. 740 p.

----- Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância das Doenças Transmissíveis. **Educação em saúde para o controle da esquistossomose**. Brasília: Ministério da Saúde, 2018. 40 p.

----- Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância Epidemiológica. **Vigilância da Esquistossomose mansoni: diretrizes técnicas**. 4. ed. Brasília, 2014.144 p.

----- Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância Epidemiológica. **Vigilância e Controle de Moluscos de Importância Epidemiológica: diretrizes técnicas**: Programa de Vigilância e Controle da Esquistossomose (PCE). 2. ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2008.180 p.

BRITO, M.B.S.; SILVA, M.B.A.; QUININO, L.R.M. Situação epidemiológica e controle da esquistossomose em Pernambuco: estudo descritivo, 2010-2016. **Epidemiol. Serv.**



ENDEMIAS HÍDRICAS: PREVALÊNCIA DA ESQUISTOSSOMOSE MANSONI NO MUNICÍPIO DE LARANJEIRAS, SERGIPE, NO PERÍODO DE 2016 A 2020

Saúde [online]. 2020, vol.29, n.2, e2019252. Epub 24–Abr–2020. ISSN 1679–4974. <http://dx.doi.org/10.5123/s1679-49742020000200015>.

DOS SANTOS, A. D.; LIMA, A. C. R.; SANTOS, M.B.; ALVES, J.A.B.; GÓES, M.A.O.; NUNES, M. A. P. SÁ, S.L.C.S.; DE ARAÚJO, K.C.G.M. Spatial analysis for the identification of risk areas for schistosomiasis mansoni in the state of Sergipe, Brazil, 2005–2014. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 49, n. 5, p. 608–615, 2016.

KATZ, N. **Inquérito Nacional de Prevalência da Esquistossomose mansoni e Geohelminthoses**. Belo Horizonte: CPqRR, 2018.76p.

GARRIDO, R. G.; GARRIDO, F.S.R.G. COVID-19: um panorama com ênfase em medidas restritivas de contato interpessoal. **Interfaces Científicas**; v.8, n.2, p. 127 – 141; 2020.

GOMES, E. C. S. de; MESQUITA, M. C. S. da; REHN, V. N. C.; NASCIMENTO, W. R. C. do; LOYO, R.; BARBOSA, C. S. Transmissão urbana da esquistossomose: novo cenário epidemiológico na Zona da Mata de Pernambuco. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, [s.l.], v. 19, n. 4, p.822–834, dez. 2016.

GONÇALVES, C. R.; CRUZ, M. T. DA; OLIVEIRA, M. P.; MORAIS, A. J. D.; MOREIRA, K. S.; RODRIGUES, C. A. Q.; LEITE, M. T. de S. Recursos humanos: fator crítico para as redes de atenção à saúde. **Saúde Denate**, Rio de Janeiro, v. 38, n. 100, 2014.

LIMA, V.F.S.; BEZERRA, T.L.; LIMA, B.N.S.; SANTOS, K. S. dos; RAMOS, I.C.N.; NICOLAU, N. L. Caracterização da esquistossomose mansônica e seus vetores em áreas de foco no estado de Sergipe, Nordeste do Brasil. **Hygeia- Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde** [s.l.], v. 14, n.27, p. 30 – 40, 2018.

MACHADO, V.L. **Prevalência da Esquistossomose Mansoni e Geohelminthiases em escolares do município de Malhador, Sergipe**. 2017. 63 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Parasitária), Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, UFS, São Cristóvão, 2017.

MELO, A. G. S. de. **Epidemiologia da esquistossomose e conhecimento da população em área periurbana de Sergipe**. 2011. 142 f. Dissertação (Mestrado em Saúde e Ambiente) – Universidade Tiradentes, UNIT, Aracaju, 2011.

MELO, C.B. **Mapeamento das condições ambientais favoráveis ao desenvolvimento da esquistossomose na região sul do estado de Sergipe**. 2014. 167 f. Tese (Doutorado em Ciências da Saúde), Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, UFS, Aracaju, 2014.

MICHELSON, E. H. The intermediate snail-host: an agenda for the future study. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, Rio de Janeiro, v. 82, sup. 4, p. 193–195. 1987.

MOZA, P. G. et al. Fatores sócio-demográficos e comportamentais relacionados à esquistossomose em uma agrovilva da zona canavieira de Pernambuco, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 1, p. 107–115, jan/mar. 1998.

NEVES, DP. **Parasitologia Humana**, 12ª ed, São Paulo, Atheneu, 2011.



PARAENSE, W. L. 1959 One-sided reproductive isolation between geographically remote populations of a planorbid snail. **The American Naturalist**, v. 93, n. 869, p.93-101.

PIERI, O. S., 1995. Perspectivas no controle ambiental dos moluscos vetores da esquistossomose. In: **Tópicos em Malacologia Médica** (F. S. Barbosa, org.), pp. 239-252, Rio de Janeiro: Editora Fiocruz.

OLIVEIRA, A. D. S. de.; SILVA, J. R. S. .; SANTOS, R. L. C. dos .; REIS, F. P. .; FEITOSA, V. L. C. Challenges in schistosomiasis control in Sergipe, Brazil: from 2013 to 2018 . **Research, Society and Development**, [S. L.], v. 9, n. 10, p. e3679108802, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i10.8802.

ROSSA.G.; BARTLEY, P.B.; SLEIGH, A.C, OLDS, G.R.; LI, Y., WILLAMS, G.M., MCMANUS, D.P. **Schistosomiasis**. N Engl J Med [Internet]. 2002 Apr; [cited 2018 Feb 8]; 346(16):1212-20. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11961151>

SANTOS, W. A. DOS. **Ocupação e dinâmica socioambiental da sub-bacia hidrográfica do rio Cotinguiba/SE**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2012. p. 160.

SANTOS, A.H.C.; BARBOSA, L.; SIQUEIRA, T.S; SOUZA, M.R.; CELESTINO, A.O; SANTOS, A. F.; ARAÚJO, K.C.G.M. Prevalência e fatores de risco associados à infecção da Esquistossomose mansoni e das enteroparasitoses em área endêmica, Sergipe, Brasil. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 5, e26310514538, 2021 (CC BY 4.0) | ISSN 2525-3409 | DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i5.14538>

SERGIPE. **Diagnóstico do município de Laranjeiras**. LUIZ FERNANDO COSTA BOMFIM, IVANALDO VIEIRA GOMES DA COSTA E SARA MARIA PINOTTI BENVENUTI. ARACAJU: CPRM; 2002.

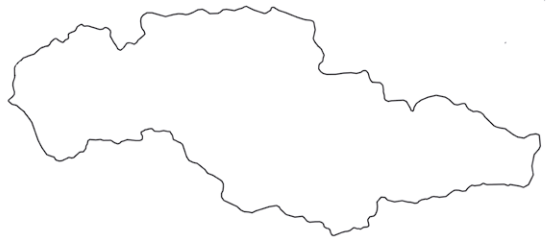
SILVA, M. M. B. L. Áreas vulneráveis e fatores de risco a ocorrência da esquistossomose em Sergipe. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2018.261 f.

SILVA, A. C. L. E et al. Avaliação do impacto das ações do Programa de Controle da Esquistossomose no controle das geo-helmintoses em São João Evangelista, Minas Gerais, Brasil, entre 1997 e 2013. **Revista Pan-Amazônica de Saúde**, v. 8, n. 2, p. 37-44, 2017.





World Health Organization (WHO). **Neglected tropical diseases: treating more than one billion people for the fifth consecutive year**. Disponível em: <<https://www.who.int/news/item/16-07-2020-neglected-tropical-diseases-treating-more-than-one-billion-people-for-the-fifth-consecutive-year>>. Acesso em: 27 fev. 2021.

World Health Organization (WHO). 2017. **Field use of molluscicides in schistosomiasis control programmes an operational manual for programme managers**. Disponível em: <http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/254641/1/9789241511995-eng.pdf?ua=1>. Acesso em: 30 mai. 2021.





ÍNDICE DE ANOMALIA DE CHUVAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SERGIPE NO AGRESTE CENTRAL SERGIPANO

-  Ketylen Vieira Santos
-  Ariovaldo Antônio Tadeu Lucas
-  Inajá Francisco de Sousa
-  Diego Bispo dos Santos Farias

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de pesquisas e trabalhos científicos voltados para a preservação e conservação dos recursos hídricos vem se tornando cada vez mais primordiais para o desenvolvimento sustentável da sociedade. Segundo Lima *et al.* (2016) e Cury *et al.* (2018), as alterações climatológicas interferem rigorosamente no ciclo da água nos ecossistemas, tanto de modo quantitativo quanto qualitativo e tais mudanças podem favorecer incontáveis modificações na demanda hídrica disponível para o consumo populacional e manutenção da vida.

A precipitação pluviométrica é um evento físico resultante da variação climática, elemento significativo na influência do ciclo hidrológico e um dos fatores climáticos que mais interfere nas mudanças ambientais. A distribuição temporal dos volumes relativos de chuva, bem como sua intensidade e duração, são atributos que impactam de modo direto ou indireto a sociedade, meio ambiente e economia (MARCUIZZO; GOULARTE, 2012).

O regime de precipitação interfere diretamente nas atividades resultantes da ação humana uma vez que regiões com longos períodos de seca ou excesso de chuvas, independente da concentração populacional, torna a vida

dos habitantes dessas áreas mais difícil, especialmente dos residentes das zonas rurais que necessitam de um equilíbrio hídrico para a produção agrícola de subsistência (CURY *et al.*, 2018).

Conforme Cerqueira *et al.* (2019), o Nordeste do Brasil (NEB) é marcado, especialmente, por precipitações irregulares ao longo do ano, onde a predominância do período seco é acentuada. Em decorrência disso, a migração em massa da população rural para os centros urbanos é cada vez mais intensa. Desse modo, analisando o contexto histórico da demanda hídrica, é crucial e pertinente a execução de estudos referentes aos assuntos pluviométricos das bacias hidrográficas do NEB.

De acordo com Diniz (2014), quando se pretende investigar as precipitações pluviométricas no NEB é importante saber que o principal atributo dessa região é a alta irregularidade das chuvas entre o semiárido e a região costeira, onde a precipitação média anual pode variar de 1800 a 1400 mm na região litorânea, ao passo que no centro do semiárido gira em média de 400 mm (SILVA *et al.*, 2012). Uma das características climáticas do nordeste brasileiro é a elevada variabilidade interanual das precipitações, pois apresenta anos extremamente chuvosos e outros com seca extrema podendo ocorrer de dois modos: interanual ou intra-anual (DINIZ, 2014).

Marcuzzo *et al.* (2011), avaliando o mapeamento de precipitação pluvial do bioma Cerrado, no estado de Tocantins, levando em consideração a série histórica de 1977 a 2006, observaram que ocorreu maior frequência de anos secos do que anos úmidos. Marcuzzo, Goularte e Melo (2010), analisando o mapeamento de precipitação pluvial no bioma Amazônico, no estado de Tocantins observaram que o período de chuvas corresponde a nove meses, que vai de setembro a maio, já o período de seca é acentuado por um período de três meses, de junho a agosto.

Morais *et al.* (2005) em uma avaliação sobre a variação de precipitações pluviométricas, levando em consideração o coeficiente de variação e o índice de variabilidade interanual relativo, no estado do Pará para o período de 1976 a 1998, abrangendo 31 regiões, concluíram que o coeficiente para a precipitação anual oscilou de 15 a 30%.



Baseado em séries históricas pluviométricas, uma forma de estudar o comportamento das precipitações e atributos climatológicos de uma determinada região é através do método do Índice de Anomalia de Chuvas (IAC) desenvolvido por Rooy, em 1965. O método pode ser empregado no intuito de rastrear os períodos secos e chuvosos, incluindo seus extremos, além de avaliar o grau de severidade das anomalias chuvosas (SILVA *et al.*, 2020).

O IAC tem sido empregado de forma bastante eficiente uma vez que é de fácil aplicação e conciso, utilizando somente informações pluviométricas (FREITAS, 2005; COSTA *et al.*, 2017). Diversos estudos como Repelli *et al.* (1998); Dos Santos (2013) e Santos *et al.* (2015) constataram bom desempenho deste método na caracterização de regiões climáticas, com o intuito de identificar os extremos de precipitação, inclusive no NEB.

Correia Filho *et al.* (2017) analisando a caracterização de extremos anuais de precipitação pluviométrica do estado de Sergipe através do Índice de Anomalia da Chuva (IAC), observaram flutuações entre anos de anomalias negativas e positivas. Constataram também que os anos posteriores ao fenômeno climático El Niño foram marcados pela redução do índice pluviométrico total, além da redução dos extremos. Em 2012, ano subsequente ao evento La Niña de intensidade moderada, também foi marcado por redução no índice total anual de precipitação, devido a elevadas anomalias positivas da temperatura da superfície do mar (TSM) na região Tropical do Atlântico.

Empregando o IAC no seu estudo, Cerqueira *et al.* (2019) analisaram a variabilidade espaço temporal das precipitações do trecho do médio curso da bacia hidrográfica do rio Poti e concluíram que houve um domínio do período seco, girando em torno de 35,9% da temporada tratada, tendendo ao desenvolvimento de anos com intensas secas. Já Silva *et al.* (2017), trabalhando com as variações do IAC no semiárido, observou que houve uma redução do regime de precipitação nos últimos setes anos do período analisado.

Levando em consideração a relevância do conhecimento referente às variações pluviométricas, o estudo tem como objetivo analisar o comportamento das precipitações da Bacia Hidrográfica do rio Sergipe na região do Agreste Central Sergipano, a partir do método de Índice de Anomalia da Chu-



va (IAC), analisar a variação e a classificar os períodos seco e úmido da bacia em função do IAC.

2. BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SERGIPE

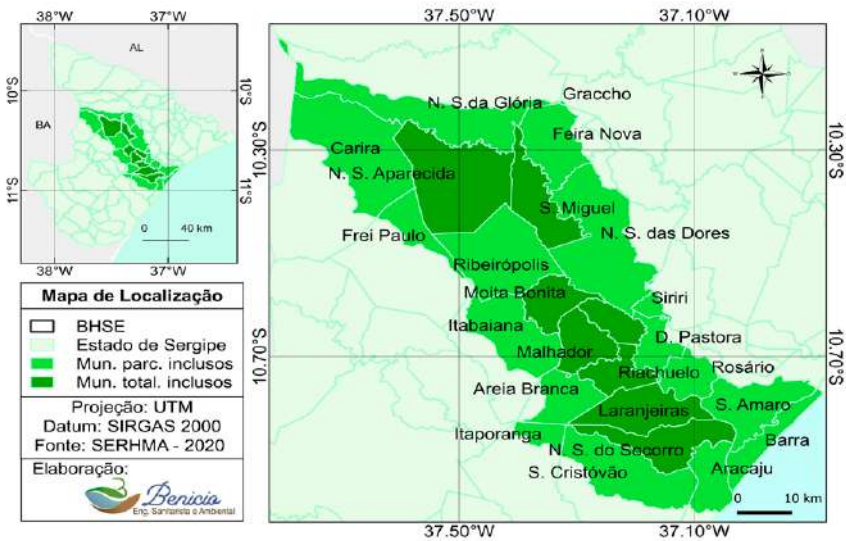
A bacia hidrográfica do rio Sergipe está localizada no nordeste sergipano, com latitudes 10°08'00" e 11°04'00" sul, e longitudes 36°50'00" e 37°50'00" oeste, engloba uma região de aproximadamente 3.753,81 km². Nasce na Serra da Boa Vista (BA), próximo à divisa dos estados da Bahia e Sergipe e desagua no oceano Atlântico entre os municípios de Barra dos Coqueiros e Aracaju (SEMARH, 2010). Segundo Araújo (2007), a bacia é responsável por drenar, aproximadamente, 16,7% do estado de Sergipe. Possui cinco Unidades de Planejamento (UPs) – Poxim, Cotinguiba, Jacarecica, Baixo Sergipe e Alto Sergipe–, classificadas de acordo com os aspectos físicos, econômicos e sociais de cada região (SERGIPE, 2015).

Abrange vinte e seis municípios dos quais oito possuem suas terras inseridas integralmente na Bacia: São Miguel do Aleixo, Santa Rosa de Lima, Riachuelo, Nossa Senhora do Socorro, Nossa Senhora Aparecida, Moita Bonita, Malhador e Laranjeiras e os demais, parcialmente: Siriri, São Cristóvão, Santo Amaro das Brotas, Rosário do Catete, Rosário do Catete, Ribeirópolis, Nossa Senhora das Dores, Nossa Senhora da Glória, Maruim, Itaporanga d'Ajuda, Itabaiana, Graccho Cardoso, Frei Paulo, Feira Nova, Divina Pastora, Carira, Barra dos Coqueiros, Areia Branca e Aracaju (Figura 1). Localizam-se em regiões diferenciadas como agreste, semiárido e litoral úmido, possuindo uma extensão por volta de 206,55 km (SEMARH, 2010).

O Agreste Central Sergipano é composto por 6 municípios que fazem parte da bacia hidrografia do rio Sergipe: Nossa Senhora Aparecida, Carira, Ribeirópolis, São Miguel do Aleixo, Moita Bonita e Malhador.



Figura 1– Bacia Hidrográfica do Rio Sergipe.



3. METODOLOGIA

Para o presente estudo foram empregados dados de precipitações mensais e anuais de estação meteorológica localizada na região de estudo, disponibilizados pelo Sistema Nacional de Informações sobre os Recursos Hídricos (SNIRH) e contém todas as informações coletadas da Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN) que é de incumbência da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), englobando um período de 30 anos (1986 a 2016), a partir de métodos de interpolação desenvolvidos por Xavier *et al.* (2016), intitulado como *Brazil Gridded Meteorological Data* para obtenção de amplas séries históricas e sem falhas.

Foram utilizados dados de precipitação mensal e anual de duas estações meteorológicas localizadas no Agreste Central Sergipano, na região semiárida da bacia em estudo, nas coordenadas geográficas dispostas na Tabela 1.

ÍNDICE DE ANOMALIA DE CHUVAS DA BACIA HIDROGRÁFICA
DO RIO SERGIPE NO AGRESTE CENTRAL SERGIPANO

Tabela 1 – Coordenadas geográficas das Estações Meteorológicas.

Coordenadas geográficas	Estação 01	Estação 02
Latitude	-10,382338	-10,226903
Longitude	-37,452476	-37,718348
Município	Nossa Senhora Aparecida	Carira

3.1 Índice de Anomalia de Chuva (IAC)

O IAC, método desenvolvido por Rooy (1965) e empregado no nordeste brasileiro por diversos autores como Freitas (2005); Dos Santos (2013); Santos *et al.* (2015); Correia Filho *et al.* (2017) tem como objetivo avaliar a variação espaço-temporal de precipitação a fim de estimar a regularidade dos períodos secos e úmidos além do seu grau de severidade e duração através das equações 1 para anomalias positivas (períodos úmidos) e 2 para anomalias negativas (períodos secos) (ARAÚJO *et al.*, 2009):

$$IAC = -3 \left[\frac{(N - \bar{N})}{(\bar{X} - \bar{N})} \right], \quad \text{equação. 1}$$

$$IAC = -3 \left[\frac{(N - \bar{N})}{(\bar{X} - \bar{N})} \right], \quad \text{equação. 2}$$

Onde: N = precipitação mensal atual (mm.mês^{-1}); \bar{N} = precipitação média mensal da série histórica (mm.mês^{-1}); \bar{X} = média das dez maiores precipitações mensais da série histórica (mm.mês^{-1}) e \bar{N} = média das dez menores precipitações mensais da série histórica (mm.mês^{-1}).

As anomalias positivas e negativas são valores superiores e inferiores à média histórica, respectivamente. Os períodos secos e úmidos serão classificados de acordo com a intensidade do IAC (FREITAS 2004 e 2005), conforme a Tabela 2.



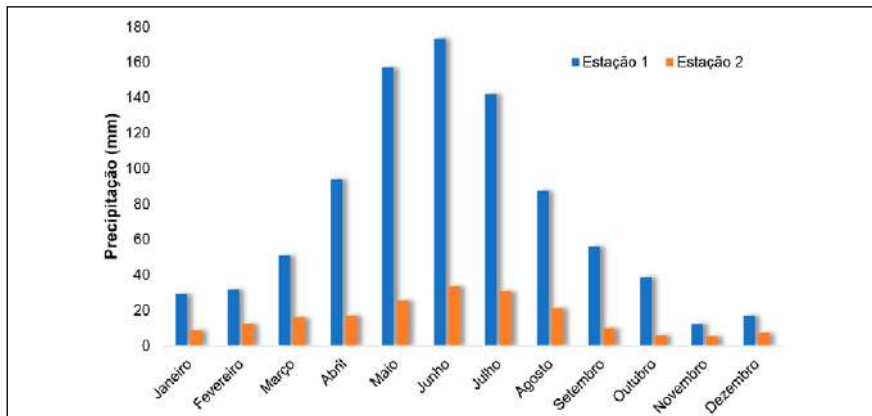
Tabela 2 – Classificação da precipitação pluviométrica segundo o Índice de Anomalia de Chuva (IAC)

Índice de Anomalia da Chuva (IAC)	Classe de intensidade
$\geq 4,00$	Extremamente úmido
3,00 a 3,99	Umidade alta
2,00 a 2,99	Umidade moderada
0,50 a 1,99	Umidade baixa
-0,49 a 0,49	Normal
-1,99 a -0,50	Seca suave
-2,00 a -2,99	Seca moderada
-3,00 a -3,99	Seca alta
$\leq -4,00$	Seca extrema

Fonte: Van Rooy (1965).

Para analisar o comportamento médio mensal de precipitação da série histórica foi elaborado um gráfico (Figura 2), de acordo com as duas estações de estudo, o qual mostra que o período chuvoso está concentrado entre os meses de abril a agosto, destacando-se o mês de junho com precipitação máxima de 173,55 mm para a Estação 1 e 33,69 mm para a Estação 2. Já o período seco, que também é bem definido, abrange os meses de novembro a fevereiro, com precipitação mínima de 12,38 mm (Estação 1) e 5,49 mm (Estação 2) para primeiro mês do quadrimestre.

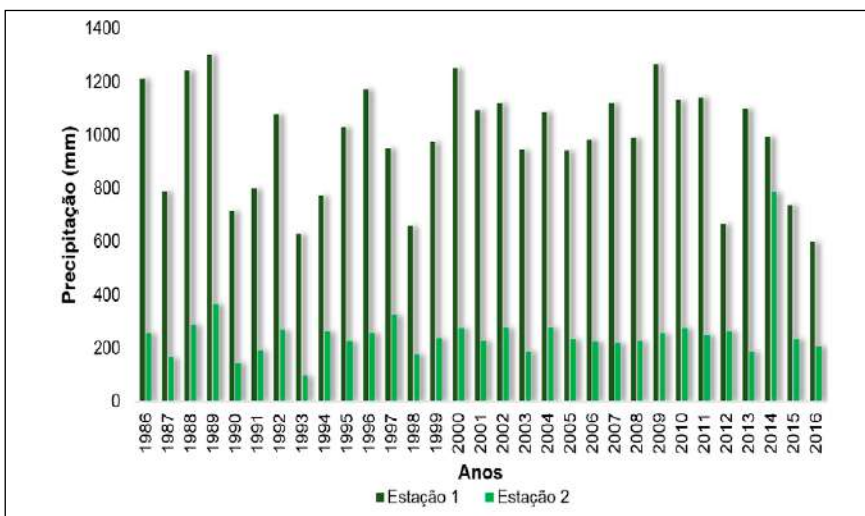
Figura 2 – Climatologia mensal da bacia hidrográfica do rio Sergipe para a série histórica, na região do Agreste Central Sergipano.



ÍNDICE DE ANOMALIA DE CHUVAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SERGIPE NO AGRESTE CENTRAL SERGIPANO

Levando em consideração a média anual de precipitação da série histórica, do período de 1986 a 2016 (Figura 3), a partir das anomalias positivas e negativas, foram exibidos resultados referentes ao IAC anual de duas estações meteorológicas situadas na bacia hidrográfica do rio Sergipe na região do Agreste Central Sergipano, sendo possível definir a duração e intensidade que esses fenômenos ocorreram.

Figura 3 – Precipitação anual da série histórica, de 1986 a 2016.



Diante disso, foi observado que as Estação 1 (Figura 4) obteve 15 anos com IAC positivo e 15 anos com IAC negativo, já a Estação 2 (Figura 5) apresentou todos os anos com IAC negativo, ou seja, predominância dos períodos secos para a região estudada sendo possível determinar intervalos onde esses episódios foram mais acentuados e/ou contínuos.

Figura 4 – IAC da bacia hidrográfica do rio Sergipe – região do Agreste Central Sergipano, para a série histórica, estimada pela Estação 1.

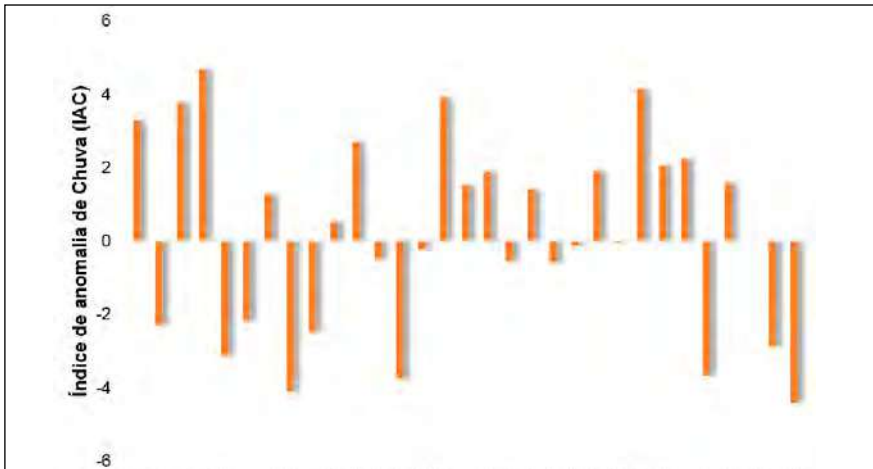
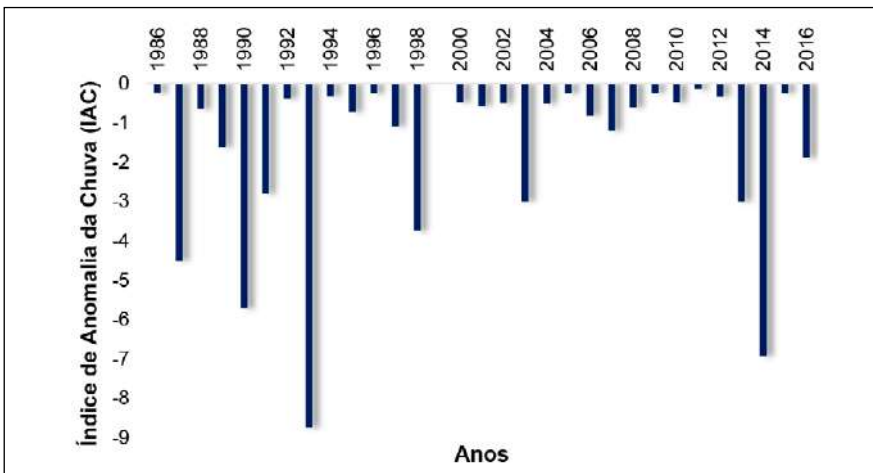


Figura 5 – IAC da bacia hidrográfica do rio Sergipe – região do Agreste Central Sergipano, para a série histórica, estimada pela Estação 2.



Referindo-se a variação do IAC para um período de trinta anos, considerando as duas estações meteorológicas de estudo, percebe-se uma grande semelhança entre os anos de 1989 e 2009, apresentando atributos de classe,

ÍNDICE DE ANOMALIA DE CHUVAS DA BACIA HIDROGRÁFICA
DO RIO SERGIPE NO AGRESTE CENTRAL SERGIPANO

predominantemente, de intensidade referente a extremamente úmido, equivalentes a 4,69 e 4,15, respectivamente, ambos dados fornecidos pela Estação 1. Coincidindo com final do fenômeno climático La Niña moderado (2008), seguindo para o evento El Niño fraco a moderado em 2009 (Silva *et al.*, 2017). Várias produções literárias, como Alves e Repelli (1992) e Vianello *et. al.* (2001) relacionam este fenômeno climático La Niña com o aumento de precipitação no NEB.

Constatou-se, ainda, que nos anos de 1992, 1995, 2001, 2002, 2004, 2007 e 2013 prevaleceu a classificação umidade baixa e os anos de 1996, 2010 e 2011 foram classificados como umidade moderada. Os anos de 1986, 1988 e 2000 possivelmente estiveram sobre influência de uma La Niña moderada a forte, sendo classificados como umidade alta, corroborando com os resultados encontrados por Silva *et al.* (2017) (Tabela 3).

Tabela 3 – Predominância da classificação do IAC anual.

Anos	Classificação do IAC
1992, 1995, 2001, 2002, 2004, 2007, 2013	Umidade baixa
1996, 2010, 2011	Umidade moderada
1986, 1988, 2000	Umidade alta
2009, 1989	Extremamente úmido

De modo semelhante, os valores positivos do índice de anomalia da chuva, os valores negativos podem ser categorizados de acordo com classificação de seca extrema, seca alta, seca moderada e seca suave (Tabela 2). Foi observado que os anos de 1987, 1990, 1993, 1998, 2003, 2012, 2013, 2014 e 2016 obtiveram a predominância de características semelhantes, sendo classificados como seca extrema à alta, de acordo com os resultados de Rao *et al.* (1995).

Já os anos de 1991, 1994, 2005, 2006, 2008 e 2015 foram classificados como seca moderada à seca suave, sendo contrário ao comportamento esperado no nordeste brasileiro, apresentando período de seca intensa, apresentado por Kucharski *et al.* (2008) e Correia Filho *et al.* (2017). Verificou-se que os anos de 1997, 1999 e 2006 foram similares e apresentaram IACs classificados como normal (Tabela 4).



Tabela 4 – Predominância da classificação do IAC anual.

Anos	Classificação do IAC
1987, 1990, 1993, 1998, 2003, 2012, 2013, 2014 e 2016	Seca extrema à alta
1991, 1994, 2005, 2006, 2008 e 2015	Seca moderada à suave
1997, 1999 e 2006	Normal

A redução na precipitação total anual no nordeste do Brasil pode ser justificada pela ocorrência do fenômeno climático El Niño–Oscilação Sul, o que corrobora com os dados expostos por De Souza Gurjão *et al.* (2012) e Correia Filho *et al.* (2017). Santana *et al.* (2018) cita que existe um forte relacionamento entre as consequências do El Niño e El Niña e a bacia de hidrográfica do rio Sergipe.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo, foi analisado o Índice de Anomalia de Chuva (IAC) a partir dos dados de precipitação média anual da série histórica, que compreende o período de 1986 a 2016, a fim de estabelecer os períodos úmidos e secos. De acordo com os dados expostos, foi observado que os períodos secos dominam a região de estudo, o que é uma característica do NEB.

Levando em consideração a média mensal da série histórica, os meses com menores taxas de precipitação pluviométrica estão entre novembro e fevereiro, os quais são responsáveis por anomalias negativas. De acordo com os dados exibidos, percebe-se que os IACs estabelecidos para a bacia hidrográfica do rio Sergipe no Agreste Central Sergipano apresentaram flutuações entre índices negativos e positivos.

Consoante vários estudos desenvolvidos no nordeste do Brasil, a influência de fenômenos climáticos foram bastantes evidentes, as ocorrências dos El Niños interferiram na redução da precipitação pluviométrica da região, tendo relevância os anos de 1987, 1990, 1993, 1998, 2003, 2012, 2013, 2014 e 2016, provocando secas intensas na bacia de estudo.

Em contrapartida, os anos posteriores as La Ninãs foram marcadas pelo aumento considerado na precipitação média anual, elevando o IAC da região, destacando-se os anos de 1986, 1988, 1989, 2000 e 2009, sendo nítida a redução abrupta do índice total anual de precipitação nos anos posteriores.



REFERÊNCIAS

Alves, J. M. B.; Souza, E. B.; Repelli, C. A.; Ferreira, N. S. (1997). Um estudo da variabilidade pluviométrica no setor leste do nordeste brasileiro e a influência do fenômeno El Niño/ Oscilação Sul. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 12, n.2, p.25–40.

ARAÚJO, H. M. **Análise socioambiental da bacia costeira do rio Sergipe**. Tese de Doutorado. Departamento de Engenharia Agrônômica. Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão, SE. 2007.

ARAÚJO, Lincoln et al. Análise climática da bacia do rio Paraíba–índice de anomalia de chuva (IAC). **Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**, v. 6, n. 3, 2009.

CERQUEIRA, Karoliny Fontenele; DOS SANTOS, Francílio de Amorim; AQUINO, Cláudia Maria Sabóia. Análise das precipitações pluviométricas em trecho do médio curso da Bacia Hidrográfica do rio Poti (Piauí), a partir do Índice de Anomalia de Chuva (IAC). **Raega–O Espaço Geográfico em Análise**, v. 45, n. 1, p. 110–122, 2019.

CORREIA FILHO, Washington Luiz Félix; ALVES, Laurizio Emanuel Ribeiro; DOS SANTOS, Maurílio Neemias. CARACTERIZAÇÃO DE EXTREMOS ANUAIS DE PRECIPITAÇÃO PARA O ESTADO DE SERGIPE. **Revista de Geografia (Recife)**, v. 34, n. 1, 2017.

COSTA, Juliana Alcântara; SILVA, DF Da. Distribuição espaço-temporal do Índice de anomalia de chuva para o Estado do Ceará. **Revista brasileira de geografia física**, v. 10, n. 4, p. 1002–1013, 2017.

CURY, Marlon Domingos et al. Análise do Índice de Anomalia de Chuva (IAC) aplicado à bacia hidrográfica do rio Urussanga/SC. **Tecnologia e Ambiente**, v. 24, p. 71–80, 2018.

DE SANTANA SANTOS, Leandro; DE GOIS BARBOSA, Alan; MENDES, Ludmilson Abritta. A influência dos fenômenos climáticos El Niño e La Niña com a intensidade da precipitação na bacia do rio Sergipe, Brasil.

DE SOUSA GURJÃO, C. D.; CORREIA, M. de F.; CHAVES FILHO, J. B.; SILVA ARAGÃO, M. R. Influência do Enos (El Niño–Oscilação Sul) no Regime Hidrológico do Rio São Francisco: uma Análise em Regiões com Fortes Pressões Antrópicas **Revista Brasileira Geografia Física**, v. 5, n. 4, p. 774–790, 2012.

DE SOUSA, Inajá Francisco; SANTANA, Neuma Rubia Figueiredo. **Recorte do perfil climático de bacias hidrográficas do estado de Sergipe**: Rio Sergipe, Rio Vaza Barris, Rio Japarutuba, Rio Real e Costeiras (Caueira–Abaís e Sapucaia).

DINIZ, M. T. M.; MEDEIROS, S.C.; CUNHA, C. J. Sistemas Atmosféricos Atuantes e Diversidade Pluviométrica em Sergipe. **Instituto de Estudos Sócio-Ambientais Bol. Goiano de Geogr.**, v. 34, n. 1. 17 – 34, 2014.

DOS SANTOS, E. P. dos; CORREIA, M. F.; ARAGAO, M.R.S.; ARAUJO, L. E.; SILVA, F.D.S. Padrão Mensal de Anomalias de Precipitação: Uma Análise Estatística de Eventos Hidro-



lógicos Extremos nas Sub-Bacias do Rio São Francisco. **Revista Brasileira Geografia Física**, v. 6, n. 5, p. 1193–1207, 2013.

DOS SANTOS, E. P. dos; CORREIA, M. F.; ARAGAO, M.R.S.; ARAUJO, L. E.; SILVA, F.D.S. Padrão Mensal de Anomalias de Precipitação: Uma Análise Estatística de Eventos Hidrológicos Extremos nas Sub-Bacias do Rio São Francisco. **Rev. Bras. Geografia Física**, v. 6, n. 5, p. 1193–1207, 2013.

FREITAS, M. A. S. A. *Previsão de Secas e a Gestão Hidroenergética: O Caso da Bacia do Rio Parnaíba no Nordeste do Brasil*. In: **Seminário Internacional sobre Represas y Operación de Embalses**, 2004, Puerto Iguazú. Anais... Puerto Iguazú: CACIER, 2004. v. 1. p. 1.

FREITAS, M. A. S. Um Sistema de Suporte à Decisão para o Monitoramento de Secas Meteorológicas em Regiões Semi-Áridas. **Revista Tecnologia**, Fortaleza, v. Suplem, p. 84–95, 2005. Disponível em: . Acesso em 29 de janeiro de 2021.

KUCHARSKI, F.; POLZIN, D.; HASTENRATH, S. Teleconnection Mechanisms of North-east Brazil Droughts: Modeling and Empirical Evidence. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.23, n. 2, p.115–125, 2008.

LIMA et al. **Library**, v. 36, p. 2644–2659, 2016.

MARCUZZO, F. F. N.; GOULARTE, E. R. P.; MELO, D. C. R.; PINTO FILHO, R. F.; CARDOSO, M. R. D. Mapeamento espacial, temporal e sazonal das chuvas no bioma Cerrado do estado do Tocantins. In: **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 15, 2011, Curitiba-PR. Anais eletrônicos. Curitiba: SBSR, p.4594–4601.

MARCUZZO, F. F. N.; GOULARTE, E. R. P.; MELO, D. C. R. Mapeamento Espacial, Temporal e Sazonal das Chuvas no Bioma Amazônico do Estado do Tocantins. In: **X Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste**, 10, 2010. Anais.

MARCUZZO, F.; GOULARTE, E. R. P. ÍNDICE DE ANOMALIA DE CHUVAS DO ESTADO DO TOCANTINS. **Geoambiente On-line**, [S. l.], n. 19, p. 01–17 pág., 2013. DOI: 10.5216/rev-geoamb.v0i19.26056. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/geoambiente/article/view/26056>. Acesso em: 14 mar. 2022.

MARCUZZO, Francisco; GOULARTE, Elvis Richard P. Índice de anomalia de chuvas do estado do Tocantins. **Geoambiente on-line**, n. 19, p. 01–17 pág., 2012.

MORAIS, B. C. de; COSTA, J. M. N. da; COSTA, A. C. L. da; e COSTA, M. H. Variação espacial e temporal da precipitação no Estado do Pará. **Acta Amazônica**. 2005, vol. 35, n. 2, pp. 207–214. ISSN 0044–5967. Doi: 10.1590/S0044–59672005000200010.

RAO, V. B.; HADA, K.; HERDIES, D. L. On the severe drought of 1993 in north-east Brazil. **International Journal of Climatology**, 15: 697–704, 1995. doi: 10.1002/joc.3370150608.

Repelli, C. A.; Ferreira, N. S.; Alves, J. M. B.; Nobre, Carlos Afonso. (1998). Índice de anomalia de precipitação para o Estado do Ceará. In: **X CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA E VIII CONGRESSO DA FLISMET**, 1998, Brasília DF.



ÍNDICE DE ANOMALIA DE CHUVAS DA BACIA HIDROGRÁFICA
DO RIO SERGIPE NO AGRESTE CENTRAL SERGIPANO

ROOY, M.P. van, A rainfall anomaly index independent of time and space. **Notos**, v. 14, 1965. 43 p

SANTOS, E. C. A. DOS; ARAUJO, L. E. DE; MARCELINO, A. D. S.. Análise climática da Bacia Hidrográfica do Rio Mamanguape. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 1, p. 9–14, 2015.

SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS HÍDRICOS DE SERGIPE. Elaboração do plano estadual de recursos hídricos, divisão hidrográfica (RE-02), Aracaju, 2010.

SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS HÍDRICOS DE SERGIPE. Mapa de distribuição das Precipitações totais médias anuais da bacia hidrográfica do rio Sergipe, Aracaju, 2014.

SILVA, Allan Rodrigues et al. Variações no índice de anomalia de chuva no semiárido. **Journal of environmental analysis and progress**, p. 377–384, 2017.

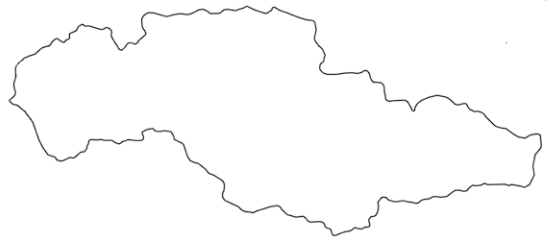
SILVA, Francillene Fernandes; DOS SANTOS, Francílio de Amorim; DOS SANTOS, Juliana Moreira. Índice de Anomalia de Chuva (IAC) aplicado ao estudo das precipitações no município de Caridade, Ceará, Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 27, 2020.

SILVA, V. P. R.; PEREIRA, E. R. R., ALMEIDA, R. S. R. Estudo da variabilidade anual e inter-anual da precipitação na região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira Meteorologia**, São Paulo, v. 27, n. 2, p. 163–172, 2012.

VIANELLO, R. L; Ferreira, N. J; Oliveira, L. L. (2001). **Meteorologia Fundamental**, Edifapes. Erechin – RS. variables in Brazil (1980–2013). **International Journal of Climatology**, Wiley Online

XAVIER, A. C.; KINGB, C. W.; SCANLONC, B. R. **Daily gridded meteorological**, 2016.





BALANÇO HÍDRICO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO COTINGUIBA



Marize Santos Freitas



Ariovaldo Antônio Tadeu Lucas

1 INTRODUÇÃO

O presente capítulo tem por objetivo calcular o balanço hídrico climático na sub-bacia do Rio Cotinguiba no período de 2010 a 2020, através do método de Thornthwaite; Mather (1955) e analisar no período estudado o comportamento das principais variáveis; auxiliando no planejamento agrícola e na utilização dos recursos hídricos disponíveis de forma racional e otimizada.

O estudo e a aplicação da estimativa do balanço hídrico reflete a disponibilidade de água no solo, como resultado da quantidade de água que entra e sai de uma determinada camada de solo em um intervalo de tempo. Sendo, de grande importância para distinguir os períodos secos e úmidos de uma região específica ou bacia hidrográfica. Além de, informar a real disponibilidade hídrica na bacia e se as demandas poderão ser atendidas.

Neste contexto, essa ferramenta possui grande utilidade em vários ramos da Ciência, assim como: na Agricultura, orientando, por exemplo, produtores na tomada de decisão da melhor época para o plantio, no planejamento do manejo das culturas, na implantação e definição de intervalo de irrigação e na previsão de rendimentos das culturas; na Engenharia Civil, auxiliando a tomada de decisão no dimensionamento de estradas e construção de obras, como barragens, na Hidrologia; promovendo o conhecimento do regime hídrico e na previsão de acontecimentos meteorológicos



que, possam afetar positiva ou negativamente a bacia hidrográfica e a população à qual está inserida.

Assim, a bacia hidrográfica pode ser definida como uma unidade fisiográfica limitada por divisores topográficos que limitam as áreas de terras drenadas por um rio principal, seus afluentes e subafluentes. E, a partir do conhecimento das suas características hidrológicas pode-se identificar suas limitações e potencialidades, proporcionando o uso sustentável e otimizado das águas.

Relacionando, ainda, o balanço do seu potencial de produção e a quantidade demandada pelos diversos usos, como irrigação, abastecimento humano urbano e rural, indústria, mineração, entre outros.

Em Sergipe, a Bacia Hidrográfica do Rio Sergipe é uma das principais bacias, que drena aproximadamente 17% do estado, representando 3.693,87 km² do território e é formada pela contribuição de cinco sub-bacias: Alto Sergipe, Baixo Sergipe, Cotinguiba, Jacarecica e Poxim, segundo relatório final da Bacia Hidrográfica do Rio Sergipe, elaborado pela SEMARH-SE (2015, p. 8).

Por sua vez, a sub-bacia do Rio Cotinguiba apresenta destacada importância agrícola, econômica, cultural, política e social para o estado de Sergipe. E nela, encontram-se as principais indústrias do estado na produção de açúcar, etanol, cimento e insumos agrícolas, como a ureia. Atividades que há décadas, além de gerar renda e trabalho para a economia local, dependem e exploram os recursos naturais locais; gerando impactos ambientais como desmatamento, queimadas, poluição e erosão do solo, deixando a região mais susceptível aos efeitos das mudanças climáticas. Onde, verifica-se que, em meses de intensa precipitação às consequências são as enchentes, que trazem danos à população ribeirinha local, principalmente, do município de Laranjeiras. Ao passo que, em períodos de estiagem as consequências são: diretas, porque causam queda na produção agrícola e, indiretas, já que, refletem na vida dos moradores locais, pois dependem do recurso da produção agrícola familiar e, principalmente, da indústria local canavieira, como fonte de emprego e renda ou de subsistência das famílias.



Para Araújo (2007, p. 66), a circulação atmosférica que predomina na região, em atuação, ao inteirar-se com outros fatores locais, entre eles, a posição geográfica e proximidade em relação com o mar, fazem predominar na referida sub-bacia hidrográfica um tipo climático quente que varia do úmido ao subúmido, considerado o mais úmido da classificação de Thornthwaite (1948). No clima úmido, os excedentes hídricos concentram-se no outono e inverno e moderada deficiência ocorre durante o verão.

Segundo Santos *et. al.* (2013, p. 50–51), sob o ponto de vista das condições climáticas e meteorológicas, na sub-bacia do rio Cotinguiba predomina o clima subúmido, com temperaturas mensais variam de 21,4° e 25,2° C, apresentando uma pequena amplitude térmica anual. As precipitações pluviais são bem distribuídas ao longo do ano e nos meses mais chuvosos (abril, maio, junho, julho e agosto), as precipitações variam de 205,9 mm e 121,9 mm. Nos meses considerados mais ou menos chuvosos (dezembro e janeiro) o índice de precipitação chega a 40,6 mm. Essas precipitações pluviométricas ocorrem devido à interação das massas de ar quentes e frias (precipitações frontais) que ocorrem com mais frequência no período outono–inverno, ocasionando muitas vezes inundações nos municípios que integram a sub-bacia, principalmente no município de Laranjeiras.

Um dos métodos mais usados para o cálculo do Balanço Hídrico é o proposto por Thornthwaite e Mather, elaborado em 1955 e que oferece o saldo de água disponível no solo, decorrente das entradas e saídas de água numa região. Podendo ser utilizado, no acompanhamento do armazenamento de água no solo em tempo real, ou seja, no momento ou em um período ocorrido, sendo largamente utilizado como instrumento de planejamento agrícola e ambiental.

Para Aguilari (1986 apud Ferreira *et. al.*, 2017, p. 2), os resultados provenientes de um balanço hídrico são de fundamental importância para a confecção de um zoneamento agroclimático, para o cálculo da lâmina de água requerida pelas culturas irrigadas, para a definição de prioridades no planejamento de pesquisas e para o conhecimento do regime hídrico ou, ainda, para a determinação da classificação climática daquela região.

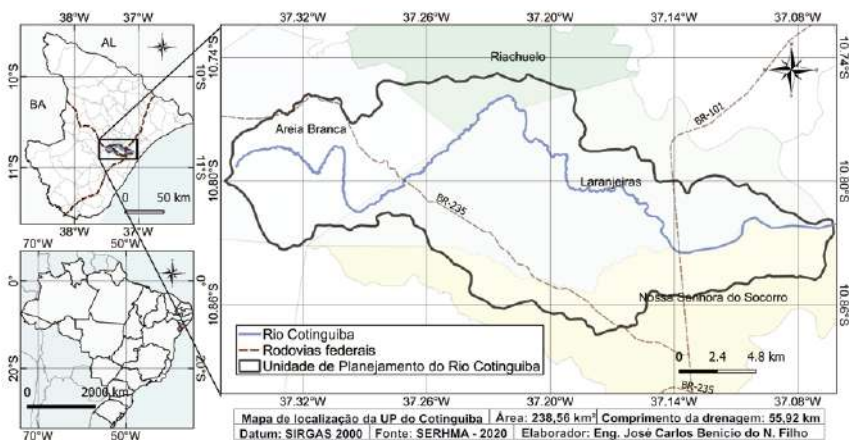


2. METODOLOGIA

2.1 A Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Cotinguiba

Este trabalho foi desenvolvido na sub-bacia do Rio Cotinguiba, que está representada na figura 1 abaixo e localizada entre as coordenadas geográficas: 10°44'56" e 10°51'05" de latitude S e 37°21'52" e 37°21'52" de longitude W, abrangendo uma área de 239,91 Km² e é uma das principais formadoras da Bacia do Rio Sergipe, que apresenta ao longo do seu curso uma riqueza de atividades agropecuárias e industriais. Principalmente, pela exploração agrícola canieira, que secularmente é praticada nessa região.

Figura 1. Sub-bacia do Rio Cotinguiba



Fonte: SERHMA, 2020.

O rio principal da sub-bacia do Cotinguiba mede 51 km de extensão, nasce na Serra Comprida, município de Areia Branca, abrangendo ainda, territórios de mais três municípios: Laranjeiras, Riachuelo e Nossa Senhora do Socorro, onde desemboca; na forma de estuário, pela margem direita no rio Sergipe.

Na maioria destes municípios, a economia local é extremamente dependente da agropecuária e o conhecimento da disponibilidade hídrica ao



longo da bacia hidrográfica é fator imprescindível para a tomada de decisão no planejamento agrícola e, por sua vez para o sucesso da mesma.

Devido à carência de dados pluviométricos oficiais e de temperatura nos demais municípios que compõem a sub-bacia o presente estudo foi realizado apenas no município de Laranjeiras.

2.2 Laranjeiras

O município de Laranjeiras está localizado na mesorregião do leste sergipano e na microrregião do Baixo Cotinguiba, com uma área territorial de 162,273 Km², representando, aproximadamente 45,81 % da área da sub-bacia e distante aproximadamente 20 km da capital sergipana. Limitando-se ao Norte com os municípios de Maruim e Riachuelo, ao Sul; com o município de Nossa Senhora do Socorro, a Oeste; com Areia Branca e Itaporanga d'Ajuda e a Leste, com Santo Amaro das Brotas. Pertence ao Bioma da Mata Atlântica e está inserido na Bacia Hidrográfica do Rio Sergipe. Tendo, contribuição, ainda da sub-bacia do Rio Cotinguiba e dos riachos Tramandaí e Madre ou Buti.

A sede do município está a 6,0 m de altitude e localizada entre as coordenadas geográficas: 10°48'22" de latitude S e 37°10'10" de longitude W. Com precipitação média anual de 1.641,14 mm, temperatura média anual de 25,2° C e período chuvoso de março a agosto, segundo dados obtidos da EMDAGRO (Revista Sergipe em números, 2015). Apresentando, segundo a nova classificação de solos (EMBRAPA, 2006), predominantemente os solos: Chernossolos com Vertissolos, Argissolos com Chernossolos e solos Halomórficos – solos de mangues. Segundo o último censo realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística em 2010, a população do município de Laranjeiras era de 26.902 habitantes, onde 21.257 residiam na zona urbana e 5.645, na zona rural. Apresentava, ainda, uma densidade demográfica de 165,78 hab/km². Onde, a estimativa para o ano de 2021 era de 30.327 pessoas.

Município que, possui na produção canavieira, uma das principais atividades econômicas; liderando o ranking dos 24 (vinte e quatro) municípios produtores de cana-de-açúcar com 19,9% da produção, segundo dados do Observa-



tório de Sergipe (2020), que ao longo dos últimos anos e principalmente, no ano de 2018 registrou poucas chuvas e um período de estiagem que preocupou produtores e milhares de famílias que dependem da atividade para o seu sustento.

Sendo, a deficiência hídrica uma das principais causas das quedas de produtividade agrícola o estudo da época que este fenômeno meteorológico ocorre é importante para um melhor planejamento do cultivo e a minimização dos impactos da produção.

Logo, a realização de estudo sobre balanço hídrico irá fornecer, ainda, subsídios para um melhor planejamento agropecuário e o fomento de políticas públicas, como o Programa Mão Amiga; que propõe ações mitigadoras, como geração de renda, reforço alimentar, capacitação e melhoria da qualidade de vida da população afetada.

2.3 Cálculo Balanço Hídrico

Para a estimativa do balanço hídrico foram usados dados de precipitação (mm) fornecidos pela Coordenadoria de Meteorologia e Mudanças Climáticas (CMT) da Sala de Situação de Monitoramento Hidrológico da Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Sustentabilidade – Superintendência Especial de Recursos Hídricos e Meio Ambiente do Estado de Sergipe, para o município de Laranjeiras, no período de 2010 a 2020. Já os dados de temperatura média mensal, para o período citado foram obtidos através do site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), por meio da estação meteorológica automática implantada no município de Aracaju (A409), por ser a fonte de dados mais próxima de Laranjeiras, já que neste município não há estações meteorológicas automáticas ou convencionais.

Vale salientar que, devido à limitação de dados de temperatura média mensal em anos anteriores ao período estudado em questão, o referido trabalho não pode ter um intervalo de dados maior para ser analisado.

O cálculo do Balanço Hídrico foi efetuado por intermédio da Planilha do Excel elaborada por Rolim et. al. (1998), que adota o método de Thornthwaite e Matter (1995), através do programa “BHnorm”. E, necessita do preenchi-



mento de informações adicionais, como latitude (convertidos de graus para decimais), temperatura média em °C, precipitação em mm e capacidade de água disponível (CAD). Vale salientar que, como capacidade de água disponível (CAD) utilizou-se o valor de 100 mm.

Como resultado, o balanço hídrico fornece as estimativas de evapotranspiração real (ETR), da deficiência hídrica (DEF), do excedente hídrico (EXC) e do armazenamento de água no solo para cada mês do ano.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são apresentados os dados de precipitação pluviométrica (P), temperatura (T), evapotranspiração potencial (ETP), evapotranspiração real (ETR), deficiência hídrica (DEF) e excedente hídrico (EXC), entre outras variáveis. Onde, verifica-se a variabilidade climática anual.

Tabela 1. Resultados do Balanço hídrico climatológico pelo método de Thornthwaite e Mather (1955) para o período de 2010 a 2020, Laranjeiras – SE.

Mês	T	P	ETP	P – ETP	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC
	°C	mm							
Jan	27,9	43,0	158,69	-115,7	0,15	-0,32	43,3	115,4	0,0
Fev	27,7	108,3	141,51	-33,3	0,11	-0,04	108,3	33,2	0,0
Mar	27,6	62,8	158,39	-95,6	0,04	-0,06	62,8	95,6	0,0
Abr	27,4	155,3	153,13	2,1	2,16	2,12	153,1	0,0	0,0
Mai	26,6	149,0	143,63	5,4	7,53	5,37	143,6	0,0	0,0
Jun	25,6	181,0	122,61	58,4	65,92	58,39	122,6	0,0	0,0
Jul	24,9	160,8	114,55	46,2	100,00	34,08	114,6	0,0	12,1
Ago	25,5	80,8	124,03	-43,3	64,87	-35,13	115,9	8,2	0,0
Set	26,2	20,0	128,81	-108,8	21,85	-43,01	63,0	65,8	0,0
Out	26,9	10,8	145,58	-134,8	5,67	-16,18	26,9	118,7	0,0
Nov	27,4	33,5	147,37	-113,9	1,82	-3,86	37,4	110,0	0,0
Dez	27,8	22,8	158,40	-135,7	0,47	-1,35	24,1	134,3	0,0
Σ	321,5	1027,8	1696,72	-669,0	271	0,00	1015,6	681,1	12,1
Média	26,8	85,6	141,39	-55,7	22,5		84,6	56,8	1,0

Através dos resultados obtidos e sua posterior análise observou-se que, a evapotranspiração real total (ETR) e potencial total (ETP) foram respectivamente de 1015,6 mm e 1696,72 mm. Apresentando, um déficit hídrico total de 681,1 mm e um excedente hídrico total de 12,1 mm.



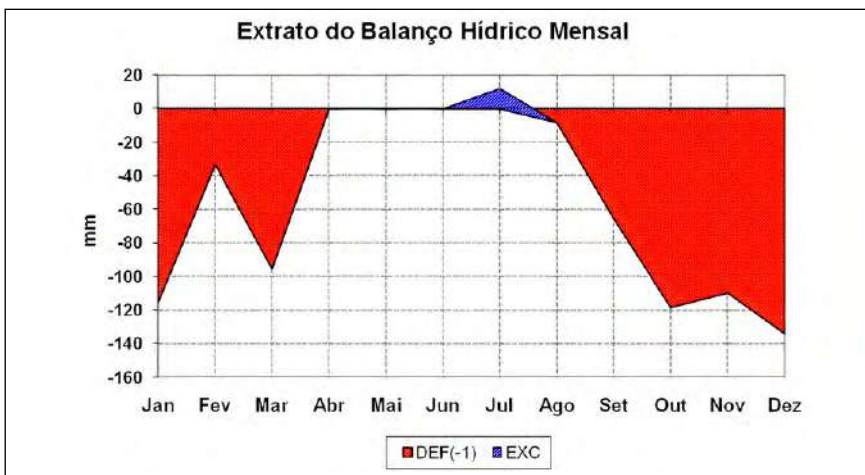
Verificou-se que, entre os meses de abril a julho a evapotranspiração potencial e real praticamente coincidem, indicando que a evaporação máxima foi atingida; caracterizada pela maior disponibilidade de água no solo em decorrência dos elevados volumes de chuva.

Ao passo que, nos demais meses do ano, a evapotranspiração real é bem inferior à potencial, podendo ser explicada devido às elevadas temperaturas e à baixa disponibilidade de água nesse período.

Semelhante à Santos (2013, p. 48), “no município de Laranjeiras, com áreas de maior abrangência no médio curso, nos meses de abril a agosto ocorrem elevados valores de precipitação, chegando a 150 mm, muito acima da evapotranspiração potencial”.

Já a partir da análise da Figura 1 do extrato do balanço hídrico apresentado, observa-se que o excedente hídrico ocorre apenas nos meses de junho e julho e, o déficit hídrico acontece na maioria dos meses (agosto a março), sendo atípico já que, a região do Vale do Cotinguiba é caracterizada pela presença de duas estações hídricas, uma chuvosa e outra seca. Havendo a reposição das águas no mês de março e a retirada das águas nos meses de agosto e setembro.

Figura 1. Deficiência hídrica e excedente hídrico de 2010 a 2020 no município de Laranjeiras – SE



Fonte: Marize Freitas

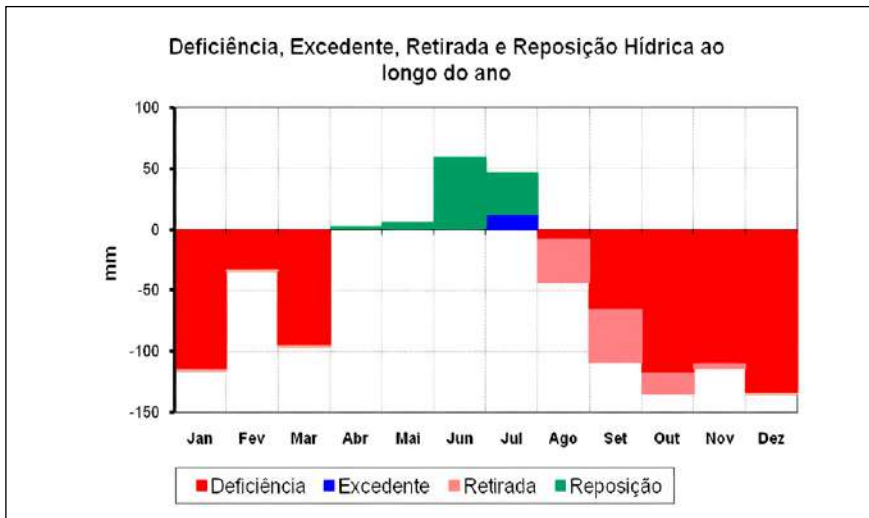


Diferentemente do que, pode analisado na figura 2, onde a reposição das águas ocorre nos meses de abril a julho e a retirada das águas os meses de agosto a outubro.

O período de maior déficit hídrico aconteceu em 4 (quatro) meses do ano (abril a junho), com valores registrados de 0 mm. Já o período de maior excesso hídrico ocorreu apenas no mês de julho atingindo o valor apenas de 12,1 mm.

Com relação à evapotranspiração potencial anual total foi de 1027,8 mm, sendo os meses com maiores e menores valores de evapotranspiração potencial foram 158,69 mm e 114,55 mm, respectivamente; representando os meses de janeiro e julho.

Figura 2. Deficiência hídrica, excedente hídrico, retirada e reposição de 2010 a 2020, no município de Laranjeiras – SE



Fonte: Marize Freitas

4. CONCLUSÕES

Pode-se concluir que, o período chuvoso ocorre principalmente entre os meses de abril a julho e o período seco entre os meses de agosto a março. Havendo a reposição das águas no mês de março e a retirada das águas nos meses de agosto e setembro.

O período de maior déficit hídrico aconteceu em 4 (quatro) meses do ano (abril a julho), com valores registrados de 0 mm.

Os dados produzidos à partir da planilha, por intermédio de tabelas e figuras permitem analisar a contribuição da precipitação para a recarga da sub-bacia hidrográfica. E, por sua vez, entender o ciclo hidrológico da mesma. Oferecendo subsídios para um planejamento eficiente e racional das atividades agrícolas ao longo da sub-bacia e a implantação de políticas públicas que, auxiliem à população na geração de renda e garantia de condições dignas de sustento das famílias atingidas.

5 AGRADECIMENTOS

À Coordenadoria de Meteorologia e Mudanças Climáticas – CMT através da Sala de Situação de Monitoramento Hidrometeorológico, Superintendência Especial de Recursos Humanos e Meio Ambiente da Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Sustentabilidade – SEDURBS, nas pessoas do Dr. Overland Amaral da Costa e Eng. Civil. Josielton da Silva Santos.



REFERÊNCIAS

AQUINO, C. M. S. de, DIAS, A. A. Balanço hídrico climatológico de Thornthwaite e Ma-ther (1955–57) da bacia hidrográfica do Rio Longá, Piauí, Brasil. *ACTA Geográfica*, Boa Vista, v. 14, n. 35, p. 27–47, maio/ago de 2020.

ARAI, F. K. Caracterização da disponibilidade hídrica na Bacia Hidrográfica de Ivinhe-
ma, MS. 2010. 125 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal da
Grande Dourados, Mato Grosso do Sul: Dourados, 2010.

ARAÚJO, H. M. Relações Socioambientais na Bacia Costeira do Rio Sergipe. Núcleo de
Pós-Graduação em Geografia – NPGeo. Universidade Federal de Sergipe – UFS. Tese
(Doutorado em Geografia), São Cristóvão, 2007.

BRASIL. Censo Demográfico. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. Disponível em: [https://cidades.
ibge.gov.br/brasil/se/laranjeiras/panorama](https://cidades.ibge.gov.br/brasil/se/laranjeiras/panorama). Acesso em: 01 de março de 2021.

CARVALHO, H. P.; DOURADO NETO, D.; TEODORO, R. E. F. MELO, B. Balanço hídrico
climatológico, armazenamento efetivo da água no solo e transpiração na cultura de
café. *Biociência Jornal*, v. 27, n. 2, p. 221–229, 2011.

CARVALHO, M. E. S., FONTES, A. L. Análise socioambiental da alta sub-bacia do Rio
Cotinguiba/SE: subsídios ao planejamento e manejo da bacia hidrográfica. *Cadernos
CERU*, série 2, n. 14, 2013.

COLLISCHON, W., DORNELLES, F. Hidrologia para Engenharia e Ciências Ambientais.
2ª ed. Revisada e ampliada. Vol. 1. Coleção ABRH, 2013, 350 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação
de Solos. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

EMDAGRO. Revista Sergipe em Números – Município de Laranjeiras. 2015, 284 p.

FERREIRA, I. A.; MONTEIRO, R. N. F.; CORREIA, E. C. S. da S. Balanço Hídrico Clima-
tológico e Classificação Climática para o município de Lupércio – SP. *Revista Mirante*,
Anápolis (GO), v. 10., n. 5ª., dez. 2017.

GARCIA, C. A. B.; SOUSA, I. F. de; MONTEIRO, A. S. C.; SANTANA, N. R. F. Caracterização
ambiental e hidrológica da Bacia Hidrográfica do Rio Jacarecica. 1. ed. Belo Horizonte
(MG): Ed. Poisson, 2020.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Portal cidades – Laran-
jeiras. Disponível em: [https://cidades.
ibge.gov.br/brasil/se/laranjeiras/panorama](https://cidades.ibge.gov.br/brasil/se/laranjeiras/panorama). Acesso em: 12 fev 2022.

MOLINA, S. K. M.; ALMEIDA de, I. K.; STEFFEN, J.L.; ALVES SOBRINHO, T. Caracterização
de disponibilidade hídrica e comparação de metodologias de regionalização de va-
zões. São Paulo, UNESP: Geociências, v.33, n.3, p.506–515, 2014.



OBSERVATÓRIO DE SERGIPE, Perfil da Agricultura Sergipana, 2020. Disponível em: <http://docs.observatorio.se.gov.br/wl/?id=2U1cQa5395oSjdWitzOitPkOXOFgF9uj>. Acesso em: 16 fev 2022.

PASSOS, V. L. M.; ZAMBRZYCKI, G. C.; PEREIRA, S. R. Balanço hídrico e classificação climática para uma determinada região de Chapadinha – MA. Fortaleza, CE: Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, v. 10, n° 4., p. 758 – 766, 2016.

PEREIRA, S. B.; ALVES SOBRINHO, T.; FEDATTO, E.; PEIXOTO, P. P. P.; BONACINA, R. Variação temporal do comportamento hidrológico na Bacia do Rio Dourados. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 27, n. 2, p.560–568, 2007.

SANTOS, W. A. dos, Araújo, H. M. de. Clima e condições meteorológicas da sub-bacia hidrográfica do Rio Cotinguiba–SE. Disponível em: <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/BolGeogr/article/download/17110/10272>. Acesso em: 02 abril 2021.

ROLIM, G. S., SENTELHAS, P.C., BARBIERI, V. Planilhas no ambiente EXCEL TM para os cálculos de balanços hídricos normal, seqüencial, de cultura e de produtividade real e potencial. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 6, n.1, p. 133–137, 1998.

SANTOS, W. A. Ocupação e dinâmica socioambiental da sub-bacia hidrográfica do Rio Cotinguiba/SE. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação Regional de Desenvolvimento e Meio Ambiente – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2012.

SANTOS, W. A., ARAÚJO, H. M. de. Clima e condições meteorológicas da sub-bacia hidrográfica do Rio Cotinguiba – SE. Bol. Geogra., Maringá, v. 31, n.1., p.41–52, jan – abr, 2013.

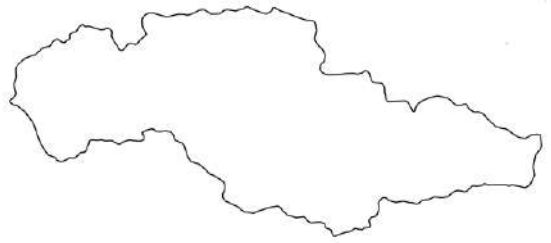
SANTOS, W. A., ARAÚJO, H. M. de. Produção do espaço geográfico e desenvolvimento socioeconômico da sub-bacia hidrográfica do Rio Cotinguiba/ SE. Revista Geografaras: n. 14, p. 156–186; junho, 2013.

SEMARH–SE. Relatório Final Bacia Hidrográfica do Rio Sergipe. Out/2015. Disponível em: https://www.semarh.se.gov.br/recursos_hidricos/wp-content/uploads/2018/05/RELAT%3%93RIO-FINAL-BH-SERGIPE.pdf. Acesso: 08 dez 2020.

SILVA Jr. J. F., HERNANDEZ, F.B.T., SILVA, I.P.F., REIS, L.S., TEIXEIRA, A. H. de C. Estabelecimento dos meses mais críticos para a agricultura irrigada a partir do estudo do balanço hídrico. Brazilian Journal of Biosystems Engineering: v.12 (2), 122–131, 2018.

TUCCI, C. E. M. Hidrologia: ciência e aplicação. 2. ed. Porto Alegre: Ed. Universidade/ UFRGS: ABRH, 2001.





SOBRE AUTORES

Adriana Souza Santos

Licenciada em Matemática, Adriana Souza Santos, Secretária de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura

Ana Denise Santana de Oliveira

Licenciada e Bacharel em Ciências Biológicas, mestra em Biologia Parasitária pela Universidade Federal de Sergipe. Técnica de laboratório da Universidade Federal de Sergipe

Ana Karolyne Fontes Andrade

Engenheira Sanitarista e Ambiental, Especialista em Recursos Hídricos e Meio Ambiente.

Antenor de Oliveira Aguiar Netto

Engenheiro Agrônomo, Pós-doutor em Recursos Hídricos. Professor da Universidade Federal de Sergipe.

Ariovaldo Antônio Tadeu Lucas

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Ecologia Aplicada, Professor do Departamento de Engenharia Agrícola e do Programa de Pós-graduação em Recursos Hídricos e do Programa de Desenvolvimento de Meio Ambiente, UFS.

Carlos Alexandre Borges Garcia

Químico Industrial, Doutor em Química. Professor e Coordenador Ajunto do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos da Universidade Federal de Sergipe.



Daniela Maria Andrade Santana

Bióloga, Especialista em Recursos Hídricos e Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Danielle Barros Santos

Doutora em Ciências do Mar e do Ambiente (Especialidade em Oceanografia e Ecossistemas Marinhos) e Mestre em Química Analítica e Controle de Qualidade, ambos pela Universidade de Aveiro (UA/PT). Possui graduação em Química Licenciatura pela Universidade Federal de Sergipe (UFS/BR).

Diego Bispo dos Santos Farias

Engenheiro Agrônomo, Mestre em Engenharia Agrícola, Doutorando em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa.

Edison Barbieri

Edison Barbieri é oceanógrafo com habilitação em oceanografia biológica e geológica, mestre em geografia física e concluiu o doutorado em Oceanografia (Oceanografia Biológica) pela Universidade de São Paulo em 2000.

Ezequiel Lealdo Soares Santos

Licenciado em Geografia, Professor da rede estadual de Sergipe no Colégio Estadual Professora Maria de Lourdes Góis.

Helenice Leite Garcia

Engenheira Química, Doutora em Engenharia Química, Professora da Universidade Federal de Sergipe

Inajá Francisco de Sousa

Engenheiro Agrônomo, Pós-doutor em modelagem hidrológica, Professor da Universidade Federal de Sergipe.



Isabela Santos Santana

Arquiteta e Urbanista, Especialista em Recursos Hídricos, Professora da rede Estadual de Ensino em Sergipe e Alagoas.

Ítalo Fernando Lisboa de Melo

Licenciado em Ciências Biológicas. Mestre em Biologia Parasitária pela Universidade Federal de Sergipe. Professor da Escola Municipal Enedina Batista de Melo.

José Carlos Benicio do Nascimento Filho

Filho Engenheiro Sanitarista e Ambiental, Mestre em Recursos Hídricos

Ketylen Vieira Santos

Engenheira Agrícola, Especialista em Recursos Hídricos e Meio Ambiente, Mestra em Recursos Hídricos, Doutoranda em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela Universidade Federal de Sergipe.

Lauro Roberto de Jesus Rosa

Geólogo, Mestre em geociências pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Luciene Barbosa

Bacharel em Ciências Biológicas pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Doutora em Parasitologia pelo Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais. Professora da Universidade Federal de Sergipe.

Marize Santos Freitas

Engenheira Agrônoma, Especialista em Recursos Hídricos e Meio Ambiente, Universidade Federal de Sergipe.



Mônica Conceição de Santana

Engenheira Química, Mestre em Termodinâmica Aplicada à Biotecnologia, Geofortes Consultoria em Geologia e Meio Ambiente

Pedro Henrique Carvalho de Azevedo

Técnico em Eletrotécnica pelo Instituto Federal de Ciência e Tecnologia de Sergipe (IFS) e discente em Engenharia Ambiental e Sanitária na Universidade Federal de Sergipe (UFS). Atualmente possui vínculo em projeto de iniciação de pesquisa na área de tratamento de efluentes.

Rafaella Santana Santos

Ecóloga, Especialista em Recursos Hídricos e Meio Ambiente, Doutora em Ecologia e conservação.

Ricardo Carlos Ferreira Alves Santos

Possui graduação em Química Licenciatura pela Universidade Federal de Sergipe. Experiência na área de Química de Materiais, no temas: Nanotubos de Carbono, Nanocompósitos, Nanopartículas Metálicas.

Sanmy Silveira Lima

Geólogo, Doutor em Geociências pela Universidade Federal de Pernambuco.

Tatiana Menezes da Silva

Engenheira de pesca, Mestre em Geociências e Análise de Bacias, Universidade Federal de Sergipe

Thadeu Ismerim Silva Santos

Engenheiro Florestal, Mestre em Agroecossistemas.

Ubirajara Rodrigues Xavier

Químico Industrial, Especialista em Gestão Ambiental, Superintendência de Recursos Hídricos e Meio Ambiente – SEDURBS/Superintendência Especial de Recursos Hídricos e Meio Ambiente – SERHMA.



